

Capítulo I. Caracterización del Ambiente Físico del Humedal Ramsar Isla Santay

Resumen

Con el objetivo de analizar las características geomorfológicas, climáticas y edáficas del humedal RAMSAR isla Santay, se ubicaron tres áreas por tipo de vegetación (Bosque Seco Abierto, 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: Gaussen (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), obteniendo 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*

1. Introducción

Las características físicas del ambiente contribuyen en la distribución de especies, agrupadas como poblaciones en comunidades, y cuáles se organizan en el espacio siendo las propiedades del suelo las que más influyen en dicha relación (Sollins, 1998; Clark, 2002).

El estudio del suelo ha estado tradicionalmente enfocado en la producción agrícola (Brady, 1984, Labrador, 2008), pero Boyle y Powers (2013) indican que, las propiedades edáficas pueden influir en la fisionomía y naturaleza de la vegetación. Casanova (1991) y Dávila (2013), muestra que variables como la textura, la topografía y el pH pueden presentar diferentes magnitudes en áreas inespecíficas como cimas, planicies, entre otras; favoreciendo el aumento o la disminución de especies de plantas presentes.

Adhikari y Hartemink (2016) indican que debido a la carencia de estudios que exploren la relación directa entre las propiedades del suelo y los ecosistemas, el conocimiento sobre las funciones del suelo es incompleto, en relación a 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 señala la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2016) 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 análisis de los Suelos de un humedal salino y fluctuante de La Laguna de Gallocanta, 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.

Liu et al. (2018) analizan los factores que impulsan las relaciones de la vegetación y las propiedades del suelo en el delta del río Amarillo, China; reconociendo 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, debido a la variabilidad espacial de las características edáficas, por lo que 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 (Montoya et al., 2021).

Estudios realizados en Brasil han demostrado que las comunidades vegetales a menudo varían según los accidentes geográficos y los atributos del suelo, como la evaluación de la influencia del suelo y la topografía en las variaciones y composición florística de la comunidad arbórea-arbustiva de un bosque semidecíduo en Ingaí (Botrel et al. 2002), y el estudio realizado por Oliveira et al. (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.

Así mismo García y Schlatter (2012), caracteriza los suelos a lo largo de un gradiente altitudinal en Ecuador, indicando que la calidad y cantidad de información sobre los suelos a nivel 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 et al. (2015) al realizar la caracterización física y clasificación taxonómica de algunos suelos dedicados a la actividad agrícola de la provincia del Oro, expresan que, en Ecuador las bases de datos edáficas, originadas por los organismos pertinentes se mantienen restringidas, siendo imperioso la generación de información edáfica para los fines pertinentes.

Isla Santay presentaba problemas de fragmentación y sobreexplotación de hábitats producto de actividades como: ganadería, agricultura, y deforestación, que luego de 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 ha sido escasamente estudiado.

Jaramillo et al. (2002), indican entre algunas características edáficas de la Isla Santay, que su origen es sedimentario, con una topografía plana, formada por depósitos fluvio-marinos, y suelos aluviales limoso-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 et al., 2008).

Domínguez (2018) presenta algunas características edáficas que favorecen a la *Synusia* de plantas trepadoras del humedal Ramsar Isla Santay y por otro lado Vera (2022), realiza la caracterización fisicoquímica de los suelos asociados a varias de las comunidades vegetales presentes en el humedal Ramsar isla Santay.

En este capítulo abordamos la caracterización edáfica de la isla Santay, incluyendo aspectos climáticos y geomorfológicos, considerando las unidades de suelo – vegetación más contrastantes, a partir de la información aportada por Vera (2022).

2. Materiales y Métodos

2.1. Área de Estudio

Para el presente estudio se consideraron cuatro de las comunidades vegetales presentes en el humedal Ramsar Isla Santay, cuyas coordenadas geográficas se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1

Ubicación Geográfica de los Sitios de Muestreo

Nº	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
4	02°13'45.30"	079°51'46.90"	Bosque Palmar poco denso

Nota. Fuente: Vera (2022).

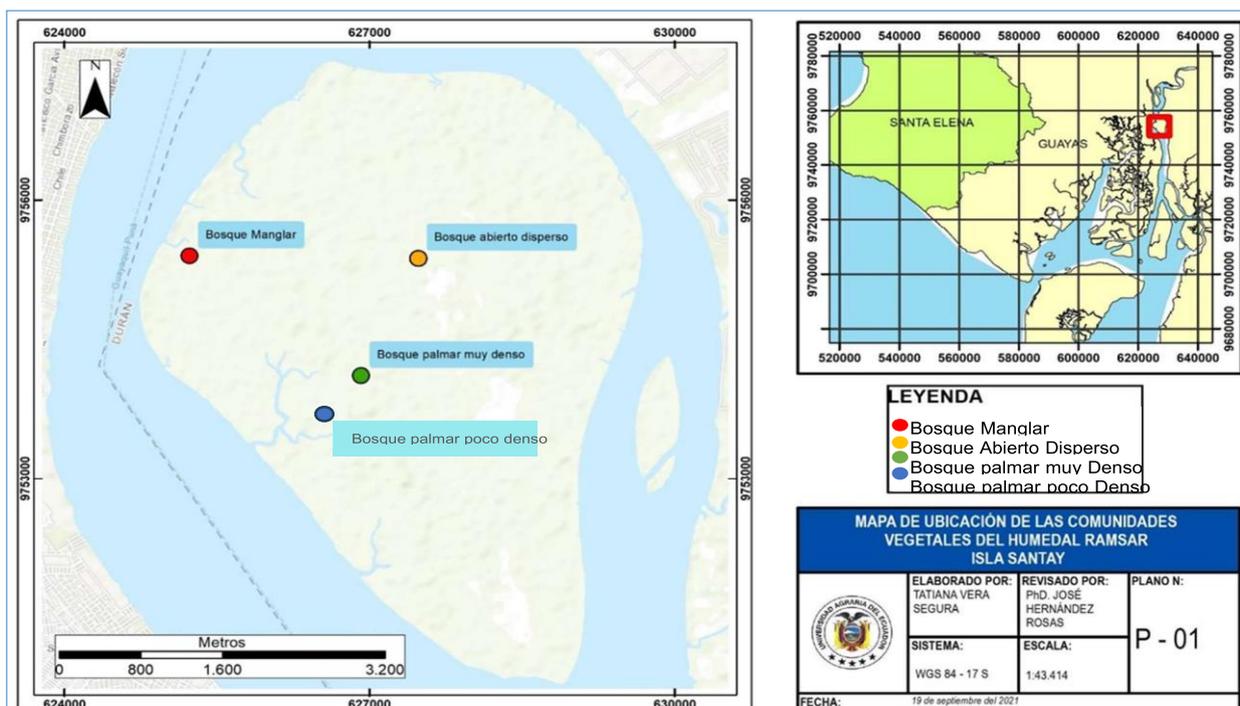
En la Figura 1, se representan cartográficamente la ubicación de los puntos de muestreo.

2.2. Trabajo de Campo

En cada uno de los puntos de muestreo, se realizaron observaciones para la caracterización geomorfológica, morfológica, pedoclimática y composicional de cada una de las unidades de suelo asociadas a comunidades vegetales diferenciadas (Bosque Seco Abierto, Bosque palmar muy denso, Bosque palmar poco denso y Bosque manglar).

Figura 1

Puntos de Muestreo del Suelo del Humedal Ramsar Isla Santay



Nota. Fuente: Vera (2022)

Se empleó un diseño estadístico completamente al azar con cuatro sitios de muestreo (tratamientos) y cinco muestras (repeticiones) por sitio, para dos profundidades de suelo (0-20 cm; 20-40 cm) (Carter y Greogorich, 2008). En cada sitio se hicieron observaciones de las características fisiográficas y se estableció una calicata para la descripción de las propiedades morfológicas de

cada unidad de suelo (Tabla 2) y su caracterización (Cock, Álvarez y Estrada, 2010).

Las muestras tomadas, se colocaron en bolsas herméticas, plenamente identificadas y trasladadas al laboratorio para su análisis y caracterización composicional (pH, densidad real y aparente, humedad, capacidad de almacenamiento de agua, textura, materia orgánica, contenido de azufre, nitrógeno, y fósforo) (McKean, 1993).

Tabla 2

Tratamientos y repeticiones por cada parcela experimental

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

Nota. M = Muestras; BS = Bosque Seco Abierto; BPMD = Bosque Palmar Muy Denso; BPPD = Bosque Palmar Poco Denso; BM = Bosque Manglar. Se emplearon cuatro tratamientos con cinco repeticiones para para cada nivel de profundidad (Vera, 2022)

2.3. Métodos

2.3.1. Geomorfología

Para la obtención de las características geomorfológicas se realizó la descripción de campo y recopilación de información bibliográfica, siguiendo la metodología establecida en el manual de estudio de suelo (Buol et al. 2011, USDA, 2017), con la descripción del ambiente geomorfológico, descripción del paisaje y análisis de bibliografía asociada a las características geomorfológicas de la Isla Santay (Bellingham, 2019).

2.3.2. Climatología.

Para la caracterización climática, se utilizaron los registros climáticos de 50 años comprendidos en el período 1969 – 2019, obtenidos de la página web Climate charts (Zepner et al., 2020), y se aplicó el Sistema de Clasificación Climatológica de Gaussen (Walter y Medina, 1971) y se determinó el Balance Hídrico de Thornwaite obteniendo la Clasificación del mesoclima (HernándezRosas, 2015).

La estimación del régimen de temperatura y de humedad se realizaron siguiendo lo establecido en el manual de levantamiento de suelos (United States Department of Agriculture [USDA], 2017).

2.3.3. Propiedades Morfológicas

Para la obtención de las características morfológicas se realizó la observación de estas en un perfil descubierto (Bosque Manglar), y en tres calicatas (Bosque Palmar muy denso, Bosque Palmar poco denso y Bosque Seco Abierto). 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 Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2009), el “Soil Survey Manual” de la USDA (2017), y la “Guía para identificar y delimitar suelos hídricos” de la USDA (2018), mostrados por Baridón (2019).

2.3.4. Propiedades Composicionales

Para la obtención de las características composicionales se colectaron 10 muestras de suelo (1 kg aproximadamente c/u) en cada parcela experimental por profundidad (0-20 cm; 20-40 cm) con barreno, obteniendo un total de 80 kg, mediante un diseño de muestreo aleatorio simple (Schweizer, 2011). Las muestras se trasladaron al laboratorio donde pasaron por un proceso de secado a temperatura ambiente por un periodo de tres días, luego se procedió a fraccionarlas con mortero, para finalmente tamizarlas mediante un tamiz de 2 mm de apertura, resguardándola para su posterior análisis.

Para la determinación de las diferentes propiedades composicionales, como son: pH, densidad real, humedad, capacidad de almacenamiento de agua, textura, materia orgánica, contenido de azufre, nitrógeno y fósforo; se realizaron los procedimientos descritos por Hendershot et al. (1993), Campbell (1994) y Armas (2010).

Tabla 3

Características composicionales consideradas por determinar

Propiedades físicas y químicas		
pH	Textura	Nitrógeno
Densidad Real	Materia orgánica	Fósforo
Humedad	Azufre	Capacidad de Almacenamiento de Agua

Nota. Fuente: Vera (2022).

2.3.5. Análisis Estadístico

El análisis estadístico de los datos obtenidos de la caracterización composicional de los suelos (Tabla 3), se realizó mediante el software Minitab (2021, Versión 20.3), en base a pruebas paramétricas de estadística inferencial (ANOVA). En todas las pruebas se consideró un valor mínimo de prueba de hipótesis equivalente a $p \leq 0.05$.

Además, se aplicó la prueba de Tukey (Tukey, 1949) para realizar comparaciones múltiples entre las medias de las variables de estudio y detectar entre las características evaluadas de los suelos cuáles son los más diferentes.

3. Resultados

3.1. Características Posicionales.

3.1.1. Aspectos Geomorfológicos de la Isla Santay

En el río Guayas es posible divisar el Área Nacional de Recreación Isla Santay y El Gallo, conformada por dos islas de formación sedimentaria y un tramo correspondiente al río Guayas, incluido en el tratado intergubernamental de la Convención Ramsar como humedal Ramsar de isla Santay, Sitio No. 1041

(Jaramillo et al., 2008), el mismo que se encuentra 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).

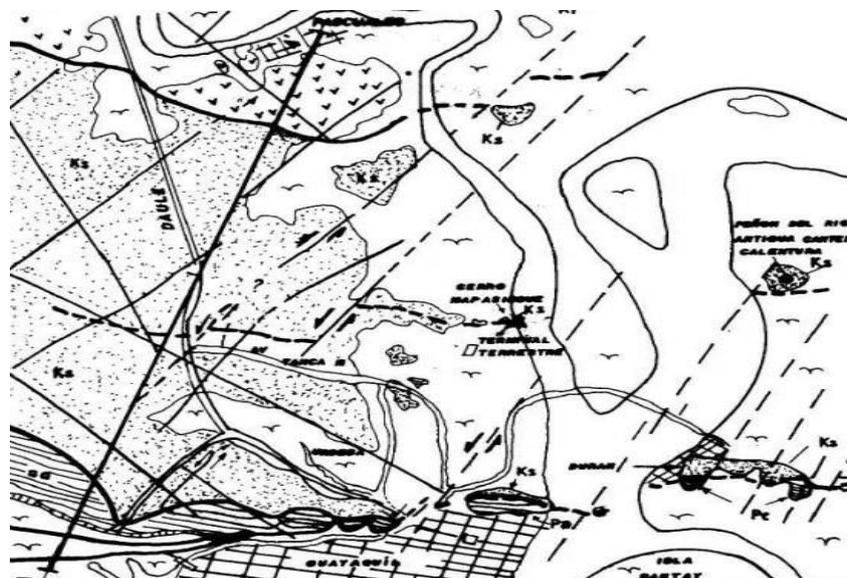
Este humedal ha tenido variaciones en su formación, como las descritas por Wolf en 1892, como de mucha relevancia por sus acumulaciones aluviales, detallando que estas características dificultan el paso del río al fraccionarlo en dos brazos (Rodríguez et al., 1995).

La Isla Santay posee planicies que se inundan durante la estación lluviosa, en 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 del Ecuador [MAE], 2000), con predominancia de suelos arcillosos, o francos arcillosos, mal drenados, que se encuentran saturados todo el año.

González et al. (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, las terrazas aluviales, y la llanura aluvial localizada en la cuenca baja del Río Guayas se consolida como el relieve más susceptible a las inundaciones, formas en las que la pendiente posee una proporción inferior al 12% de topografía plana y ondulada.

Figura 2

Mapa geológico de las formaciones Cayo y Guayaquil



Nota. Fuente: Benítez, Álvarez, Vera y Mera (2005).

Por otro lado, 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 2 (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 González et al. 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).

Por otro lado, 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 et al. (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 et al., 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). Esta isla al poseer un relieve plano evidencia una marcada diferencia a nivel altitudinal con relación a los demás relieves de la Cuenca del Guayas (CEDEGÉ, 1982), encontrándose en la categoría plana entre los 0 y 40 msnm.

Por otro lado, en base a las observaciones realizadas en campo, y considerando los criterios de Berroterán (1985), la Isla Santay, geomorfológicamente se encuentra en la región natural Costa, con un relieve tipo Vega, típico de las depresiones y cuencas sedimentarias, con planicies aluviales planas como relieve, un régimen hídrico acuico, con un nivel freático poco profundo debido a la influencia fluvial, presentando inundaciones periódicas.

3.1.2. Aspectos Climatológicos del Área de estudio

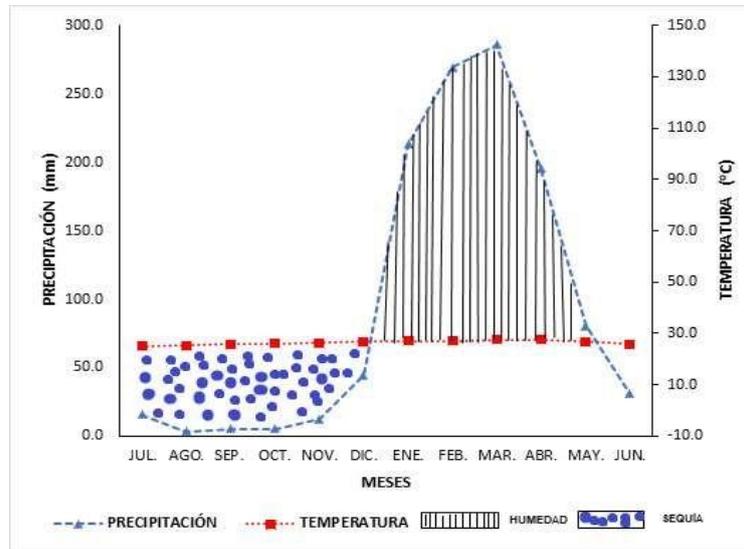
3.1.2.1. Clima General (Climadiagrama de Gaussen)

En la Figura 3 se muestra el Climadiagrama de Gaussen para la ciudad de Guayaquil, aplicable al Área Recreacional de isla Santay y El Gallo, donde se observa la presencia de dos períodos climáticos bien definidos a lo largo del año, la época de sequía entre mediados del mes de mayo y mediados de mes de diciembre, mientras que la época de lluvia se presenta a partir de la segunda mitad del mes de diciembre hasta la segunda mitad del mes de mayo. Este clima biestacional típico de la región Costa, presenta una temperatura isoterma a lo largo del año con un promedio de 26.4 °C y una precipitación total anual entre 1160.8 mm, lo que permite inferir que el clima de la zona de estudio es seco tropical (Walter y Medina, 1971).

Isla Santay, un área protegida de 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 el efecto del Niño, siendo los mayores reguladores del clima, en conjunto con la circulación atmosférica y las condiciones propias de las estribaciones Andinas (Tapia, 2012).

Figura 3

Climadiagrama de Gausse de la región en estudio



Nota. Fuente: Vera (2022).

3.1.2.2. Clima de las Áreas Experimentales (Balances Hídricos).

Con 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 (1948).

Tabla 4

Balance hídrico de las áreas experimentales diferenciadas en comunidades vegetales

		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	ALMACEN	63.0	86.5	86.5	86.5	24.8	0	0	0	0	0	0	0	347.4
		SECO	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	ALMACEN	63.0	91.4	91.4	91.4	29.6	0	0	0	0	0	0	0	366.7
		PALMAR	EXCESO	0.0	104.7	127.0	42.3	0.0	0	0	0	0	0	0	0	274.0
		POCO Y MUY DENSO	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	ALMACEN	63.0	68.9	68.9	68.9	7.2	0	0	0	0	0	0	0	277.0
		MANGLAR	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

Nota. Fuente: Vera (2022).

En la Tabla 4, se presentan los resultados del balance hídrico, en el que se reflejan los rangos promedios mensuales de precipitación (mm), temperatura (o C) evapotranspiración real (ETR, mm) y evapotranspiración potencial (ETP, mm), así como la capacidad de almacenamiento de agua del suelo (CAA, mm) a máxima saturación y sus fracciones como almacenamiento, exceso, déficit y reserva para cada uno de los suelos de las áreas estudiadas.

De los datos obtenidos se destaca que la evapotranspiración potencial (ETP) anual acumulada es equivalente a (1622 mm), 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.

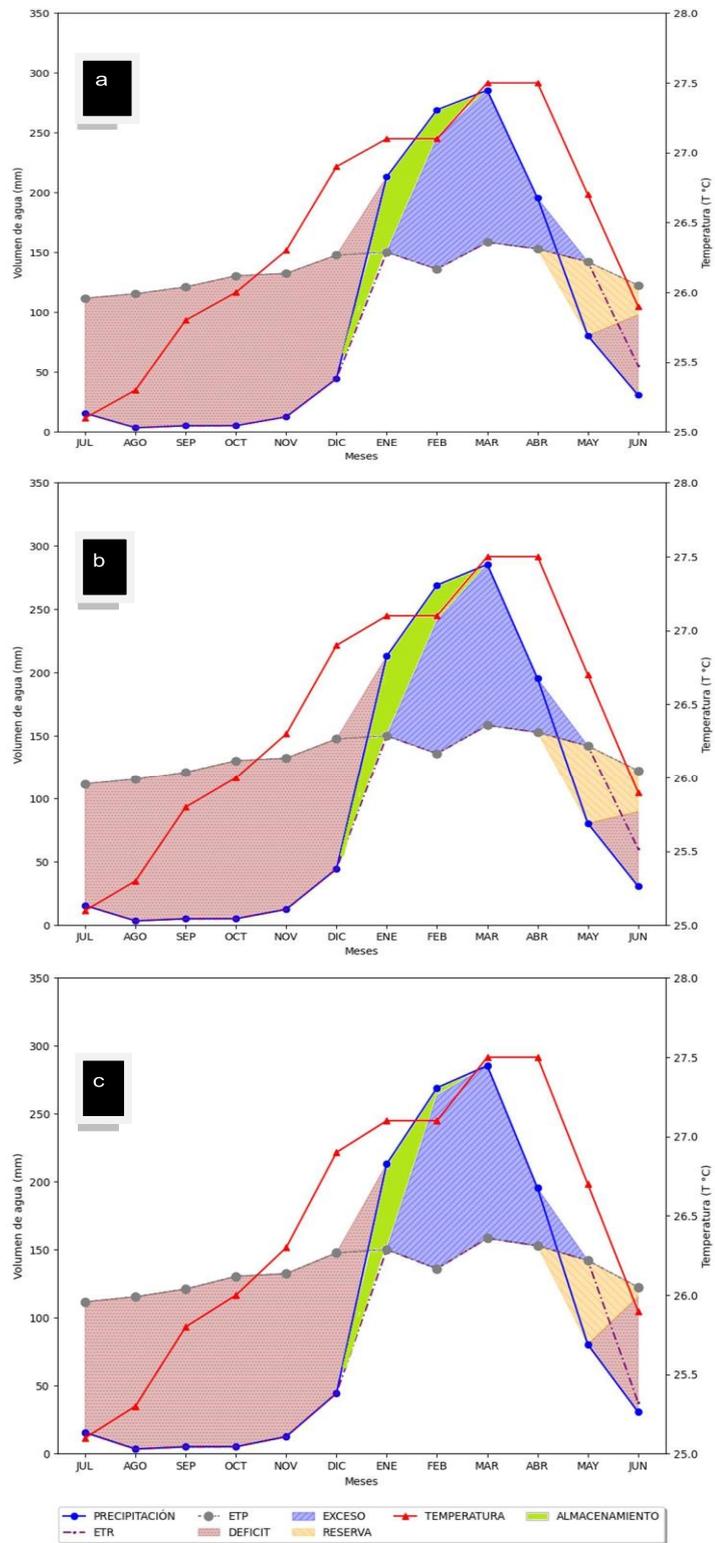
Los meses en los que la evapotranspiración alcanza valores máximos coinciden con los periodos de mayor precipitación, además de presentar un alto déficit hídrico entre los meses de junio a diciembre, mientras que entre los meses de enero a mayo no se evidencia. Entre los meses de febrero a abril se presenta un periodo de almacenamiento y exceso de agua en el suelo para todas las áreas experimentales, entre las cuales el bosque de manglar presenta aparentemente un mayor exceso (Tabla 4).

Por otro lado, en la Figura 4 se observa la representación del balance hídrico de las diferentes áreas experimentales consideradas, en la cual se presentan las diferencias a lo largo del año de las fracciones del agua en el suelo, que indican dinámicas similares.

El incremento gradual del contenido de agua en el suelo desde el mes de enero con el inicio de las lluvias, hasta llegar al valor máximo de saturación en el mes de marzo. 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 (junio a diciembre).

Figura 4

Balances Hídricos de las áreas experimentales



Nota. (a) Bosque Seco Abierto, (b) Bosque de Palmas Muy Denso y Poco Denso, (c) Bosque de Manglar. Fuente: Vera (2022).

En la Figura 4a, el balance hídrico para el área experimental del Bosque Seco Abierto, con suelos predominantemente arcillosos poseen una CAA de 86.54 mm en promedio. Las fracciones de agua en exceso y déficit son bastante similares a las observadas en las áreas experimentales del Bosque de Palmas Muy Denso y Poco Denso (Figura 4b) con CAA de 91.37 mm, mientras que las reservas o almacenamiento en las áreas del Bosque de Palmas Muy Denso y Poco Denso son ligeramente mayores al alcanzar la mayor CAA de sus suelos.

Las fracciones de agua en exceso y déficit son bastante similares a las observadas en las áreas experimentales del Bosque de Palmas Muy Denso y Poco Denso (Figura 4b) con CAA de 91.37 mm, mientras que las reservas o almacenamiento en las áreas del Bosque de Palmas Muy Denso y Poco Denso son ligeramente mayores al alcanzar la mayor CAA de sus suelos.

Por último, en relación con el balance hídrico del área experimental de la comunidad vegetal del Bosque Manglar (Figura 4c), con la menor capacidad de almacenamiento de agua del suelo (68.93 mm) en relación con las demás áreas experimentales, determina menor valor en las diferentes fracciones de agua del suelo de las evaluadas.

3.1.2.3. Clasificación Mesoclimática.

En la Tabla 5 se presentan las propiedades mesoclimáticas de cada una de las áreas experimentales en isla Santay.

Tabla 5

Índices mesoclimáticos y clasificación del clima de las áreas experimentales

ÁREA EXPERIMENTAL	CAA (MM)	Im (mm)	Ih (mm)	INDICES		CLIMA
				EFICACIA TÉRMICA ET= ETP (mm)	(S)	
Bosque seco Abierto	86.54	25.745	17.194	1622	27.42%	Ds Aa´ Semiárido seco, con moderado exceso de humedad en verano, megatérmico o cálido, con 27.42 % de verano al año.
Bosque Palmar muy Denso y poco Denso	91.37	26.047	16.893	1622	27.42%	
Bosque Manglar	68.93	24.661	18.279	1622	27.42%	

Nota. CAA: Capacidad de almacenamiento de agua. Im: Índice hídrico. Ih; Índice de humedad, S: Concentración Térmica en Verano. Fuente: 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, cuyas siglas de identificación son (Ds Aa´), el cual es compartido en toda la superficie de la isla y sus comunidades vegetales en las áreas experimentales con diferente capacidad de almacenamiento de agua (Tabla 5).

3.1.2.4. Ambiente Hídrico.

Los suelos de la Isla Santay presentan una eliminación lenta del agua superficial con una prolongada saturación, propiedad singular de los lugares que presentan problemas de hidromorfismo (régimen de humedad ácuico), debido a la acción de mareas cómo se observa en la Figura 5, exhibiendo un predominio de suelos mal drenados a muy mal drenados.

Figura 5

Evidencia del hidromorfismo en varios suelos en isla Santay



Nota. Fuente: Vera (2022).

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.

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 Abierto y Herbazal, donde se contempla escases de agua en la parte superficial del terreno como se observa en la Figura 6.

Figura 6

Aspecto de la vegetación asociada a suelos con bajo nivel de humedad



Nota. Fuente: Vera (2022)

3.1.2.5. Régimen de Temperatura.

Considerando la temperatura media anual la cual fue de 26.4 °C, y tomando en cuenta que la diferencia de temperatura media entre el verano, y el invierno astronómico fue equivalente a 1.6 °C, obtenemos que el régimen de temperatura de la zona de estudio es isohipertérmico (Tabla 6).

Tabla 6

Régimen de temperatura

Temperatura media anual				$\bar{T}_{ver} - \bar{T}_{inv}$ < 6° c	26.4 Régimen de temperatura
Meses de Verano Astronómico	T°c	Meses de invierno astronómico	T°c		
Diciembre	26.9	Junio	25.9	1.6	Isohipertérmico
Enero	27.1	Julio	25.1		
Febrero	27.1	Agosto	25.3		
Promedio	27.0	Promedio	25.43		

Nota. $\bar{T}_{ver} - \bar{T}_{inv}$: Temperatura media verano – Temperatura media invierno (Vera,2022)

3.1.2.6. Régimen de Humedad.

En las áreas experimentales pudimos caracterizar claramente dos regímenes de humedad en función de la profundidad del nivel freático y la presencia de agua disponible en el suelo para la vegetación a lo largo del año, los cuales son régimen údico y régimen ácuico.

3.1.2.6.1. Régimen de Humedad Acuico.

Si consideramos algunas características propias de los suelos de un humedal, como la presencia de una lámina de agua superficial, el patrón, la tonalidad del color y sus moteados como se observa en la Figura 7, identificaríamos la presencia de un típico régimen de humedad acuico, a pesar de que el Soil Survey Staff (1999), indica que la manera más común de determinar la predominancia de un régimen ácuico, es por medio de un estudio del agua subterránea.

Figura 7

Imágenes mostrando características de la superficie del suelo de áreas con Régimen Acuico



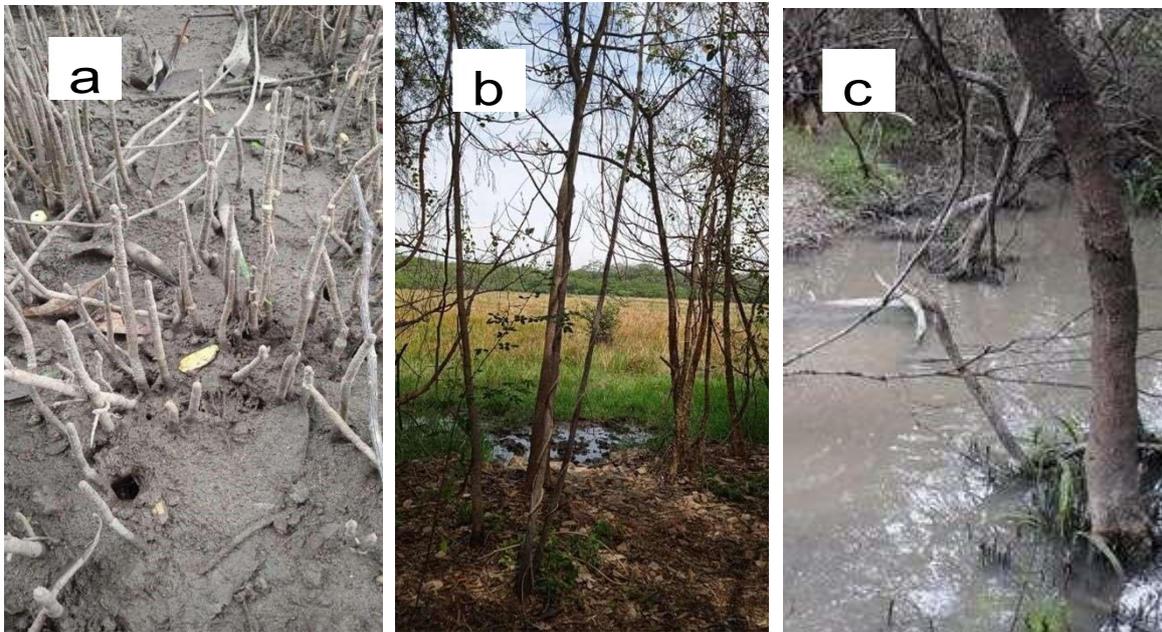
Nota. Moteados (a, b) y Lámina de agua en marea alta © (Vera, 2022).

En base a las observaciones realizadas en campo de las propiedades posicionales de los suelos en cada área experimental, determinamos el predominio de un régimen ácuico en las áreas asociadas al Bosque Palmar Muy Denso, Bosque Palmar Poco Denso y el Bosque Manglar

En estas áreas experimentales, el régimen hídrico acuico se ve favorecido por un relieve de topografía plana, lo cual permite el mantenimiento de una lámina de agua por encima del suelo, cualidad propia de suelos hidromórfos, con un drenaje deficiente, y un nivel freático poco profundo, favoreciendo el crecimiento y regeneración de vegetación resistente a las condiciones de anoxia, como se muestra en la Figura 8 (Fraser, Singleton, y Clarkson, 2018; USDA, 2018). Los suelos con un régimen de humedad acuico, se encuentran virtualmente libres de oxígeno a causa de la saturación de agua ocasionada por la presencia de un nivel freático superficial o por acción del agua de la franja capilar.

Figura 8

Vegetación hidrófita en condición de hidromorfismo



Nota. (a) Raíces neumatóforos de mangle *Avicennia germinans*, (b) Juveniles de *Aeschynomene sp.* y (c) Áreas de Bosque de Palmas en áreas inundadas (Vera, 2022).

Lindbo (1997) sugiere que la coloración del suelo proveniente de los procesos fisicoquímicos que en él ocurren, es una de las consideraciones más relevantes al identificar suelos hidromórfos. El régimen ácuico involucra condiciones de reducción, en el cual no existe aire en el suelo bajo condiciones de saturación y el poco oxígeno disuelto en el agua es consumido a causa de la interacción de varios procesos como la actividad microbológica y raíces activas (Lurzio et al., 2001).

El estado anaerobio de esta clase de suelos da como resultado la consecución de procesos biogeoquímicos como la acumulación de materia orgánica, la prevalencia de un ambiente reductor, acumulación y/o traslocación de hierro y otros elementos, que generan un patrón de 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 empleado 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) Moreno et al. (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.

3.1.2.6.2. Régimen de Humedad Údico.

De acuerdo con las características observadas en campo, en el área experimental identificada como Bosque Seco Abierto; los bajos niveles de humedad, que se evidencia por la ausencia de una lámina de agua superficial, la mayor profundidad del nivel freático y el aspecto seco de la superficie del suelo sugiere la presencia de un régimen de humedad údico (Figura 9), en el cual se condiciona la retención de humedad en el suelo la mayor parte del año.

Figura 9

Aspecto general del Bosque Seco Abierto y su suelo



Nota. Fuente: Vera (2022).

De acuerdo con Lurzio et al. (2001) el régimen údico es común en lugares que poseen una distribución regular de la pluviometría, con suelos que no se encienden 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).

3.2. Características Morfológicas

Para la caracterización morfológica de los suelos de las áreas experimentales de la Isla Santay, se realizaron todas las determinaciones en el campo, siguiendo los protocolos establecidos en la “Guía para la descripción de suelos” (FAO, 2009), el “Soil Survey Manual” (United States Department of Agriculture [USDA] 2017), y la “Guía para identificar y delimitar suelos hídricos” (United States

Department of Agriculture [USDA], Natural Resources Conservation Service [NRCS]. (2018), United States Department of Agriculture [USDA], 2018).

3.2.1. Características Morfológicas del Suelo del Bosque Abierto Disperso

El perfil evaluado como se observa en la Figura 10b, corresponde a un suelo oscuro 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.

Figura 10

Aspecto general del Bosque Abierto Disperso (a) y perfil del suelo (b)



Nota. Fuente: Vera (2022).

Las propiedades morfológicas de los suelos del área experimental Bosque Seco Abierto se presenta en la Tabla 7.

Tabla 7

Propiedades morfológicas del suelo del área experimental Bosque Seco Abierto

FICHA DE MUESTREO SUELO															
Perturbación:					Operador:		TATIANA VERA								
Parcela:		Bosque Seco			Fecha:		Lunes 14/septiembre/2021								
Hora:		12:30													
Ambiente Hídrico:		Údico													
Ambiente Geomorfológico:		Región Costa, Delta del Guayas													
Horizontes	Profundidad	Elemento Grueso		Fauna	Raíces			Estructura	Moteado		Color de Matiz	Consistencia	Textura más probable	Materia Orgánica	
		Grietas			Cantidad	Tamaño	Reacción al HCL (3%)		Color	%				Húmedo	Morfones
A	0-40	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

Nota. Fuente: Vera (2022).

El perfil evaluado no presentó reacción al ácido clorhídrico (horizontes no calcáreos), y se identificaron tres horizontes genéticos con la siguiente secuencia: A, B y C. Los rasgos redoximórficos se presentan por debajo de los 30 cm de profundidad y a partir de los 85 cm se exhibe ausencia de moteados.

En los suelos de esta área experimental, el patrón de coloración del moteado es de tonos naranja (5YR 6/8) y 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 rojizas 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, hasta los 85 cm de profundidad.

La presencia de materia orgánica es evidente en todo el perfil, organolépticamente se presenta una textura y franco arcillosas, y presencia de pedregosidad superficial (afloramientos rocosos) como se observa en la Figura 11. En forma general el perfil evaluado presentó grietas en el primer estrato (Horizonte A), sin evidencia de material calcáreo.

Figura 11

Elementos pedregosos gruesos presentes en el perfil

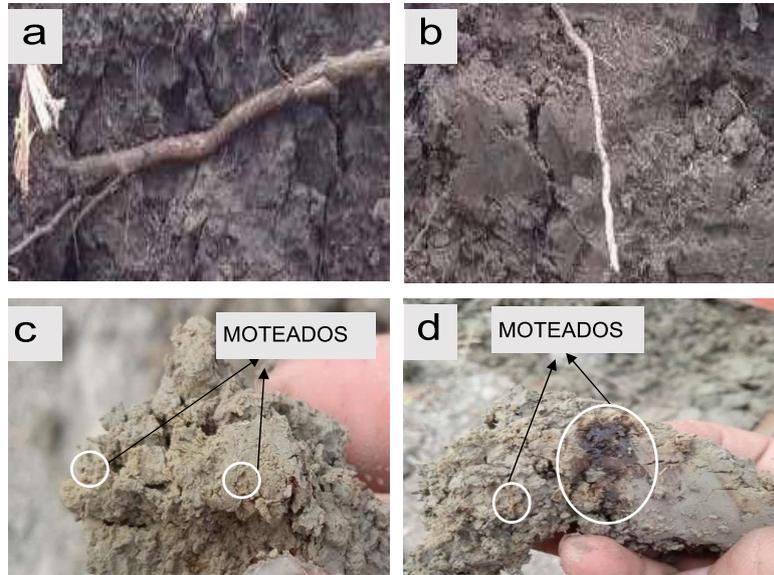


Nota. Fuente: Vera (2022).

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) (Figura 11), muy heterogéneamente distribuido, ocupando menos del 60 % del volumen del suelo, 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% (Figura 12 a y b). Se observaron zonas de lavado de Fe (áreas con moteados decoloradas y de expresión rojiza) (25%) (Figura 12 c y d).

Figura 12

Aspectos morfológicos del suelo del Bosque Abierto Disperso



Nota. Raíces del primer horizonte (a), Raíces del segundo horizonte (b), Moteados de tonalidad naranja (c), Moteados rojizos (d) (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.

Tabla 8

Propiedades morfológicas del suelo del área experimental Bosque Palmar muy denso y poco denso

FICHA DE MUESTREO SUELO																
Perturbación:										Operador: TATIANA VERA						
Parcela: Bosque Palmar muy denso y poco denso										Fecha: Miércoles 15/septiembre/2021						
Hora: 10:30																
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	Materia Orgánica	Morfofones
			Ancho	Longitud		Cantidad	Tamaño			Color	%					
A	0-35	NO	NO	NO	NO	36	1	NO	Bloque angular	(10 R 5/6)	22%	(10 YR 7/8)	Moderadamente plástico	Arcillos o	SI	NO
B	35-77	NO	NO	NO	NO	24	4	NO	Bloque angular	(10 R 5/6)	49%	(10YR 7/8)	Moderadamente plástico	Arcillos o	SI	NO
C	77-98+	NO	NO	NO	NO	0	0	NO	Bloque	0	0	(10 YR 7/8)	Moderadamente plástico	Arcillos o	SI	NO

Nota. Fuente: Vera (2022).

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 (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, consistencia moderadamente plástica. En este horizonte destaca la alta capacidad de retención de agua, siendo mayor en profundidad debido a la ausencia de pedregosidad (elementos gruesos).

3.2.2. Características Morfológicas del Suelo del Bosque Palmar Muy Denso y Poco Denso

Las propiedades morfológicas de los suelos del área experimental Bosque Palmar muy denso y poco denso se presentan en la Tabla 8. El perfil evaluado se ubicó en una superficie de topografía plana, con presencia del nivel freático a poca profundidad.

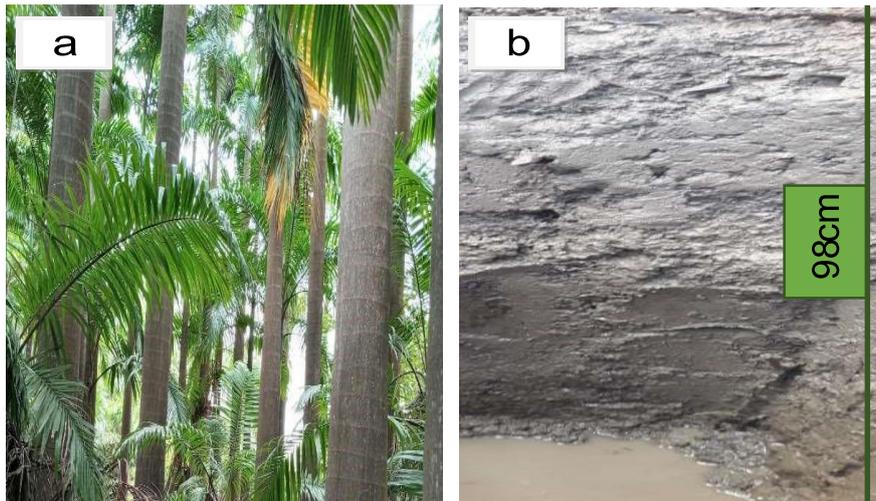
La máxima profundidad alcanzada fue de 98 cm, como se observa en la Figura 13 B, situado en las inmediaciones de la parcela de experimentación, cubierta preponderantemente por palmas (*Roystonea oleracea*), la cual comparte el mismo hábitat que la vegetación del manglar y que se ha desarrollado de manera 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.

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 14 a, b, y c, lo cual se encuentra vinculado a la presencia de hierro.

Figura 13

Aspecto general del Bosque Palmas muy denso (a) y perfil del suelo (b)



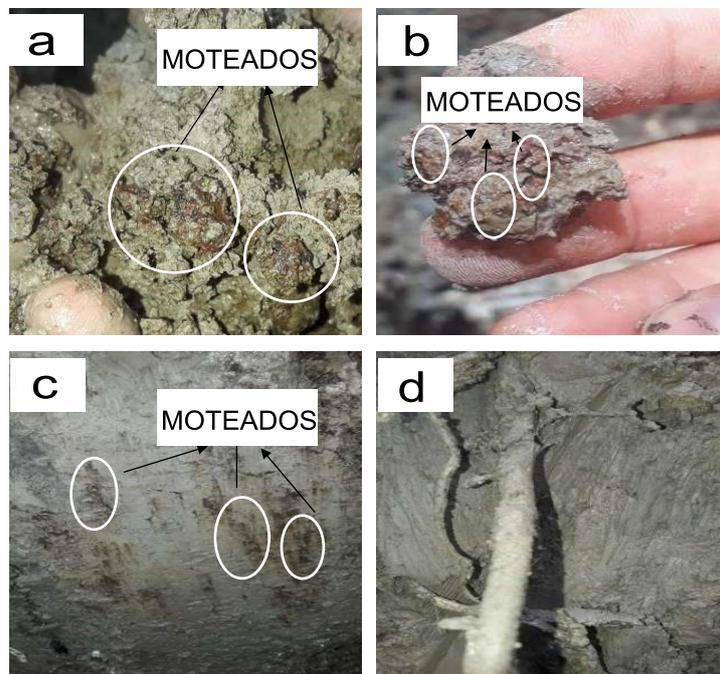
Nota. Fuente: Vera (2022).

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 14d, con una consistencia ligeramente 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, siendo muy comunes de tamaño fino equivalente a 4 mm con una proporción equivalente al 24%, con una consistencia moderadamente plástica.

Figura 14

Imagen del horizonte del suelo del Bosque Palmas



Nota. Moteados de tono rojo (a, c), agregado del suelo mostrando moteados rojos (b), raíz presente en el perfil del suelo (d) (Vera, 2022)

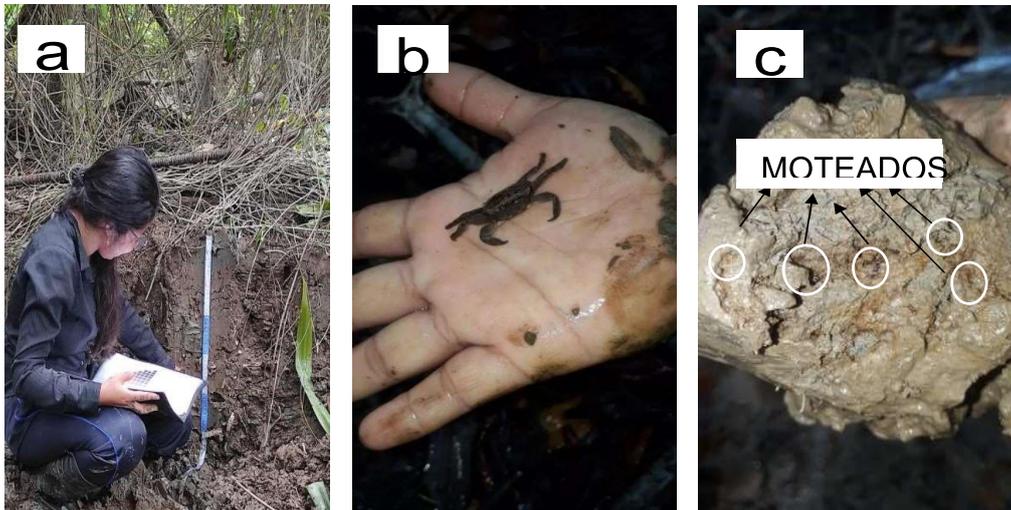
El horizonte C (77- 98+ cm) continuo con una estructura de bloques, horizonte tendiente a formar estructuras de carácter débil de tonalidad (10YR 7/8). Las raíces fueron raras o escasas a una profundidad de 98 cm, justo sobre el nivel freático, con una matriz de color uniforme (sin moteados). De textura arcillosa al tacto, por tal motivo el contenido de materia orgánica continuo siendo alto en profundidad.

3.2.3. Características Morfológicas del Suelo del Bosque Manglar

En la Tabla 9, se recoge la información de las características morfológicas más significativas del suelo presente en el área experimental del Bosque Manglar. La descripción se realizó en un perfil descubierto de 58 cm de profundidad (Figura 15 a), en las inmediaciones del área experimental, en una zona parcialmente inundada, la cual presenta mangle rojo (*Rhizophora mangle*), a menos de 1 msnm, con una topografía plana y régimen hídrico ácuico. La estructura es migajosa, con una coloración oscura en todo el perfil por la materia orgánica, sin grietas y ni reacción al ácido clorhídrico (HCL).

Figura 15

Imagen del suelo del área experimental Bosque Manglar



Nota. Perfil del suelo (a), Imagen de organismos presentes en el suelo (b), Imagen de agregado del suelo mostrando moteados (c) (Vera, 2022).

En el horizonte A (0 - 30 cm) el color de la matriz fue (10 YR4/1), pardo grisáceo a pardo amarillento claro cuando está seco con 18 % de moteados de color naranja (5YR 6/8) (Figura 15c). Además, se evidenció la existencia de bioturbación, por la presencia de fauna (cangrejos y lombrices) (Figura 15b) y abundantes raíces de 7 mm (22 %). Se observa una estructura blocosa angular, con textura arcillo limosa y una consistencia plástica al tacto.

Tabla 9

Propiedades Morfológicas del suelo del área Bosque Manglar

FICHA DE MUESTREO SUELO																	
Perturbación:		Operador: TATIANA VERA															
Parcela:		Bosque Manglar		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			Raíces			Estructura	Moteado		Color de Matiz		Consistencia	Textura más probable	Mat. Org	Morfolones
			Ancho	Longitud	Fauna	Cantidad	Tamaño	Reacción al HCL (3%)		Color	%	Húmedo					
A	0-30	NO	NO	NO	SI	22	7	NO	Blocos a 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	Blocos a angular	(5YR 5/1)	24%	(10 YR 4/1)	Ligeramente plástico	Arcillo limosos	SI	NO	
C	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	

Nota. Fuente: Vera (2022)

En el horizonte B (30 – 58+ cm) por debajo de los 40 cm y húmedo, se observó un 24 % de moteados naranjas oscuros (5YR 6/8) en un matiz café (10YR 4/1), con textura arcillo limosa, y consistencia ligeramente plástica. En este horizonte también se evidenciaron condiciones reductoras. Se observó 20 % de raíces de 7 mm, y una estructura angular blocosa de desarrollo débil. A partir de los 58 cm de profundidad se encuentra el nivel freático.

3.3. Características Composicionales

En la Tabla 10 se muestran los valores promedio de las características composicionales físicas y químicas de dos profundidades de los suelos de las localidades experimentales en isla Santay.

Tabla 10

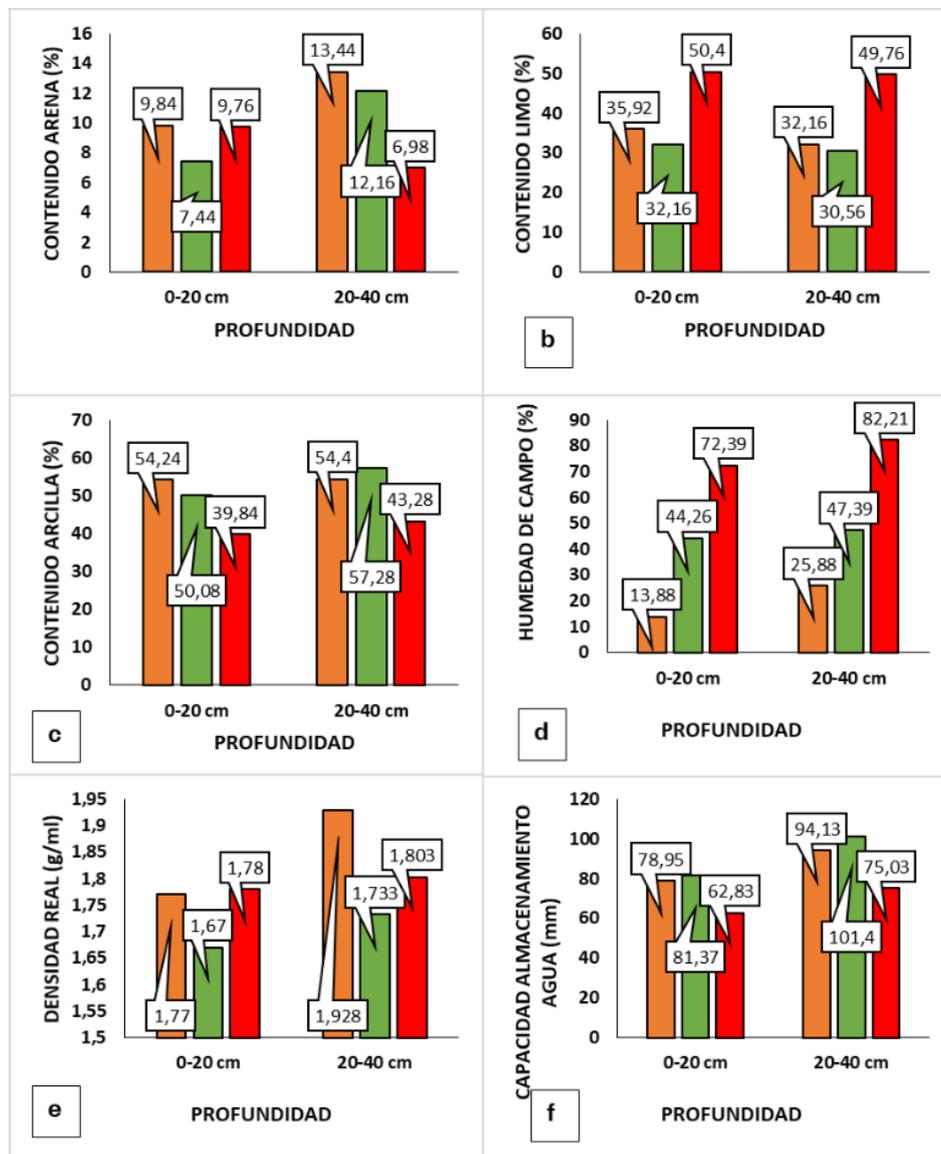
Características composicionales de los suelos de las áreas experimentales

Bosque Seco Abierto												
Profundidad (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural	Humedad (%)	DR (g/ml)	CAA (mm)	MO (%)	pH	N (%)	P (mg/Kg)	S (mg/Kg)
0 - 20	9,84	35,92	54,24	Arcillosa	13,88	1,78	78,95	7,020	5,76	0,1215	4,53	24,46
20 - 40	13,44	32,16	54,4	Arcillosa	25,88	1,93	94,13	8,349	5,87	0,1277	5,29	26,57
Bosque Palmar (muy denso y poco denso)												
Profundidad (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural	Humedad (%)	DR (g/ml)	CAA (mm)	MO (%)	pH	N (%)	P (mg/Kg)	S (mg/Kg)
0 - 20	7,44	42,48	50,08	Arcillosa	44,26	1,67	81,37	16,50	6,02	0,1733	4,83	19,91
20 - 40	12,16	30,56	57,28	Arcillosa	47,39	1,73	101,37	9,403	5,67	0,1422	5,82	20,10
Bosque Manglar												
Profundidad (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural	Humedad (%)	DR (g/ml)	CAA (mm)	MO (%)	pH	N (%)	P (mg/Kg)	S (mg/Kg)
0 - 20	9,76	39,84	50,4	Arcillosa	72,75	1,80	62,83	10,00	6,096	0,1308	5,11	10,20
20 - 40	6,96	43,28	49,76	Arcillo Limosa	82,21	1,80	75,03	10,32	5,764	0,1081	5,22	14,30

Nota. MO=Materia orgánica, DR=Densidad relativa, CAA=Capacidad de almacenamiento de agua, N=Nitrógeno, P=Fósforo, S=Azufre. Fuente: Vera (2022).

Figura 16

Propiedades físicas de los suelos de las áreas experimentales evaluadas



Nota. Bosque Seco Abierto (BS), Bosque Palmas muy denso y poco denso (BP), Bosque Manglar (BM).

Entre las características composicionales de los suelos de las áreas experimentales, las propiedades físicas se muestran en la Figura 16, en la que se pueden observar sus diferencias.

En los suelos presentes en las áreas experimentales Bosque Seco Abierto y Bosque de Palmas (muy denso y poco denso), obtenemos una textura arcillosa a ambas profundidades, mientras que para el suelo del Bosque Manglar la

textura del horizonte superficial es arcillosa y la del horizonte más profundo es arcillo limosa, pero en todos los suelos la arcilla es el tamaño de partícula más abundante (Tabla 10, Figura 16a, 16b, 16c).

En cuanto a la humedad de campo, el suelo del área experimental de Bosque Manglar presentó el mayor porcentaje de humedad de campo en ambas profundidades (0 – 20 cm: 72,75% y 20 – 40 cm: 82.21%) en relación con los suelos de las otras áreas experimentales, mientras que el suelo del área experimental Bosque Seco Abierto presentó la menor humedad de campo con 13.88% en la superficie y 25.88% a mayor profundidad. En todos los casos la humedad de campo fue inferior en la superficie (Figura 16d).

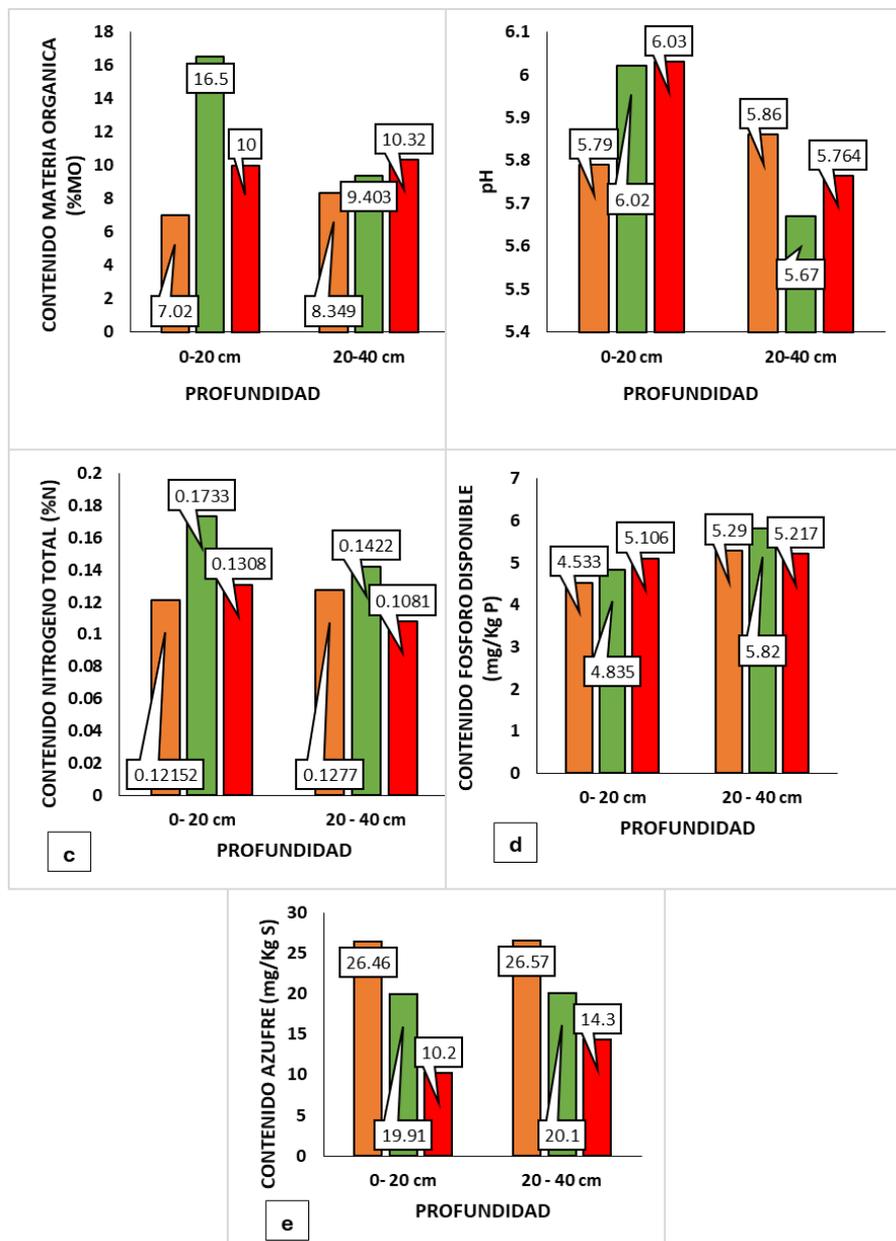
Por otro lado, como se muestra en la Figura 16e, la densidad real del horizonte superficial de los suelos presentes en las áreas experimentales Bosque Seco Abierto y Bosque Manglar fueron similares y mayores (1.77 y 1.78 g/ml) que la registrada en el Bosque Palmar (1.67 g/ml).

En relación con la Capacidad de Almacenamiento de Agua (CAA) de los suelos presentes en las áreas experimentales, se determinó la mayor CAA en ambas profundidades del suelo del área experimental de Bosque Palmas (muy denso y poco denso) (0 – 20 cm: 81.37 mm y 20 – 40 cm: 101.37 mm), mientras que el suelo del área experimental Bosque Manglar presentó en ambas profundidades, la menos CAA (0 – 20 cm: 62.83 mm y 20 – 40 cm: 75.03 mm) y en todas las áreas experimentales, los suelos en sus horizontes superficiales presentaron menor CAA que los horizontes más profundos (Figura 16f).

En la Figura 17 se presentan las características composicionales químicas de los suelos de las áreas experimentales evaluadas en isla Santay, entre las cuales se encuentran el Porcentaje de Materia Orgánica (%), calcinación), el pH, la concentración de Nitrógeno total (% N), el contenido de Fósforo (mg/g P) y de Azufre (mg/g S).

Figura 17

Propiedades químicas de los suelos de las áreas experimentales evaluadas



Nota. Bosque Seco Abierto (BS), Bosque Palmas muy denso y poco denso (BP), Bosque Manglar (BM).

Los valores porcentuales de materia orgánica (%MO) del horizonte superficial del suelo del área experimental Bosque Palmer es el de mayor magnitud con 16.5 % (Figura 17a), mientras que, en el Bosque Seco, ambos horizontes presentan el menor %MO con 7.02 % (0 – 20 cm) y 8.35 % (20 – 40 cm). En el

horizonte de mayor profundidad (20 – 40 cm), el suelo del área experimental Bosque Manglar, mostró el mayor %MO con 10.32 %.

En la Figura 17b se observan que los suelos presentan pH ácido, en donde el horizonte superficial del suelo de las áreas experimentales Bosque Palmar (BP) y Bosque Manglar (BM), muestran pH ligeramente ácido, con valores de 6.02 y 6.03 respectivamente, mientras que en el horizonte subsuperficial (20 – 40 cm) el pH es un poco más ácido con valores de 5.67 y 5.76 respectivamente. En el Bosque Seco el horizonte subsuperficial del suelo posee un pH menos ácido que el superficial con valores de 5.86 y 5.79 respectivamente.

La cantidad de Nitrógeno total del suelo del Bosque Palmar es mayor a ambas profundidades en relación con las otras áreas experimentales con porcentajes de 0.17 % (0 – 20 cm) y 0.14 % (20 – 40 cm). En el caso del suelo del Bosque Seco, registramos en el horizonte superficial, el menor contenido de nitrógeno con 0.12 % N, mientras que el horizonte subsuperficial del suelo del área experimental del Bosque Manglar muestra el porcentaje de nitrógeno para esta profundidad con 0.11 % N (Tabla 9, Figura 17c).

Como se muestra en la Figura 17d, el mayor contenido de fósforo se presentó en el horizonte subsuperficial del suelo de las áreas experimentales, con 5.82 mg/Kg, 5.29 mg/Kg y 5.21 mg/Kg para el suelo del Bosque Palmar, Bosque Seco y Bosque Manglar respectivamente. Si consideramos el horizonte superficial de los suelos de las áreas experimentales, el mayor contenido de fósforo se observó en el Bosque Manglar con 5.11 mg/Kg, y el menor lo obtenemos en el Bosque Seco con 4.53 mg/Kg.

En relación con el contenido de azufre en los suelos de las áreas experimentales, se observó poca variabilidad entre los horizontes para cada uno de los suelos, con un mayor contenido de azufre en el horizonte subsuperficial en todos los casos.

Sin embargo, se determinó que el suelo del Bosque Seco presentó un mayor contenido de azufre con 26.57 mg/Kg y 26.46 mg/Kg en el horizonte subsuperficial (20 – 40 cm) y superficial (0 – 20 cm) respectivamente, mientras

que el Bosque Manglar resultó ser el área experimental con suelos con menor contenido de azufre con 14.3 mg/Kg y 10.2 mg/Kg para el horizonte subsuperficial (20 – 40 cm) y superficial (0 – 20 cm) respectivamente (Figura 17e).

Tabla 11

Análisis de Varianza (ANOVA) comparando las características composicionales de los horizontes superficiales del suelo de las áreas experimentales

Parámetros	0-20 cm				
	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 (%)	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
Parámetros	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 (%)	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

Nota. DR= Densidad Real; CAA= Capacidad de almacenamiento de agua; MO= Materia orgánica; N= Nitrógeno; P= Fósforo; S= Azufre; BS= Bosque Seco Abierto; BPMD= Bosque palmar muy denso; BM= Bosque manglar; F= Estadístico de prueba; *= Significancia estadística o valor de P (0.05); n =

Número de muestras de la población de estudio; gl= Grados de libertad. Fuente: Vera (2022).

3.4. Análisis Estadístico

3.4.1. Análisis de Varianza (ANOVA)

Para la comparación de las diferencias observadas en los resultados reportados de las características composicionales físicas (Figura 16) y químicas (Figura 17) de los suelos presentes en las áreas experimentales Bosque Seco Abierto (BS), Bosque Palmer muy denso y poco denso (BP) y Bosque Manglar (BM), se planteó la siguiente hipótesis estadística para cada variable:

H₀: Las características composicionales de los suelos de las áreas experimentales estudiadas en isla Santay son similares.

H₁: Las características composicionales de los suelos de las áreas experimentales en isla Santay no son similares.

En la Tabla 11 se muestran los resultados obtenidos mediante el análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia equivalente a 0.05.

Mediante aplicación de la prueba ANOVA no se observaron diferencias estadísticas significativas entre los suelos presentes en las áreas experimentales, para todas las variables, en las dos profundidades analizadas.

Sin embargo, el porcentaje de limo en el subsuelo (20 – 40 cm), el contenido de humedad de campo, la capacidad de almacenamiento de agua y el contenido de azufre en ambas profundidades de suelo, el contenido de materia orgánica (ignición) y el contenido de nitrógeno total en el suelo superficial, presentaron diferencias significativas entre los suelos de las áreas experimentales (Tabla 11).

3.4.2. Análisis a Posteriori de Tukey

En la Tabla 12 se presentan los resultados del análisis a posteriori de Tukey (Tukey, 1949), de todas las variables determinadas de las características composicionales de las dos profundidades de los suelos de las áreas experimentales consideradas.

Para aquellas variables, en las que mediante el análisis de varianza (ANOVA) se obtuvieron diferencias significativas entre los suelos de las áreas experimentales, el resultado de la aplicación del análisis a posteriori de comparaciones múltiples, se presentan como diagramas de cajas y bigotes en la Figura 18, el cual expresa la variación de las características composicionales (propiedades físicas y químicas) de las tres parcelas experimentales.

El contenido de limo del horizonte subsuperficial, en un rango de profundidad de 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 (BM), Bosque Seco Abierto (BS), y Bosque Palmar poco y muy denso (BP) respectivamente.

Tabla 12

Análisis de Tukey comparando las características composicionales de los horizontes superficiales de los suelos de las áreas experimentales

Zona	n	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Humedad (%)	DR (g/ml)	CAA (mm)	MO (%)	pH	N (%)	P (mg/Kg)	S (mg/Kg)
0 – 20 cm												
BS	5	9.84 a	35.92 a	54.24 a	13.88 c	1.78 a	78.95 a	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	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	10.00 b	6.03 a	0.1308 ab	5.10 a	10.20 c
20 – 40 cm												
BS	5	13.44 a	32.16 b	54.4 a	25.88 c	1.93 a	94.13 ab	8.349 ab	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	9.403 ab	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	10.32 a	5.76 a	0.1081 a	5.20 a	14.30 b

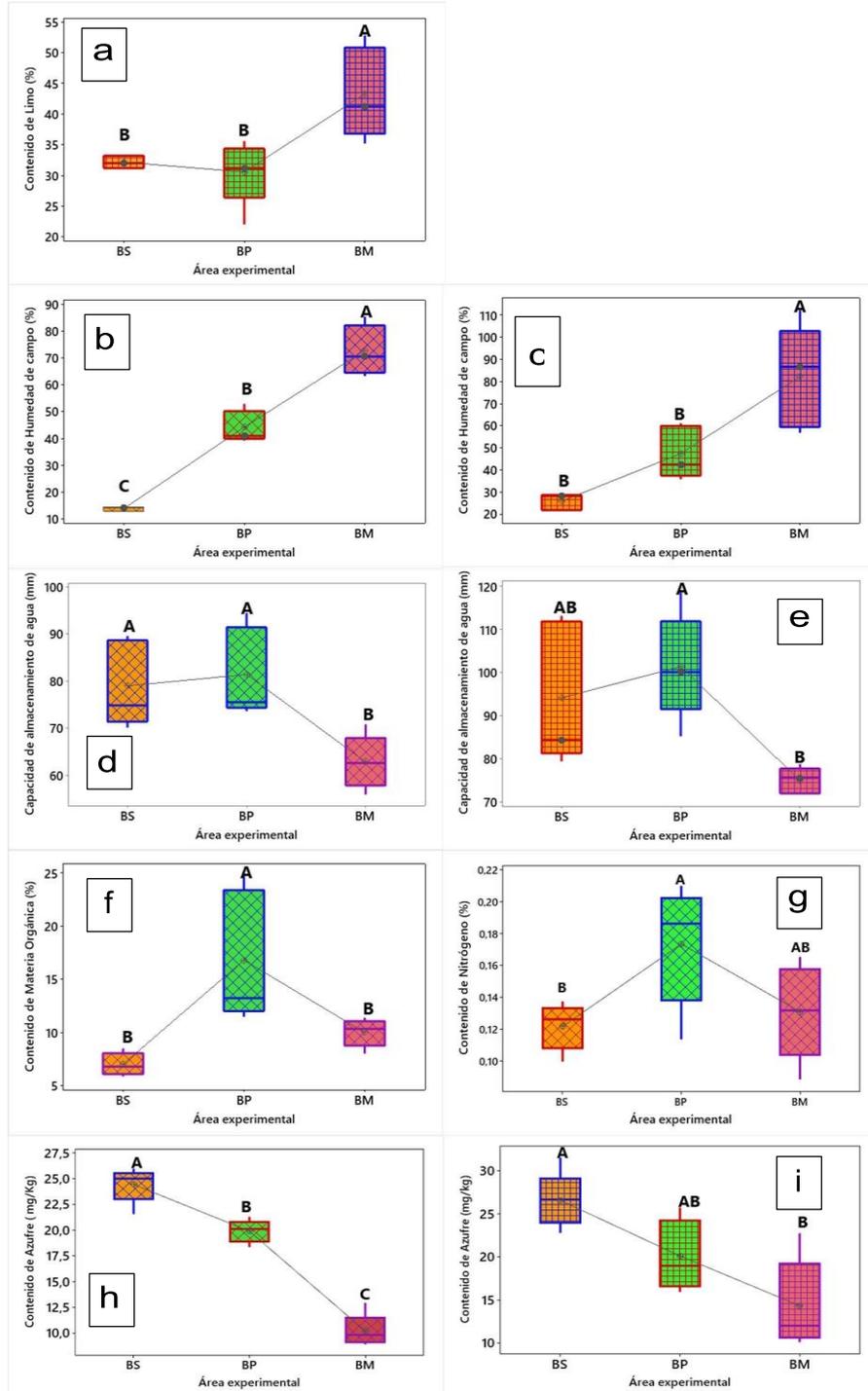
Nota. DR= Densidad Real; CAA= Capacidad de almacenamiento de agua; BS= Bosque Seco Abierto; BPMD= Bosque palmar muy denso; BM= Bosque manglar; MO= Materia orgánica; N= Nitrógeno; P= Fósforo. S= Azufre; N= Número de muestras de la población de estudio. M= Media *Las medias con una letra común no son significativamente diferentes p (0.05) *. Fuente: Vera (2022).

Por otro lado, para el contenido de humedad de campo del suelo superficial (0-20 cm), la prueba de Tukey (5%) estableció que todos los suelos de las áreas experimentales presentan diferencias significativas, donde el BM posee el mayor contenido de humedad de campo con un promedio de 72.75% (a), seguido por el BP con una media de 44.26% (b) y por último el BS con una media igual a 13.88% (c). Al aumentar el nivel de profundidad (20-40 cm) también se

encontraron tres rangos de significancia con valores de 82.21 (a), 47.39 (b) y 25.88 (c) para el BM, BP y BS respectivamente.

Figura 18

Diagrama de cajas mostrando el resultado del Análisis a posteriori de Tukey



Nota. (BS) Bosque Seco Abierto, (BP) Bosque Palmer muy denso y poco denso, (BM) Bosque Manglar). (a) Contenido de Limo (20 – 40 cm), (b) Contenido de

Humedad de Campo (0 – 20 cm), (c) Contenido Humedad de Campo (20 – 40 cm), (d) Capacidad de Almacenamiento de Agua (0 – 20 cm), (e) Capacidad de Almacenamiento de Agua (20 – 40 cm), (f) Contenido de Materia Orgánica (ignición 0 – 20 cm), (g) Contenido de Nitrógeno (0 – 20 cm), (h) Contenido de Azufre (0 – 20 cm), (i) Contenido de Azufre (20 – 40 cm) (Vera, 2022).

Por su parte, en los primeros 20 cm, al comparar la capacidad de almacenamiento de agua (CAA) de los suelos de las áreas experimentales se obtienen 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 BP, BS y BM 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 poco y muy denso (BP), Bosque Seco Abierto (BS) y Bosque Manglar (BM) respectivamente.

El contenido de materia orgánica presentó dos rangos de significación al comparar los suelos superficiales (0 – 20 cm) de las áreas experimentales, con promedios de 16.50 (a), 10.00 (b) y 7.020 (b) para el BP, BM y BS respectivamente.

Para el contenido de Nitrógeno total del suelo superficial (0 - 20 cm) de las áreas experimentales, se evidenciaron dos rangos de diferencias significativas, con valores promedios equivalentes a 0.1733 (a), 0.1308 (ab) y 0.1215 (b) para el BP, BM y BS respectivamente.

El contenido de azufre en el suelo superficial (0 - 20 cm) de las áreas experimentales presenta diferencias estadísticas significativas, con tres rangos de valores promedios de 24.46 (a), 19.91 (b) y 10.20 (c) para el BS, BP y BM. De manera similar a mayor profundidad (20-40 cm), los suelos de las áreas experimentales muestran diferencias significativas en el contenido de azufre, con tres rangos de valores medios equivalentes a 26.57 (a), 20.10 (ab) y 14.30 (b), para el BS, BP y BM respectivamente.

4. Discusión

La Región costa del Ecuador geomorfológicamente es una fosa de hundimiento, relleno fluvio - marino, que rodea al abanico aluvial al este, y se encuentra cubierta por cenizas volcánicas en la zona norte. Esta planicie se delimita de la siguiente manera: zona norte por relieves sedimentarios levantados, que atraviesa el río Esmeralda, Zona sur, tenemos la llanura aluvial que en épocas de lluvia se encuentra anegada, y el delta del río Guayas, ambos evidencian el proceso de hundimiento activo de la superficie (Winckell et al., 1997).

La llanura aluvial de la región natural Costa, se caracteriza por no ser afectada por la erosión, sin embargo, está determinada por las constantes inundaciones de la estación lluviosa, desde diciembre hasta principios de abril. Mientras que, en el delta del Río Guayas, donde se encuentra la isla Santay, se producen depósitos limosos y arcillosos, producto del desbordamiento del río, lo cual compensa el hundimiento provocado por la subsidencia.

Los suelos estudiados en las áreas experimentales presentan características geomorfológicas similares, determinadas por su ubicación en la Región Natural de La Costa de Ecuador y por encontrarse sometidos a las condiciones que se generan en el Delta del Río Guayas.

Isla Santay se encuentra bajo una condición climática biestacional, como se observa en el climadiagrama, (Figura 3). Esta condición climática presente en el área de estudio representa uno de los elementos del pedo-clima de los suelos, quedando otro elemento por considerar como es el efecto de las mareas en el ambiente hídrico y pedo-climático de los mismos, por tratarse de un área que se encuentra bajo condiciones estuarinas (Weil & Brady, 2016).

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 diferenciados. 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 anegadas y de baja pendiente al estar influenciadas por el estado de marea, morfológicamente evidencian un carácter hidromórfico, 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, lo cual se corresponde con los Balances Hídricos de las áreas experimentales (Tabla 3, Figura 4).

Isla Santay, es humedal RAMSAR, que se ve influenciada por las mareas, que contribuye con el ambiente hídrico Ácuico, mal drenado en que se encuentra la mayor parte de ella, favoreciendo la presencia de zonas inundadas casi permanentemente (MAE, 2011).

En relación con 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 Abierto), 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 Bosque Manglar y Bosque Palmar muy denso y poco 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, siendo el Bosque Manglar y el Bosque Palmar poco y muy denso los que presentaron mayor humedad (zonas con inundación), a diferencia del Bosque Seco Abierto (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 Abierto, en el que se logró identificar pedregosidad con un porcentaje no superior al 60%.

Entre las características composicionales se observan diferencias para los suelos que se encuentran en las áreas experimentales, tanto en sus horizontes superficiales (0 – 20 cm) como en los subsuperficiales (20 – 40 cm).

Bomfim et al. (2018) en Brasil, evaluaron las características morfológicas y físico químicas del suelo de manglar, bajo influencia fluvial (P1 a P5) y marina (P6 y P7), encontrando 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 a nuestros resultados, las partículas dominantes en los suelos fueron arcillas y limos, lo cual indican que se debe a la variación de sedimentos arrastrados por las mareas.

Por otra parte, Medina et al. (2014) evaluaron dos humedales representativos en México, encontrando similitud con nuestros suelos considerando la morfología del *gleysol* de Ichupio, el cual destacó por ser un suelo mineral bien desarrollado, con mayor abundancia de partículas de limos y arcillas, estructura blocosa angular de tamaño medio y grueso, con moteados de tonalidad rojiza coincidiendo con lo encontrado en el Bosque Seco Abierto. Así mismo, indican la presencia de 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).

Así mismo, en el fluviosol de Jarácuaro, el suelo evaluado, al igual que el suelo del área experimental del Bosque Seco Abierto, presentó grietas en el horizonte superficial, con grava gruesa, y con una proporción considerable de arcilla (42%). Sin embargo, 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 de los suelos del Bosque Palmar poco y muy denso y Bosque manglar (Medina et al., 2014).

En un estudio realizado por Villaseñor et al. (2017), se evaluaron 10 perfiles de suelo, a diferencia del presente estudio, prevalecen las clases texturales 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.

Domínguez (2018), reporta valores promedios de arena de 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 los suelos de las áreas experimentales evaluadas en el presente estudio, con una pequeña diferencia en el horizonte subsuperficial (20 – 40 cm) del Bosque Manglar, que muestra una clase textural arcillo limosa.

Para Domínguez (2018), en suelos de áreas de Bosque de Palmas en Isla Santay, reporta moteados, con porcentajes y tamaño de raíces diferentes a los encontrados en el presente estudio, variando desde 0.5 a 2 mm para el horizonte A y de 0.7 a 2 mm para el horizonte B en la zona de Bosque Palmar muy denso, mientras que en Bosque Palmar poco denso reporta raíces entre 0.5 a 0.8 mm para el horizonte A y 0.3 a 0.8 mm para el horizonte B. En esta investigación se encontró en el Bosque palmar muy denso, raíces de 13 mm para el horizonte A y de 4 mm para el horizonte B, mientras que en el Bosque manglar se encontraron raíces de 7 mm para el horizonte A y B. Por su parte en el Bosque Seco Abierto se observaron raíces entre 3 y 5 mm para el horizonte A y de 1 mm para el horizonte B, 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 (Lang et al., 2017).

Por otro lado, Andrade (2019), monitorea 12 parcelas permanentes en una zona de manglar, cuyos suelos en los primeros 20 cm de profundidad, determina un alto contenido de materia orgánica, con promedios desde 6.30% hasta 10%. Reporta valores de pH de los suelos superficiales desde neutros (7.02) a ligeramente ácidos (5.58), similar a lo que reportamos para el suelo del Bosque Manglar, con un rango de pH ligeramente ácido desde 5.66 hasta 6.47.

Andrade (2019), también indica que el contenido de Nitrógeno total presentó valores promedios relativamente más bajos, desde 29 mg/kg (0.0029%) hasta 123.25 mg/Kg (0.0123%), difiriendo con el presente estudio. El contenido de fósforo en el suelo de las doce parcelas monitoreadas se encuentra en un rango de 14 mg/kg a 71 mg/kg, muy superior a los encontrados en los suelos de las áreas experimentales de nuestro estudio con valores promedio de 4.53 mg/Kg, 4.83 mg/Kg y 5.10 mg/Kg, para el Bosque Seco Abierto, Bosque Palmar poco y muy denso, y Bosque Manglar en el horizonte superficial (primeros 20 cm).

En el horizonte subsuperficial, a mayor profundidad (20-35 cm), en el estudio realizado por Andrade (2019), se encontraron valores de pH entre 7.50 y 5.53, difiriendo con el presente estudio en el rango mayor, ya que los valores reportados en ninguno de los casos fueron de pH ligeramente alcalino. De manera similar los promedios del contenido de Nitrógeno y Fósforo fueron diferentes a los encontrados en el presente proyecto, encontrando valores entre 8 mg/Kg (0.0008%) y 54 mg/Kg (0.0054%) para el Nitrógeno, y de 11 mg/Kg y 82 mg/Kg para el contenido de fósforo.

En el refugio de vida silvestre Manglares Estuario río Muisne, Torán (2020), estableció ocho estaciones a 30 cm de profundidad y encontrando un rango de valores de pH entre 5.3 y 6.5, similares a los reportado para el horizonte superficial del suelo del Bosque Manglar de este estudio, en un rango de 5.43 a 6.47.

En relación con el pH de los suelos de las áreas experimentales analizados, presentan un rango de pH desde ligeramente ácido a ligeramente básico, similar a lo reportado por Pinto et al. (1995) en suelos de zonas de manglar.

Por otra parte, el rango de valores de pH para los suelos del Bosque Palmer poco y muy denso y Bosque Manglar son similares a los reportados por Domínguez (2018) en la Isla Santay, con 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, mientras que en el área experimental del Bosque Seco Abierto, los valores promedio obtenidos van desde 5.76 (0-20 cm) a 5.87 (20-40 cm).

Torres et al. (2018), en el manglar de la Laguna Mecocacán en el Golfo de México”, encontraron predominancia de suelos arenosos en cuatro de las seis estaciones de muestreo estudiadas, con una menor retención de materia orgánica y humedad, mientras que, en el presente proyecto, debido a la alta proporción de arcilla y materia orgánica, la humedad tiende a aumentar. Nuestros resultados solo concuerdan con los obtenidos en una de las estaciones (El Pajal) del estudio antes citado, donde se registró el más alto contenido de humedad, materia orgánica y nitrógeno, como lo reportado por Bjorn y Mc Clagherty (2008), quienes indican que los suelos con mayor proporción de arcilla pueden contener más materia orgánica que los arenosos.

En las áreas experimentales del presente estudio encontramos porcentajes de materia orgánica con promedios desde 9.403% (20-40 cm) a 16.50% (0-20 cm) para el Bosque palmar poco y 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 Abierto, mientras que Domínguez (2018), reporta 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. Sin embargo, la metodología utilizada por Domínguez (2018) para la determinación de Materia Orgánicas fue el de oxidación por retroceso con dicromato de magnesio, mientras que en nuestro caso se utilizó el método de ignición.

Putra et al. (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.

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 ecosistémicos 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 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 Villasanti et al. (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 et al., 2012).

Así mismo, 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 presentó tendencia a aumentar a profundidad, pero coincidiendo con lo reportado por Dent y Raiswell (1982) en suelos del Valle del Rio Gambia en Senegal, donde se evidenció un incremento de azufre a profundidad, lo cual se debió a la presencia de un horizonte orgánico sepultado.

Por su parte, Oroa (2019), indica que el azufre en todos los usos de suelo, presenta niveles bajos, manteniendo concentraciones similares con la profundidad, a excepción del uso del suelo correspondiente al Bosque, en el cual determinó niveles altos de este elemento entre los 100 a 150 cm, lo cual aparentemente se debe a la materia orgánica remanente de plantaciones, y la acción microbiana en su mineralización a sulfato (Corrales et al. 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.

En los suelos de las áreas experimentales evaluadas, las concentraciones más altas de azufre se encuentran en los suelos no inundados del Bosque Seco Abierto y los menores en los suelos de las zonas inundadas del Bosque Manglar y Bosque Palmar poco y muy denso.

Zouidi et al. (2019), en suelos forestales de Argelia Occidental, encontraron en los primeros 20 cm de profundidad de los suelos de las cinco estaciones de muestreo, valores promedios entre 13.29 % y 24.12% para la humedad de campo, coincidiendo con lo obtenido en el Bosque Seco Abierto, con 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). Estos autores reportaron una capacidad de almacenamiento de agua entre 62.86% hasta 77.40%, mientras que en el Bosque Seco Abierto se obtuvieron promedios entre 70.11% y 89.51%, y en relación al contenido de nitrógeno, registran valores promedios de 0.081%, con un porcentaje de materia orgánica fluctuante entre 3.29% y 12.37%, mientras que, en el Bosque Seco Abierto, se encontraron promedios de 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 Abierto lo asociamos a una mayor abundancia de especies de la familia Fabaceae (Leguminosas) en el área referida, las cuales de acuerdo con Sivila y Hervé (2006), contribuyen a mantener las condiciones del suelo, en especial el nitrógeno.

Boone et al. (2011), en los Bosques de manglares de Micronesia, encuentran valores promedios para el nitrógeno en un rango desde 0.39% y 0.47%, superiores a los encontrados en los suelos de nuestras áreas experimentales.

En relación con la cantidad de fósforo presente en el suelo de las áreas experimentales, la mayor concentración se presenta en el horizonte subsuperficial (20 – 40 cm), mientras que Oroa (2019), encontró la mayor proporción de fósforo en los primeros 5 cm de profundidad del suelo, disminuyendo a medida que aumentaba la profundidad y disminuye el porcentaje de materia orgánica, coincidiendo con lo reportado por Hansel et al. (2017) quienes encontraron mayor proporción de fósforo en el horizonte superficial (0-10 cm), asociándolo con la mayor cantidad de materia orgánica presente (30 a 40 g/kg).

Por otro lado, Galantini, Suñer, y Iglesias (2007), señalan que el fósforo es un elemento de escasa movilidad, presentándose regularmente un mayor contenido en las capas superficiales, sin embargo, en los suelos de las áreas experimentales evaluadas, 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, el cual en esta forma orgánica 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, para la adecuada absorción de fósforo, el pH del suelo se encuentra cercano a la neutralidad, con valores entre 6 y 6.8. Por su parte Benton (2012), indica que a un pH por debajo de 5.5 la disponibilidad de elementos como el fósforo y el magnesio es menor, aumentando la concentración de Aluminio y Manganeso.

En los suelos de las áreas experimentales evaluadas, el pH obtenido indica que la disponibilidad de fósforo es limitada.

Sabrina et al. (2017), analizaron parámetros físicos y químicos en los primeros 25 cm de profundidad en suelos de plantaciones de palma aceitera, encontrando valores promedios de pH ácidos, una textura del suelo franco arenosa y un contenido de nitrógeno en un rango de 0.06% a 0.12%, mientras que para nuestra área experimental Bosque Palmar poco y muy denso, la textura resultó ser arcillosa, el pH del suelo ligeramente ácido y un mayor contenido de nitrógeno en un rango de 0.1134% a 0.21%.

Valores promedios del contenido de nitrógeno similares a los reportados en el área experimental de Bosque Palmar poco y muy denso fueron obtenidos por Marzukhi et al. (2016), evaluando las deficiencias de nutrientes en palmeras aceiteras mediante sensores remotos con un rango de 0.14% y 0.25 %, mientras que el contenido de fósforo obtenido en un rango de 7mg/Kg a 197 mg/Kg, difiere del encontrado en el suelo del Bosque Palmar poco y muy denso, con un rango de 4.83 mg/Kg a 5.83 mg/Kg.

Domínguez (2018), reporta Capacidad de Almacenamiento de Agua (CAA) para los suelos en Bosques Palmas baja densidad, valores desde 60.76% (0-20 cm) a 57.46% (20-40 cm) y promedios desde 64.03% (0-20 cm) a 60.76% (20-40 cm) en el área de Bosque Palmas alta densidad, difiriendo con el presente estudio, ya que se obtuvo mayor CAA al incrementar la profundidad en las áreas experimentales evaluadas, con valores promedios desde 78.95% (0-20 cm) a 94.13% (20-40 cm) para el Bosque Seco Abierto, 81.37% (0-20 cm) a 101.37% (20-40 cm) para el Bosque Palmar poco y muy denso, y 62.83% (0-20 cm) a 75.03% (20-40 cm) para el Bosque Manglar.

5. 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 Abierto 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 Abierto 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.