

CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA DEL HUMEDAL RAMSAR ISLA SANTAY

AUTORES:

José Hernández Rosas, Ph. D.
Ing. Tatiana Vera Segura.
Ing. Cristina Lara Merchán.
Ing. Angélica Matamoros Pluas.
Ing. Wilson Méndez Castro.
Ing. Rogers Santander Moreira.
Ing. Milena Morán-Pilay.

Caracterización Ecológica del Humedal Ramsar Isla Santay

AUTORES

JOSÉ HERNÁNDEZ-ROSAS, Ph. D.

Universidad Tecnológica ECOTECH, Universidad Central de Venezuela

Ing. TATIANA VERA SEGURA

Universidad Agraria del Ecuador

Ing. CRISTINA LARA MERCHÁN

Universidad Agraria del Ecuador

Ing. ANGÉLICA MATAMOROS PLUAS

Universidad Agraria del Ecuador

Ing. WILSON MÉNDEZ CASTRO

Universidad Agraria del Ecuador

Ing. ROGERS SANTANDER MOREIRA

Universidad Agraria del Ecuador

Ing. MILENA MORÁN PILAY

Universidad Agraria del Ecuador

Samborondón, Ecuador

2025

TÍTULO

Caracterización Ecológica del Humedal Ramsar Isla Santay

AUTORES

José Hernández-Rosas, Ph. D.
Universidad Tecnológica Ecotec, Universidad Central De Venezuela
johernandezr@ecotec.edu.ec

Ing. Tatiana Vera Segura.
Universidad Agraria Del Ecuador
tatiana.vera.segura@gmail.com

Ing. Cristina Lara Merchán.
Universidad Agraria Del Ecuador
cristylara0911@gmail.com

Ing. Angélica Matamoros Pluas.
Universidad Agraria Del Ecuador
angie.maplus9@gmail.com

Ing. Wilson Méndez Castro.
Universidad Agraria Del Ecuador
wmendezc94@gmail.com

Ing. Rogers Santander Moreira.
Universidad Agraria Del Ecuador
rxsm92@gmail.com

Ing. Milena Morán Pilay.
Universidad Agraria Del Ecuador
gilbymp@hotmail.com

AÑO

2025

EDICIÓN

Dirección de Investigación ECOTEC

ISBN: 978-9942-960-97-9

No. PÁGINAS 375

LUGAR DE EDICIÓN

Samborondón–Ecuador

DISEÑO DE CARÁTULA

Departamento de Marketing – Universidad Tecnológica ECOTEC

NOTA EDITORIAL

Los capítulos del presente libro son el resultado de investigaciones realizadas por parte de los autores con el objetivo de contribuir en el desarrollo académico de los estudiantes de grado y posgrado, tributando a la Línea de Investigación de "*Medio Ambiente y Sociedad*", de la Universidad ECOTEC. Los autores del libro tuvieron la responsabilidad de seleccionar dichas investigaciones científicas, tomando en consideración el impacto y relevancia de la información, en virtud de la difusión del conocimiento.

Contenido

Datos de los autores	19
Agradecimientos	20
Prólogo	22
Introducción	24
Capítulo I. Caracterización del Ambiente Físico del Humedal Ramsar Isla Santay	28
Resumen	28
1. Introducción	29
2. Materiales y Métodos.....	31
2.1. Área de Estudio.....	31
2.2. Trabajo de Campo.....	32
2.3. Métodos	33
3. Resultados.....	35
3.1. Características Posicionales.	35
3.2. Características Morfológicas	50
3.3. Características Composicionales.....	59
3.4. Análisis Estadístico	65
4. Discusión	69
5. Conclusiones	78
Capítulo II. Identificación y Cambios Temporales en la Cobertura de Isla Santay	80
Resumen	80
1. Introducción	81
2. Materiales y Métodos.....	83
2.1. Área de Estudio.....	83

2.2. Métodos y Técnicas	85
2.3. Análisis Estadístico	87
3. Resultados	89
3.1. Características Actuales de la Superficie de la Isla.....	89
3.2. Comparaciones de la Cobertura Entre los Años 1962 y 2016.....	91
3.3. Análisis del Cambio de la Cobertura de la isla en el Periodo 1962-2016	99
4. Discusión	102
5. Conclusiones	105
Capítulo III. Estructura y Diversidad de la Vegetación en los Bosques Manglar y Bosque Palmer.....	106
Resumen	106
1. Introducción	107
2. Materiales y Métodos.....	110
2.1. Área de estudio	110
2.2. Trabajo de Campo.....	110
3. Resultados.....	113
3.1. Listado e Identificación de las Especies de Plantas de la Vegetación, Presente en las Áreas de Estudio en la Isla Santay.....	113
3.2. Estimación de la Abundancia, Densidad, Frecuencia y Cobertura,..	114
Absoluta y Relativa de las Especies en las áreas Experimentales	114
3.3. Índice de Valor de Importancia IVI	122
3.4. Diversidad, Riqueza y Equidad	124
3.5. Estructura Física	127
3.6. Análisis Estadístico Inferencial.....	139
4. Discusión	147
5. Conclusiones	154

Capítulo IV. Estructura y Diversidad de la Vegetación del Bosque Seco Abierto y Herbazales	156
Resumen	156
1. Introducción	157
2. Materiales y Métodos	159
2.1. Área de Estudio	159
2.2. Trabajo de Campo	159
2.3. Determinación de la Estructura Biológica de la Vegetación	161
2.4. Determinación de la Estructura Física de la Vegetación	161
2.5. Análisis Estadístico	161
3. Resultados	162
3.1. Estructura Biológica del Bosque Abierto Disperso (Bosque Seco) y Herbazal de Isla Santay	162
3.2. Estructura Física del Bosque Abierto Disperso y del Herbazal de Isla Santay	181
3.3. Análisis Estadístico Inferencial	194
4. Discusión	197
5. Conclusiones	200
Capítulo V. Estructura y Diversidad de la Vegetación de Bosques de Palmas en Isla Santay Bajo dos Niveles de Perturbación con Énfasis en las Plantas Trepadoras	202
Resumen	202
1. Introducción	203
2. Materiales y Métodos	207
2.1. Área de Estudio	207
2.2. Trabajo de Campo	208
3. Resultados	211

3.1. Estructura Biológica de la Vegetación de Dos Áreas Perturbadas con Énfasis en la Synusia de Plantas Trepadoras.....	211
3.2. Estructura Física de la Vegetación con Énfasis en la Synusia de Plantas Trepadoras.....	238
3.3. Análisis Estadístico y Comprobación de Hipótesis.....	251
4. Discusión.....	254
5. Conclusiones.....	268
Capítulo VI. Estructura y Diversidad de Especies de Plantas Exóticas en Isla Santay	271
Resumen.....	271
1. Introducción.....	272
2. Materiales y Métodos.....	275
2.1. Área de Estudio.....	275
2.2. Trabajo de Campo.....	275
2.3. Determinación de la Estructura Biológica de la Synusia de Plantas Exóticas.....	277
2.4. Determinación de la Estructura Física de la Synusia de Especies de Plantas Exóticas.....	278
2.5. Análisis Estadístico.....	278
3. Resultados.....	279
3.1. Estructura Biológica de la Synusia de Especies Exóticas en Isla Santay.....	279
3.2. Estructura Física de la Synusia de Especies Exóticas en Isla Santay.....	295
3.3. Análisis Estadístico.....	304
4. Discusión.....	311
5. Conclusiones.....	316

Conclusiones	318
Recomendaciones	322
Referencias bibliográficas	324
Anexo I: Metodología para la Caracterización de la Vegetación	360
1. Tamaño del Área Muestral y Tipo de Muestreo	360
2. Recolección de Datos en el Campo.....	362
2.1. Observaciones de Campo.....	362
2.2. Determinación de la Estructura de la Vegetación	365
2.3. Análisis Estadístico	373

Índice de tablas

Tabla 1 Ubicación Geográfica de los Sitios de Muestreo.....	31
Tabla 2 Tratamientos y repeticiones por cada parcela experimental	33
Tabla 3 Características composicionales consideradas por determinar	35
Tabla 4 Balance hídrico de las áreas experimentales diferenciadas en comunidades vegetales.....	40
Tabla 5 Índices mesoclimáticos y clasificación del clima de las áreas experimentales.....	43
Tabla 6 Régimen de temperatura	46
Tabla 7 Propiedades morfológicas del suelo del área experimental Bosque Seco Abierto.....	52
Tabla 8 Propiedades morfológicas del suelo del área experimental Bosque Palmer muy denso y poco denso	54
Tabla 9 Propiedades Morfológicas del suelo del área Bosque Manglar	58
Tabla 10 Características composicionales de los suelos de las áreas experimentales.....	59
Tabla 11 Análisis de Varianza (ANOVA) comparando las características composicionales de los horizontes superficiales del suelo de las áreas experimentales.....	64

Tabla 12 Análisis de Tukey comparando las características composicionales de los horizontes superficiales de los suelos de las áreas experimentales	66
Tabla 13 Ubicación Geográfica de la Isla Santay	83
Tabla 14 Coordenadas de trabajo de campo	84
Tabla 15 Clases de Cobertura Vegetal año 2016	90
Tabla 16 Cambio de la cobertura de la superficie en el periodo 1962-1970	92
Tabla 17 Cambio de la cobertura de la superficie en el periodo 1970-1977	93
Tabla 18 Cambio de la cobertura de la superficie en el periodo 1977-1990	94
Tabla 19 Cambio de la cobertura de la superficie en el periodo 1990-2000	96
Tabla 20 Cambio de la cobertura de la superficie en el periodo 2000-2008	97
Tabla 21 Cambio de la cobertura de la superficie en el periodo 2008-2016	98
Tabla 22 Tasa Anual de Cambio de las clases de cobertura	100
Tabla 23 Tasa Anual de Cambio de los periodos 1962-2016	101
Tabla 24 Área de cobertura de las clases analizadas en la isla Santay	102
Tabla 25 Ubicación geográfica de los sitios de muestreo	110
Tabla 26 Especies monitoreadas en la parcela de bosque de Manglar	112
Tabla 27 Especies monitoreadas en la parcela de bosque de Palmas.....	114
Tabla 28 Patrón de Dispersión de las especies por estrato en el Bosque de Manglar	138
Tabla 29 Patrón de Dispersión de las especies por estrato en el Bosque de Palmas	139
Tabla 30 Comparación de la abundancia de individuos por estratos y total entre áreas	140
Tabla 31 Comparación de la abundancia de individuos entre estratos de las dos áreas	140
Tabla 32 Comparación de la densidad relativa de individuos por estratos entre áreas	141
Tabla 33 Comparación de la densidad relativa de individuos entre estratos de las áreas	142
Tabla 34 Comparación de la cobertura relativa de individuos por estratos entre áreas	142

Tabla 35 Comparación de la cobertura relativa de individuos entre los estratos por área.....	143
Tabla 36 Comparación de la frecuencia relativa de individuos por estratos entre áreas	143
Tabla 37 Comparación de la frecuencia relativa de individuos entre los estratos por área.....	144
Tabla 38 Comparación de la altura de individuos por estratos entre áreas ...	145
Tabla 39 Comparación de la altura de individuos entre los estratos por área	145
Tabla 40 Comparación del área basal de individuos por estratos entre áreas	146
Tabla 41 Comparación del área basal de individuos entre los estratos de cada área.....	147
Tabla 42 Coordenadas de zonas de estudio.....	159
Tabla 43 Listado y Taxonomía de las especies halladas en las áreas muestreadas.....	162
Tabla 44 Patrón de dispersión de las especies en el Bosque Abierto Disperso	192
Tabla 45 Patrón de dispersión de las especies en el Herbazal.....	193
Tabla 46 Comparación de los atributos de la vegetación entre áreas por estratos y total.....	195
Tabla 47 Comparación de los valores de los índices de diversidad entre áreas	196
Tabla 48 Comparación de las características de la vegetación entre estratos por área	196
Tabla 49 Ubicación geográfica de los sitios de muestreo	208
Tabla 50 Áreas para el muestreo y análisis de vegetación en isla Santay	209
Tabla 51 Listado de especies encontradas durante el muestreo.....	212
Tabla 52 Índices de diversidad de Simpson y de Shannon Wiener, Índice de equidad de Simpson y de Pielou, índice de diversidad de Margalef y Riqueza de especies de plantas trepadoras en el área de alta perturbación	232

Tabla 53 Índices de diversidad de Simpson y Shannon Wiener, Índice de equidad de Simpson y de Pielou, índice de diversidad de Margalef y Riqueza de especies de plantas trepadoras en el área de baja perturbación	232
Tabla 54 Índices de diversidad de Simpson y Shannon Wiener, Índice de equidad de Simpson y de Pielou, índice de diversidad de Margalef y Riqueza del total de especies de plantas en el área de alta perturbación	235
Tabla 55 Índices de diversidad de Simpson y Shannon Wiener, Índice de equidad de Simpson y de Pielou, Índice de diversidad de Margalef y Riqueza del total de especies de plantas en el área de baja perturbación	236
Tabla 56 Índice de Morisita de plantas trepadoras en el área de alta perturbación	248
Tabla 57 Índice de Morisita de plantas trepadoras en el área de baja perturbación	248
Tabla 58 Índice de Morisita de las especies presentes en el área de alta perturbación	249
Tabla 59 Índice de Morisita de las especies presentes en el área de en baja perturbación	250
Tabla 60 Análisis estadístico comparando los estratos, considerando los atributos de las plantas trepadoras, en cada una de las áreas con diferente nivel de perturbación	252
Tabla 61 Análisis estadístico comparando los atributos de las plantas trepadoras por estrato entre las dos áreas con diferente nivel de perturbación	252
Tabla 62 Análisis estadístico comparando los estratos, considerando los atributos de las plantas presentes en la vegetación, en cada una de las áreas con diferente nivel de perturbación	253
Tabla 63 Análisis estadístico comparando los atributos de las especies de plantas en la vegetación por estrato entre las dos áreas con diferente nivel de perturbación	254
Tabla 64 Ubicación geográfica de los sitios de muestreo	275
Tabla 65 Listado de las especies exóticas y nativas encontradas en las áreas de muestreo de alta y baja perturbación	279

Tabla 66 Imágenes de las especies de plantas exóticas encontradas en las áreas de muestreo	280
Tabla 67 Listado de las especies exóticas y nativas encontradas en el muestreo realizado a lo largo de la transecta.....	282
Tabla 68 Especies de plantas exóticas encontradas en el muestreo a lo largo del transecto	284
Tabla 69 Patrón de dispersión de las plantas exóticas determinados por el índice de Morisita ($I\delta$), en el área de Alta Perturbación	302
Tabla 70 Patrón de dispersión de las plantas exóticas determinados por el índice de Morisita ($I\delta$), en el área de Baja Perturbación	303
Tabla 71 Comparación de la abundancia de individuos de la synusia de plantas exóticas por estratos y total entre las áreas experimentales.....	304
Tabla 72 Comparación de la abundancia de individuos de la synusia de plantas exóticas entre estratos de las áreas experimentales.....	305
Tabla 73 Comparación de la frecuencia relativa promedio de especies de la synusia de plantas exóticas por estratos y total entre las áreas experimentales.....	306
Tabla 74 Comparación de la frecuencia relativa promedio de especies de la synusia de plantas exóticas entre estratos de las áreas experimentales.....	307
Tabla 75 Comparación de la frecuencia relativa promedio de especies de la synusia de plantas exóticas entre estratos de las áreas experimentales.....	308
Tabla 76 Comparación de la densidad relativa promedio de especies de la synusia de plantas exóticas entre estratos de las áreas experimentales.....	309
Tabla 77 Comparación de la riqueza de especies de la synusia de plantas exóticas por estratos y total entre las áreas experimentales.....	309
Tabla 78 Comparación de la riqueza de especies de la synusia de plantas exóticas entre estratos de las áreas experimentales.....	310
Tabla 79 Comparación de la diversidad especies de la synusia de plantas exóticas entre las áreas experimentales	311

Índice de figuras

Figura 1 Puntos de Muestreo del Suelo del Humedal Ramsar Isla Santay	32
---	----

Figura 2 Mapa geológico de las formaciones Cayo y Guayaquil.....	37
Figura 3 Climadiagrama de Gausson de la región en estudio	40
Figura 4 Balances Hídricos de las áreas experimentales.....	42
Figura 5 Evidencia del hidromorfismo en varios suelos en isla Santay	44
Figura 6 Aspecto de la vegetación asociada a suelos con bajo nivel de humedad	45
Figura 7 Imágenes mostrando características de la superficie del suelo de áreas con Régimen Acuico	47
Figura 8 Vegetación hidrófita en condición de hidromorfismo	48
Figura 9 Aspecto general del Bosque Seco Abierto y su suelo	50
Figura 10 Aspecto general del Bosque Abierto Disperso (a) y perfil del suelo (b).....	51
Figura 11 Elementos pedregosos gruesos presentes en el perfil.....	53
Figura 12 Aspectos morfológicos del suelo del Bosque Abierto Disperso.....	54
Figura 13 Aspecto general del Bosque Palmas muy denso (a) y perfil del suelo (b).....	56
Figura 14 Imagen del horizonte del suelo del Bosque Palmas.....	57
Figura 15 Imagen del suelo del área experimental Bosque Manglar.....	58
Figura 16 Propiedades físicas de los suelos de las áreas experimentales evaluadas.....	60
Figura 17 Propiedades químicas de los suelos de las áreas experimentales evaluadas.....	62
Figura 18 Diagrama de cajas mostrando el resultado del Análisis a posteriori de Tukey	67
Figura 19 Ubicación del área de estudio, señalando los puntos de control de campo	84
Figura 20 Cobertura de la superficie de Isla Santay del año 2016	89
Figura 21 Imágenes de la Isla Santay de los años 1962 (a) y 1970 (b) procesadas	91
Figura 22 Imágenes de la isla Santay de los años 1970 (a) y 1977 (b) procesadas	92

Figura 23 Imágenes de la isla Santay de los años 1977 (a) y 1990 (b) procesadas	95
Figura 24 Imágenes de la isla Santay de los años 1990 (a) y 2000 (b) procesadas	95
Figura 25 Imágenes de la isla Santay de los años 2000 (a) y 2008 (b) procesadas	97
Figura 26 Imágenes de la isla Santay de los años 2008 (a) y 2016 (b) procesadas	99
Figura 27 Ubicación espacial de las unidades de vegetación estudiadas	109
Figura 28 Abundancia de individuos de especies en el Bosque de Manglar	115
Figura 29 Abundancia de individuos de especies en el Bosque de Palmas	116
Figura 30 Densidad relativa de especies en el Bosque de Manglar	117
Figura 31 Densidad relativa de especies en el Bosque de Palmas	118
Figura 32 Cobertura relativa de especies en el Bosque de Manglar	119
Figura 33 Cobertura relativa de especies en el Bosque de Palmas	120
Figura 34 Frecuencia relativa de especies en el Bosque de Manglar	120
Figura 35 Frecuencia relativa de especies en el Bosque de Palmas	121
Figura 36 Índice de Valor de Importancia de las especies en el Bosque de Manglar	122
Figura 37 Índice de Valor de Importancia de vegetación en el Bosque de Palmas	123
Figura 38 Índices de Diversidad de los estratos del Bosque de Manglar	124
Figura 39 Índice de Riqueza de los estratos del Bosque de Manglar	125
Figura 40 Índices de Equidad de los estratos del Bosque de Manglar	125
Figura 41 Índices de Diversidad de los estratos del Bosque de Palmas	126
Figura 42 Índice de Riqueza de Simpson de los estratos del Bosque de Palmas	127
Figura 43 Índices de equidad de los estratos del Bosque de Palmas	127
Figura 44 Clases de Área basal por estrato en el Bosque de Manglar	128
Figura 45 Clases de Área basal por estrato en el Bosque de Palmas	128
Figura 46 Clases de Alturas en los estratos de las áreas experimentales	129

Figura 47 Simbología de las especies de plantas representadas en los perfiles de vegetación.....	130
Figura 48 Perfil de la vegetación del Bosque de Manglar	131
Figura 49 Perfil de la vegetación del Bosque de Palmas	132
Figura 50 Espectro de forma de vida de la vegetación del Bosque de Manglar	133
Figura 51 Espectro de hábitos de crecimiento de la vegetación del Bosque de Manglar	134
Figura 52 Espectro de forma de vida de la vegetación del Bosque de Palmas	134
Figura 53 Espectro de hábitos de crecimiento de la vegetación del Bosque de Palmas	135
Figura 54 Espectro de tamaño de hojas de especies de plantas encontradas.....	136
Figura 55 Espectro de tipo y arreglos de hojas de las especies de plantas encontradas.....	137
Figura 56 Espectro de tipo de Ápice y base de la hoja de las especies de plantas encontradas.....	137
Figura 57 Ubicación espacial de las unidades de vegetación estudiadas	160
Figura 58 bundancia de individuos de las especies en el Bosque Abierto Disperso	169
Figura 59 Abundancia de individuos de las especies en el Herbazal	170
Figura 60 Densidad relativa de las especies en el Bosque Abierto Disperso	171
Figura 61 Densidad relativa de las especies en el Herbazal	172
Figura 62 Frecuencia relativa de las especies en el área de Bosque Abierto Disperso	173
Figura 63 Frecuencia relativa de las especies en el Herbazal.....	174
Figura 64 Cobertura relativa de las especies en el Bosque Abierto Disperso	175
Figura 65 Cobertura relativa de las especies en el área de Herbazal	176
Figura 66 Índice de Valor de Importancia (I.V.I.300) de las especies en el Bosque Abierto Disperso.....	177

Figura 67 Índice Valor Importancia (I.V.I.300). de las especies en el Herbazal.....	178
Figura 68 Abundancia de individuos y riqueza de especies en las áreas de estudio.....	179
Figura 69 Diversidad y equidad en las áreas de estudio	181
Figura 70 Alturas promedio de las especies en las áreas experimentales	182
Figura 71 Clases de altura para la vegetación de las áreas experimentales.	183
Figura 72 Áreas basales promedio de las especies en las áreas experimentales..	184
Figura 73 Clases de área basal para la vegetación de las áreas experimentales.....	185
Figura 74 Espectro de hábito de crecimiento por estratos en las áreas experimentales	186
Figura 75 Espectro del tipo de hojas de las especies por estratos en las áreas experimentales	187
Figura 76 Espectro de tipo de ápice y base de la hoja de las especies por estratos en las áreas experimentales.....	188
Figura 77 Simbología de las especies representadas en los perfiles de vegetación.....	189
Figura 78 Perfil de la vegetación del Bosque Abierto Disperso	190
Figura 79 Perfil de vegetación del Herbazal.....	191
Figura 80 Ubicación de las áreas de estudio.....	208
Figura 81 Abundancia de individuos de las especies de plantas trepadoras por estrato	213
Figura 82 Abundancia de individuos del total de las especies de plantas por estrato	214
Figura 83 Frecuencia relativa de las especies de plantas trepadoras por estrato	217
Figura 84 Frecuencia relativa del total de las especies de plantas por estrato	219
Figura 85 Densidad relativa de las especies de plantas trepadoras por estrato	221

Figura 86 Densidad relativa del total de las especies de plantas por estrato	223
Figura 87 Cobertura relativa de las especies de plantas trepadoras por estrato	225
Figura 88 Cobertura relativa del total de las especies de las especies por estrato	227
Figura 89 Índice de Valor de Importancia de las especies de trepadoras por estrato	229
Figura 90 Índice de Valor de Importancia del total de las especies de plantas por estrato	230
Figura 91 Índices de diversidad de Simpson, índices de diversidad de Shannon Wiener, Índice de equidad de Simpson, Índice de equidad de Pielou, índice de diversidad de Margalef y riqueza para las plantas trepadoras por estratos ...	233
Figura 92 Índices de diversidad de Simpson, índices de diversidad de Shannon Wiener, índice de equidad de Simpson, índice de equidad de Pielou, índice de diversidad de Margalef y riqueza de especies para la vegetación por estratos	237
Figura 93 Histogramas de clases de altura para las especies de plantas trepadoras por estrato	239
Figura 94 Histogramas de clase de altura para el total de las especies de plantas por estrato	240
Figura 95 Histogramas del área basal para las especies de plantas trepadoras por estrato	242
Figura 96 Histogramas del área basal para el total de las especies de plantas por estrato	243
Figura 97 Perfil de la vegetación del área de alta perturbación.....	245
Figura 98 Perfil de la vegetación del área de baja perturbación.....	247
Figura 99 Mapa de ubicación del área de estudio	276
Figura 100 Índice de valor de importancia (I.V.I.) de las especies de plantas exóticas en el Estrato Inferior de alta (A.P.) y baja (B.P.) perturbación.....	285
Figura 101 Índice de valor de importancia (I.V.I.) de las especies de plantas exóticas en el Estrato Medio de alta (A.P.) y baja (B.P.) perturbación	286

Figura 102 Índices de valor de importancia (I.V.I.) de las especies de plantas exóticas en el Estrato Superior de alta (A.P.) y baja (B.P.) perturbación	287
Figura 103 Índice de valor de importancia (I.V.I.) de las especies de plantas exóticas en el área total de alta (A.P.) y baja (B.P.) perturbación	288
Figura 104 Abundancia de individuos y Riqueza de especies de plantas exóticas por estratos y total para ambas áreas	289
Figura 105 Riqueza de especies y abundancia de individuos de plantas exóticas en los tramos y el total del muestreo en transecto	290
Figura 106 Diversidad y equidad en las áreas de estudio A.P. y B.P. por estrato y total de la synusia de plantas exóticas	291
Figura 107 Diversidad y equidad de la synusia de plantas de exóticas en los tramos y total del muestreo realizado en transecto	293
Figura 108 Alturas promedio de la synusia de plantas exóticas por estrato en el área de Alta Perturbación.....	295
Figura 109 Alturas promedio de la synusia de plantas exóticas por estrato en el área de Baja Perturbación.....	296
Figura 110 Simbología de las especies de plantas exóticas y nativas representadas en los perfiles de vegetación	297
Figura 111 Perfil de la vegetación del área experimental de alta perturbación	297
Figura 112 Perfil de la vegetación del área experimental de baja perturbación	298
Figura 113 Espectro de forma de vida (A) y de hábito de crecimiento (B) de la synusia de plantas exóticas.....	299
Figura 114 Espectro de tamaño de hojas (A) y de tipo de hojas (B) de la synusia de plantas exóticas.....	300
Figura 115 Espectro de tipo de Ápice y base de la hoja de la synusia de plantas exóticas presentes por estrato en las dos áreas de experimentación	301
Figura 116 Estratificación Vertical de comunidades vegetales.....	361
Figura 117 Diseño de parcelas para muestreo sistemático estratificado.....	362

Datos de los autores

José Hernández-Rosas, Ph. D.

Licenciado en Biología, U.C.V. (1980), Doctor en Ciencias, U.C.V. (1995), Docente - Investigador Titular (J) Facultad de Ciencias (UCV, 1980-2013), Docente - Investigador Titular Facultad de Ciencias Agrarias (UAE, 2015-2023) y Docente – Investigador Contratado Facultad de Ingenierías, Arquitectura y Ciencias de la Naturaleza (ECOTEC, 2023-actual), con experiencia profesional desde el año 1976. Investigación y Docencia en Ecología, desarrollando 55 proyectos de investigación, con más de 60 Tesis dirigidas, 120 presentaciones en congresos y 50 publicaciones nacionales e internacionales. PEI Nivel A y PPI Nivel I. Orden José María Vargas. (Medalla, 2008). Investigador Agregado (SENESCYT, 2017).

Ing. Tatiana Vera Segura.

Ingeniera Ambiental, U.A.E. (2022). Profesional libre ejercicio. Asistente administrativo, PESACGRI S.A./PROMARFRUT S.A. Puna.

Ing. Cristina Lara Merchán.

Ingeniera Ambiental, U.A.E. (2018). Profesional libre ejercicio. Técnica Ambiental en PLANETA SOSTENIBLE EC. Guayaquil.

Ing. Angélica Matamoros Pluas.

Ingeniera Ambiental, U.A.E. (2018). Profesional libre ejercicio. Directora Ejecutiva Manta Tech. Manta.

Ing. Wilson Méndez Castro.

Ingeniero Ambiental, U.A.E. (2018). Profesional libre ejercicio. MsC Supply Chain Management & Logistics | CSCM | Scrum Master & Product Owner. AB InBev. Cervecería Nacional. Guayaquil.

Ing. Rogers Santander Moreira.

Ingeniero Ambiental, U.A.E. (2020). Profesional libre ejercicio. Encargado de la seguridad, salud ocupacional y medioambiente en IMETECO en la ciudad de Guayaquil.

Ing. Milena Morán Pilay.

Ingeniera Ambiental, U.A.E. (2021). Profesional libre ejercicio. Docente de la Unidad Educativa Madrid. Guayaquil.

Agradecimientos

Mi agradecimiento para con los Ingenieros Tatiana Vera Segura, Cristina Lara Merchán, Angélica Matamoros Pluas, Wilson Méndez Castro, Rogers Santander Moreira, Milena Morán Pilay, mis tesisas y coautores de esta obra. Al personal del MAE destacada en el Área Nacional Recreacional isla Santay y El Gallo, y al motor de mi vida, mis Hijos Aira y Rafa.
José Hernández Rosas, PhD.

A mis padres, mis compañeros y amigos, a los guardianes de Santay, a mis docentes y a mi tutor por sus enseñanzas. Gracias a todos.
Ing. Tatiana Vera Segura

A mis padres, a mi hermana de corazón Yuly Domínguez†, a los profesores que me guiaron en mi formación profesional y a mi tutor que siempre me impulso en este logro.
Ing. Cristina Lara Merchán

A mis hijos Tiago y Amin, mi esposo, mis padres, mis hermanos, mis amigos y compañeros de vida, a todos mis profesores en especial al Doctor Hernández por sus enseñanzas en mi proceso de formación profesional. Gracias.
Ing. Angélica Matamoros Pluas

A Dios, a mi esposa Sara, a mi querido hijo Tomás, a mis padres y hermanas por todo lo que ello representa, a mis colegas universitarios, a los docentes y al maestro tutor, que con su estímulo y conocimientos me guio en esta etapa de mi formación académica.
Ing. Wilson Méndez Castro

Con profundo amor a Dios que me da vida, a mis padres quienes siempre me impulsaron y motivaron a seguir adelante, a los profesores de la Universidad Agraria del Ecuador y a mi Profesor el Doctor Hernández Rosas por guiarme en mi tesis.
Ing. Rogers Santander Moreira

A mi madre, a mis alumnos del colegio, a mis amigos y compañeros de campo,
a los guías de isla Santay y al Doctor Hernández Rosas, por su paciencia y
dedicación demostrada durante la tutoría de este trabajo.

Ing. Milena Morán Pilay

Prólogo

En el año 2015, llegando a Guayaquil, visito la isla Santay por tratarse de un área protegida denominada “Área Nacional Recreacional isla Santay y El Gayo, que además es reconocida como en la Convención RAMSAR con el número 1041, por ser un refugio de aves incluidas en el libro rojo y poseer algunos de los parches de bosque de manglar del inicio del estuario del río Guayas, cuya ubicación en las inmediaciones de la ciudad de Guayaquil, le asignan un considerable valor agregado para la realización de investigación científica (Ministerio del Ambiente de Ecuador [MAE], 2015, 2019; Ramsar, 2015).

En esta isla, durante muchos años se desarrollaban actividades agrícolas del sector arrocero y del sector camaronero en casi la totalidad de su superficie hasta la década de los años 60, donde fueron suspendidas, a partir de entonces, se ha producido una recuperación de la cobertura vegetal de la isla y de algunos recursos faunísticos.

Estudios preliminares aportan información sobre los recursos y características ecológicas que posee la isla, como los reportados por Jaramillo et al. (2002, 2008), además de algunas observaciones que permitieron exponer inicialmente aspectos importantes sobre las condiciones en las que se encuentran la superficie de la isla, permitiendo el desarrollo de investigaciones parciales que han sido publicadas, como la de Ayala et al. (2016), donde se exponen diferentes avances en la exploración de los atributos de una especie exótica presente en la isla, *Roystonea oleracea*, de la cual, Herrera et al. (2017a) evalúan su potencial como especie invasora en el territorio ecuatoriano utilizando modelación matemática.

Posteriormente se realizan un importante número de investigaciones específicas, asociadas al impacto de la presencia de la palma imperial (*R. oleracea*), sobre otros organismos y sobre ella misma como el relacionado con la presencia de un caracol exótico (Solano Decker y Hernández Rosas, 2022), o las relaciones existentes entre micorrizas y varios grupos de plantas como las trepadoras más importantes (Bermeo, Ayala y Hernández Rosas, 2022), las micorrizas asociadas a la palma imperial (Bernardino Piguave y Hernández

Rosas, 2024), o la caracterización de las comunidades microbianas asociadas a rizosfera de *R. oleracea* (Andrade, Mafla, Ávila y Hernández, 2024), así como también un estudio de los visitantes florales y polinizadores presentes en la isla (Rodríguez Ceballos, A. y Hernández Rosas, 2024). También hemos hecho avances con relación al papel de algunas especies nativas e introducidas en la captura de carbono en la región Costa del Ecuador, particularmente en el humedal Ramsar de isla Santay (Hernández Rosas et al. 2022). Otros autores han publicado algunos estudios, en los cuales no he participado directamente.

Otros estudios en los cuales hemos participado activamente y son la fuente de la información que se utiliza en esta publicación, que pretende ser parte de una colección que se inicia con la presente como un primer volumen, donde presentamos las características del ambiente físico y de la vegetación presente en la isla, seguido de otros dos volúmenes, los cuales versarán sobre los atributos e la palma imperial (*R. oleracea*) que contribuyen a su éxito como organismo invasor en isla Santay y un tercer volumen que aportará información sobre la presencia de organismos del suelo presentes en el humedal de isla Santay.

Claro está, que estos aportes contribuirán con la actualización del Plan de Manejo del Área Nacional de Recreación isla Santay y El Gallo, que deberá ser articulado y dirigido por el Ministerio del Ambiente del Ecuador, según sea su debida consideración.

Introducción

Dentro de la historia de la isla se conoce que el libertador Simón Bolívar se asentó en ella, cuando convalecía enfermo. Y en ella redactó el borrador del tratado de Guayaquil, suscrito el 22 de septiembre de 1829. Ya que la isla se encuentra entre Guayaquil y Durán, se creía que existiese la probabilidad de que hubiera sitios arqueológicos de algunas culturas como la Huancavilca, Milagro Quevedo, Punaes (Jaramillo et al. 2008).

Según Rodríguez et al. (1995), en el año 40 la isla se destacó por su producción ganadera y arrocera, la cual contribuyó con cambios profundos en la vegetación natural de la isla. Dentro del sitio se encontraban 7 haciendas que luego fueron expropiadas en los primeros años de la década de 1980. En el año de 1990, la Organización No Gubernamental (ONG) “Comité Ecológico del Litoral”, organización ambientalista de Guayaquil, hizo un proyecto de fortalecimiento, lo que ayudó a que se creará la Asociación de Pobladores, “San Jacinto de Santay”.

El principal objetivo de esta asociación era que la isla fuese reconocida para su conservación, no solo a nivel local, regional y nacional, sino que, por sus características ecológicas y su conservación, se la reconozca internacionalmente como sitio Ramsar, lo que fue logrado mediante decreto del 31 de octubre del año 2000, siendo el 6° sitio Ramsar del Ecuador (Jaramillo et al. 2008).

Mediante el Acuerdo Ministerial N° 021 suscrito el 20 de febrero del 2010, el Ministerio de Ambiente declara a la Isla Santay y El Gallo como Patrimonio Nacional de Áreas Protegidas dentro de la categoría de Área Nacional de Recreación. El humedal Santay, pertenece al cantón Durán, tiene una extensión total de 4705 hectáreas, de las que corresponden 2179 hectáreas a la isla y 2505 a sus aguas circundantes y bancos de área (Jaramillo et al. 2008).

Dentro de la isla se registraron 60 especies de plantas de 43 familias, entre especies nativas, endémicas, introducidas y amenazadas (Jaramillo et al. 2002), de las cuales, de gran importancia para la convención internacional Ramsar, se encuentran las siguientes:

- Mangle rojo (*Rhizophora harrisonii*, *Rhizophora mangle*)
- Mangle jolí (*Conocarpus erectus*)
- Palo prieto (*Erythrina glauca*)
- Porotillo (*Erythrina smithiana*)
- Guarumo (*Cecropia obtusifolia*)
- Beldaco (*Pseudobombax mille*)
- Guachapelí (*Albizia guachapele*)

La Isla Santay en conjunto con la isla el Gallo y las superficies aledañas fueron decretadas en el año 2010 como un Área Nacional de Recreación reconocida como un modelo de conservación y recreación, donde su principal objetivo es garantizar la biodiversidad de sus ecosistemas. La isla es considerada un humedal tipo marino/costero (Jaramillo et al. 2008), sobre el cual se han realizados estudios preliminares de los recursos naturales que en él se encuentran.

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 (Montaño et al., 2018). A nivel internacional se aprecian estudios recientes como los llevados por Sreelekshmi et al. (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, por ejemplo, investigaciones realizadas por Calle et al. (2011); Neri et al. (2012) y Arruda et al. (2015).

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 (Heynes Silerio et al., 2017) 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, Cáceres (2017) en las Provincias de Imbabura y Pichincha, evaluó algunas propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo en plantaciones de *Pinus radiata* ubicadas en Zuleta, así como el estudio realizado por Plaza (2018) del 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 et al. 2002), a pesar de su diversidad biológica y ser reconocida como un Área Nacional de Recreación (Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE], 2011) y humedal Ramsar (Jaramillo et al. 2008) 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 de la Isla Santay tenemos los realizados por Domínguez (2018) y Vera (2022), quienes evaluaron las características del ambiente físico que favorecerían el establecimiento y

desarrollo de varios tipos de vegetación en diferentes áreas en la isla y que son considerados en el Capítulo I de esta publicación.

En cuanto a la vegetación, inicialmente Lara (2018), analiza los cambios que han ocurrido en la superficie de la isla a partir de la interrupción de las actividades productivas industriales en la misma, aproximadamente en los años sesenta del siglo pasado y la distribución actual con la caracterización amplia de las diferentes unidades de cobertura, la cual presentamos en el Capítulo II.

En los Capítulos II, IV y V, presentamos la caracterización de la estructura biológica y física de varias de las comunidades de planta presentes en la isla, a partir de la información producida por Santander (2020), para el Bosque Manglar, como el bosque con la menor presencia de palma imperial (*R. oleracea*) y el Bosque Palmar, un bosque donde la palma imperial es la especie más importante, ambos en el Capítulo III.

En el Capítulo IV, basados en la información producida por Morán (2021), para el Bosque Abierto Disperso (Bosque Seco) y el Herbazal, otras dos comunidades que encontramos en la región central de la isla, mientras que con los aportes de Méndez (2018), elaboramos el Capítulo V, para dos bosques con diferente niveles de perturbación determinado por la presencia de densidades poblacionales de la palma imperial contrastantes, haciendo énfasis en la *synusia* de plantas trepadoras, como un elemento importante en la recuperación de natural de bosques.

Por último, en el Capítulo VI, consideramos los aportes de Matamoros (2018), con relación a un componente muy importante de la vegetación asociado a los diferentes niveles de perturbación definidos por la presencia de la palma imperial, las cuales se corresponden con las especies exóticas, su estructura biológica y física.

De esta forma se pretende presentar la Caracterización Ecológica del humedal Ramsar isla Santay.

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: 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), 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 edáficos, 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).

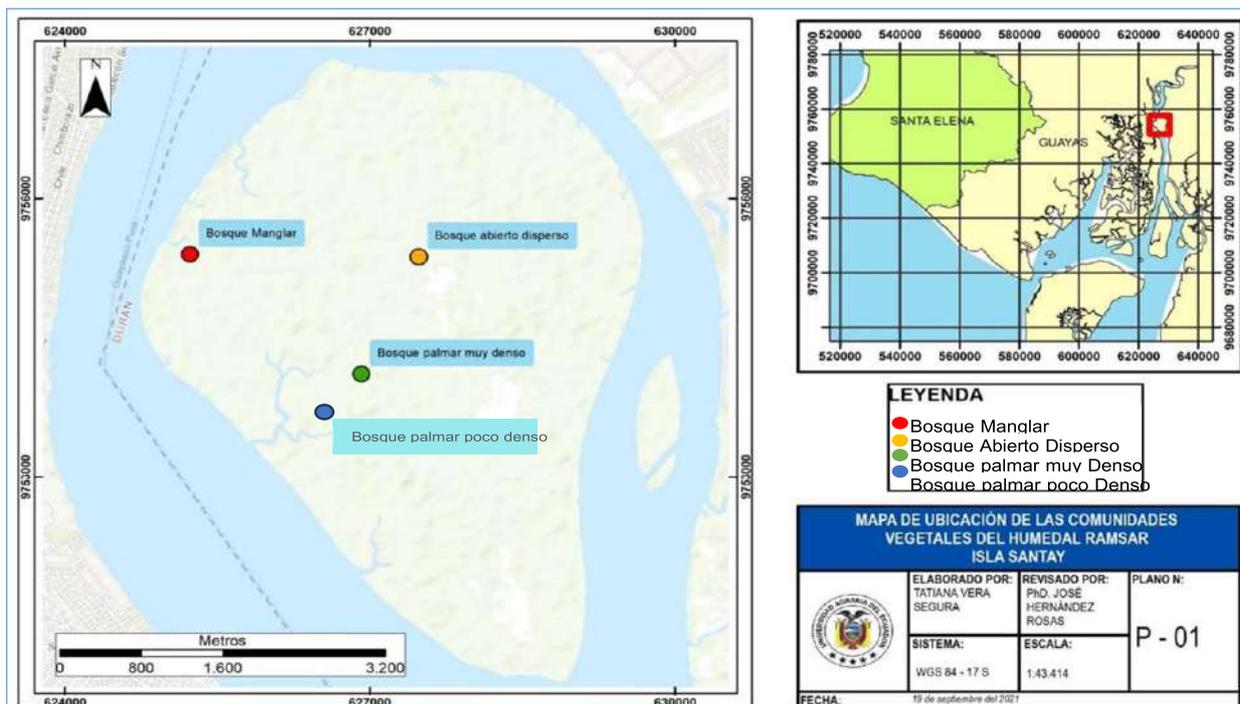
En la Figura 1, se representan cartográficamente la ubicación de los puntos de muestreo.

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).

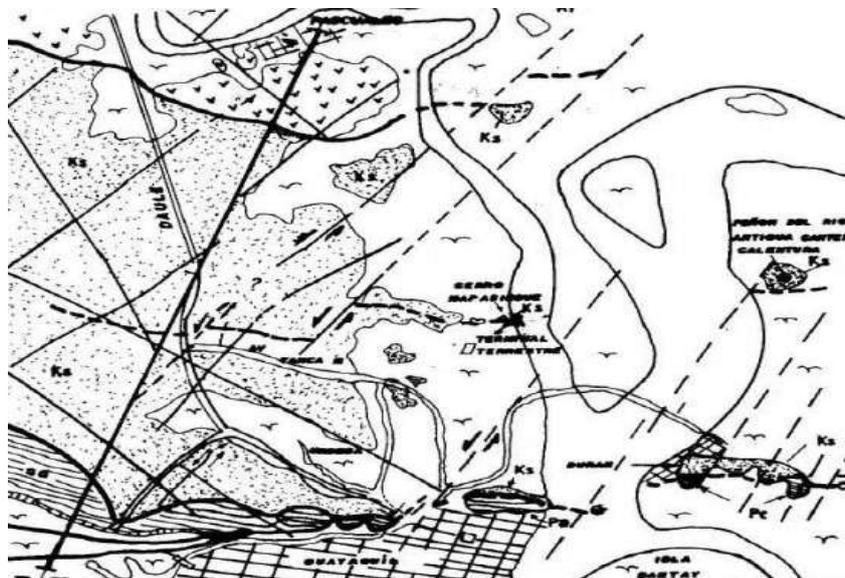
Este humedal ha tenido variaciones en su formación, como las descritas por Wolf en 1892, como de mucha relevancia por sus acumulaciones aluviales, detallando que estas características dificultan el paso del río al fraccionarlo en dos brazos (Rodríguez et al., 1995).

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

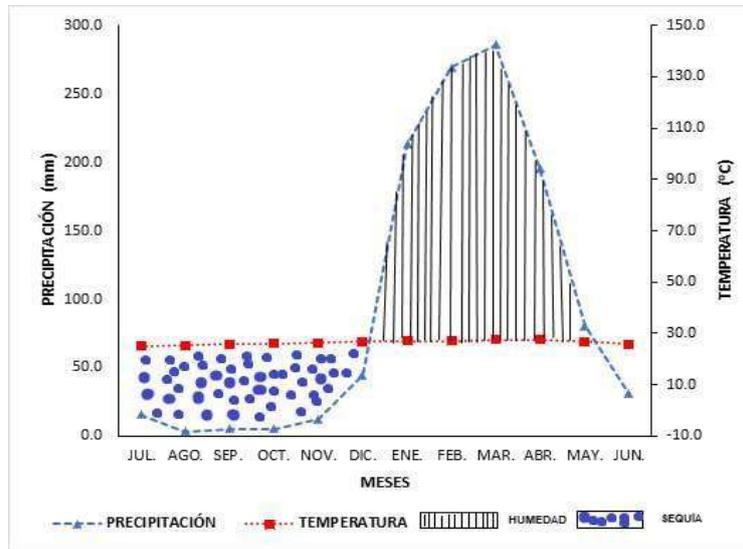
3.1.2.1. Clima General (Climadiagrama de Gaussen)

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.

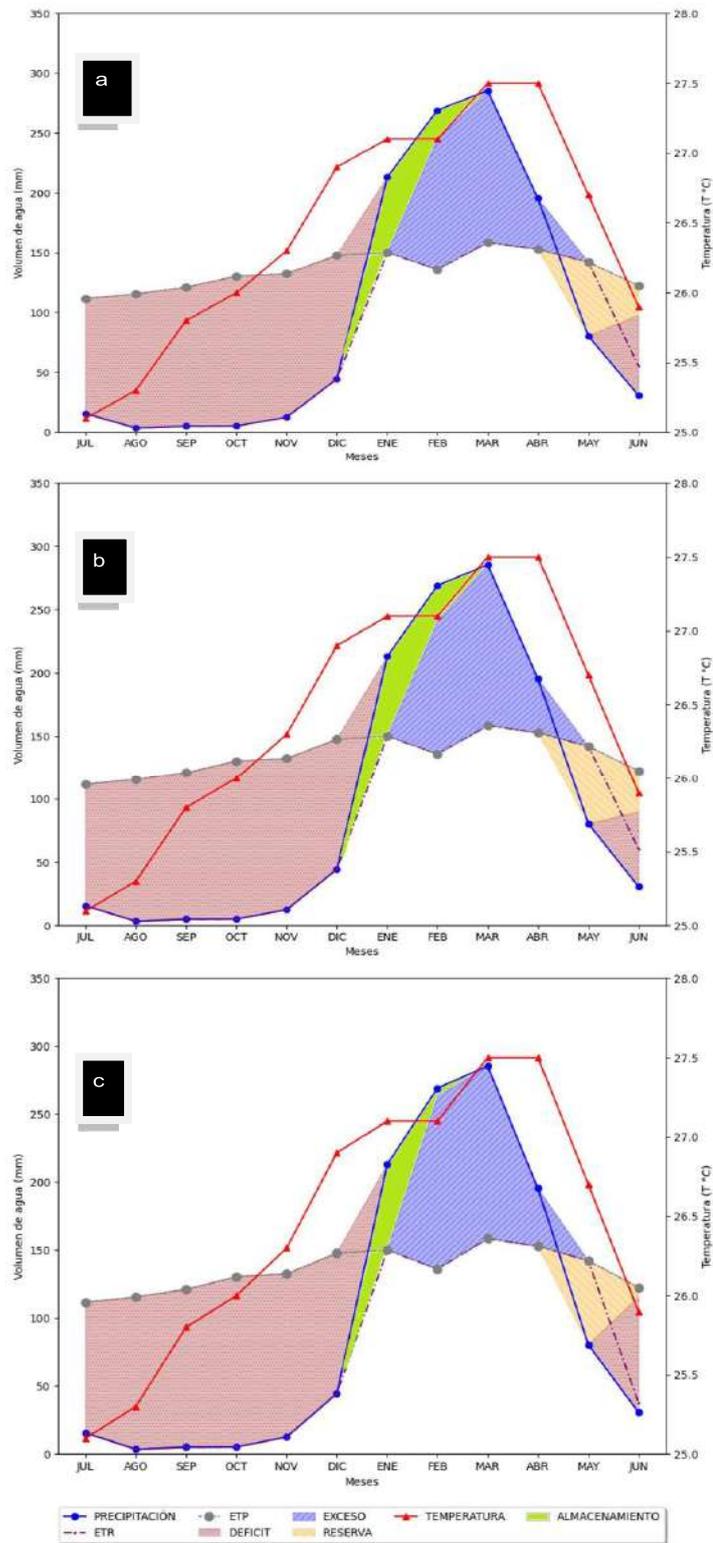
Los meses en los que la evapotranspiración alcanza valores máximos coinciden con los periodos de mayor precipitación, además de presentar un alto déficit hídrico entre los meses de junio a diciembre, mientras que entre los meses de enero a mayo no se evidencia. Entre los meses de febrero a abril se presenta 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



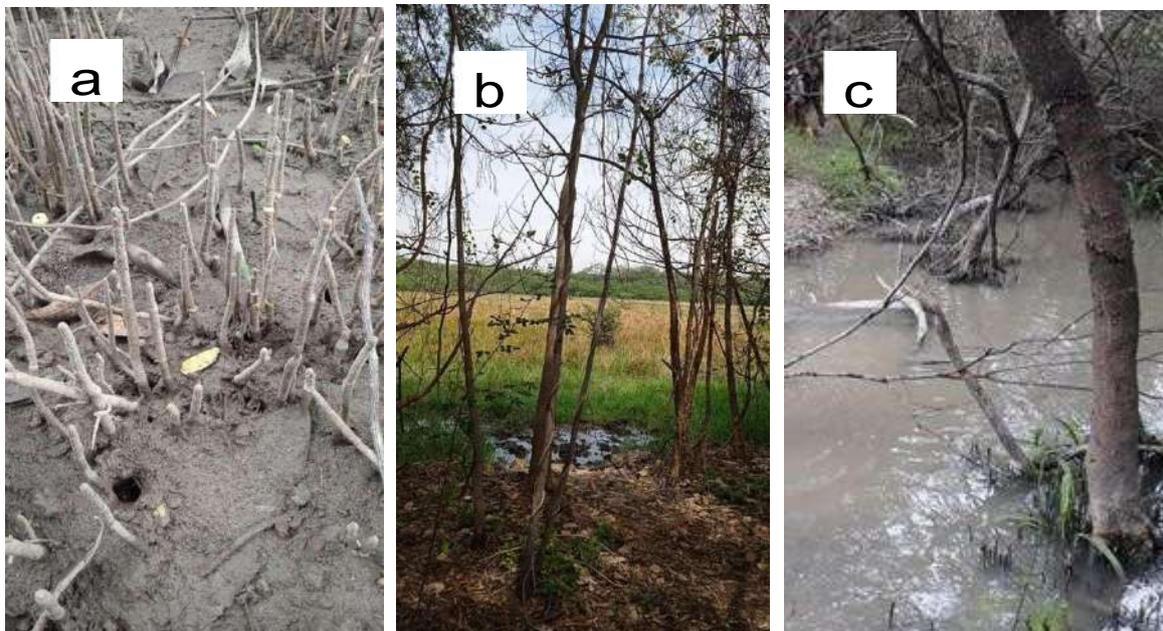
Nota. Moteados (a, b) y Lámina de agua en marea alta © (Vera, 2022).

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 microbiológica 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

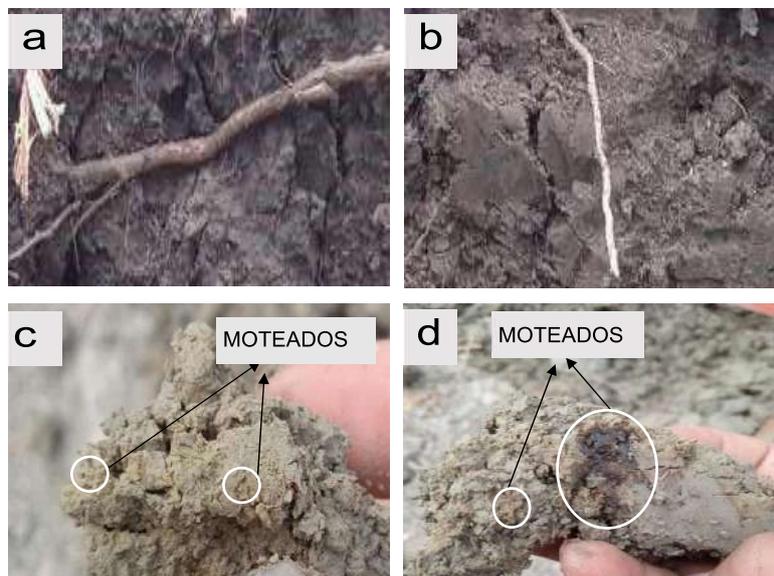


Nota. Fuente: Vera (2022).

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.

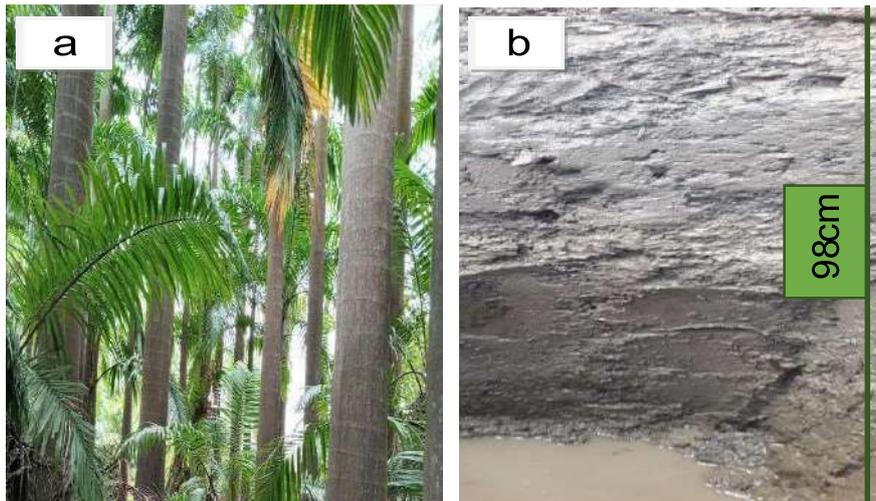
La máxima profundidad alcanzada fue de 98 cm, como se observa en la Figura 13 B, situado en las inmediaciones de la parcela de experimentación, cubierta preponderantemente por palmas (*Roystonea oleracea*), la cual comparte el mismo hábitat que la vegetación del manglar y que se ha desarrollado de manera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



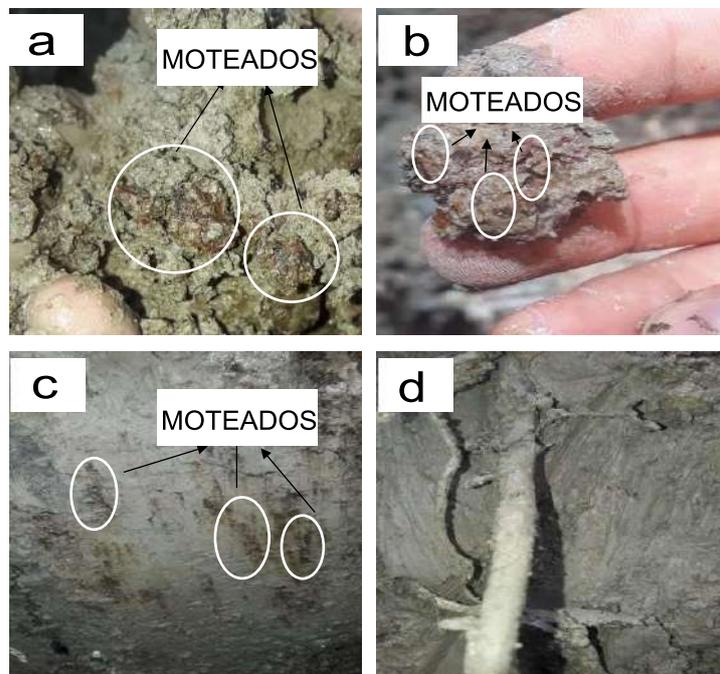
Nota. Fuente: Vera (2022).

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)

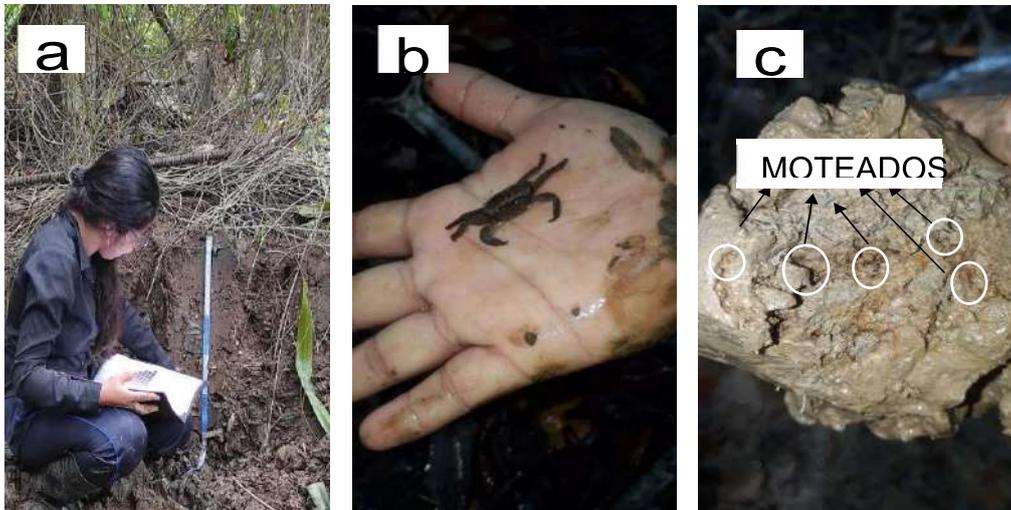
El horizonte C (77- 98+ cm) continuo con una estructura de bloques, horizonte tendiente a formar estructuras de carácter débil de tonalidad (10YR 7/8). Las raíces fueron raras o escasas a una profundidad de 98 cm, justo sobre el nivel freático, con una matriz de color uniforme (sin moteados). De textura 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	Grietas			Raíces			Estructura	Moteado		Color de Matiz		Consistencia	Textura más probable	Mat. Org	Morfores
			Grueso	Ancho	Longitud	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

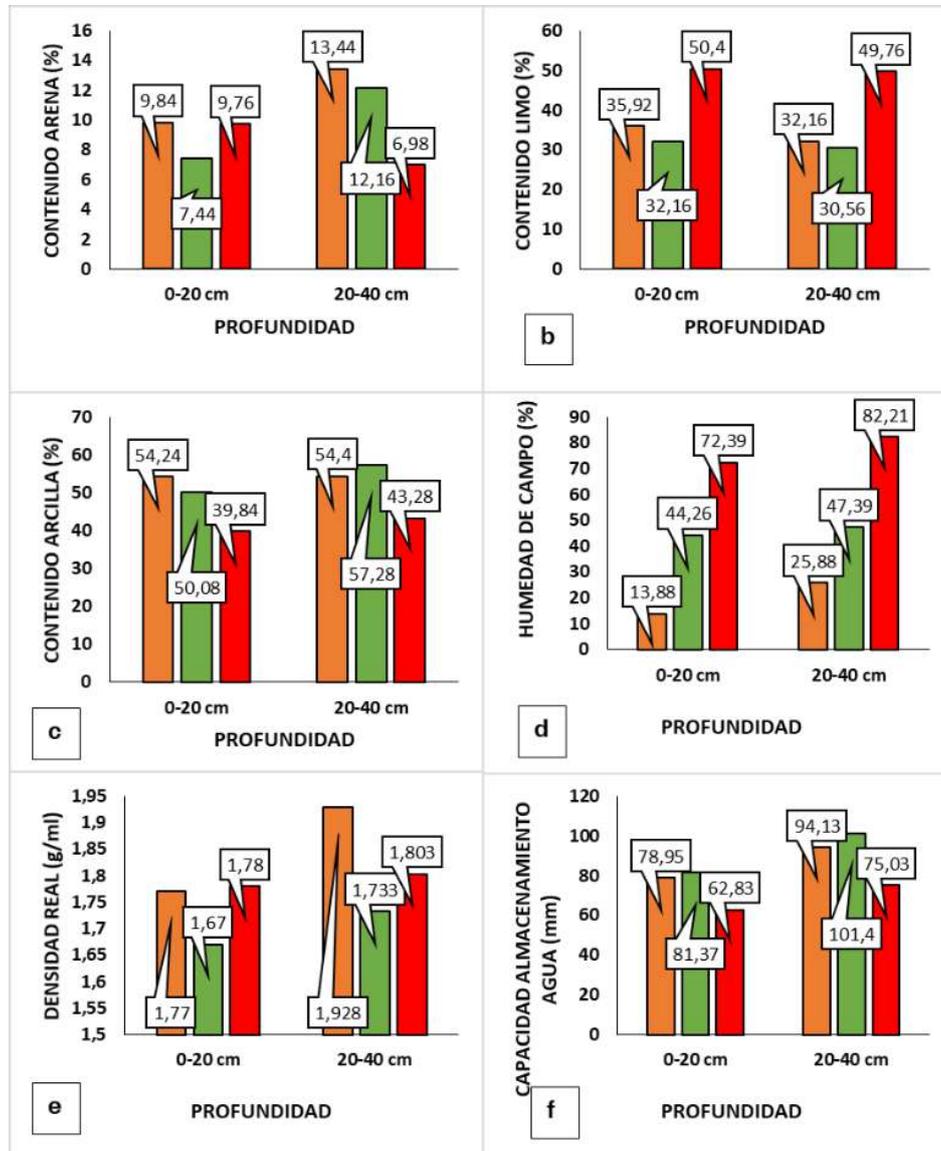
Características composicionales de los suelos de las áreas experimentales

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).

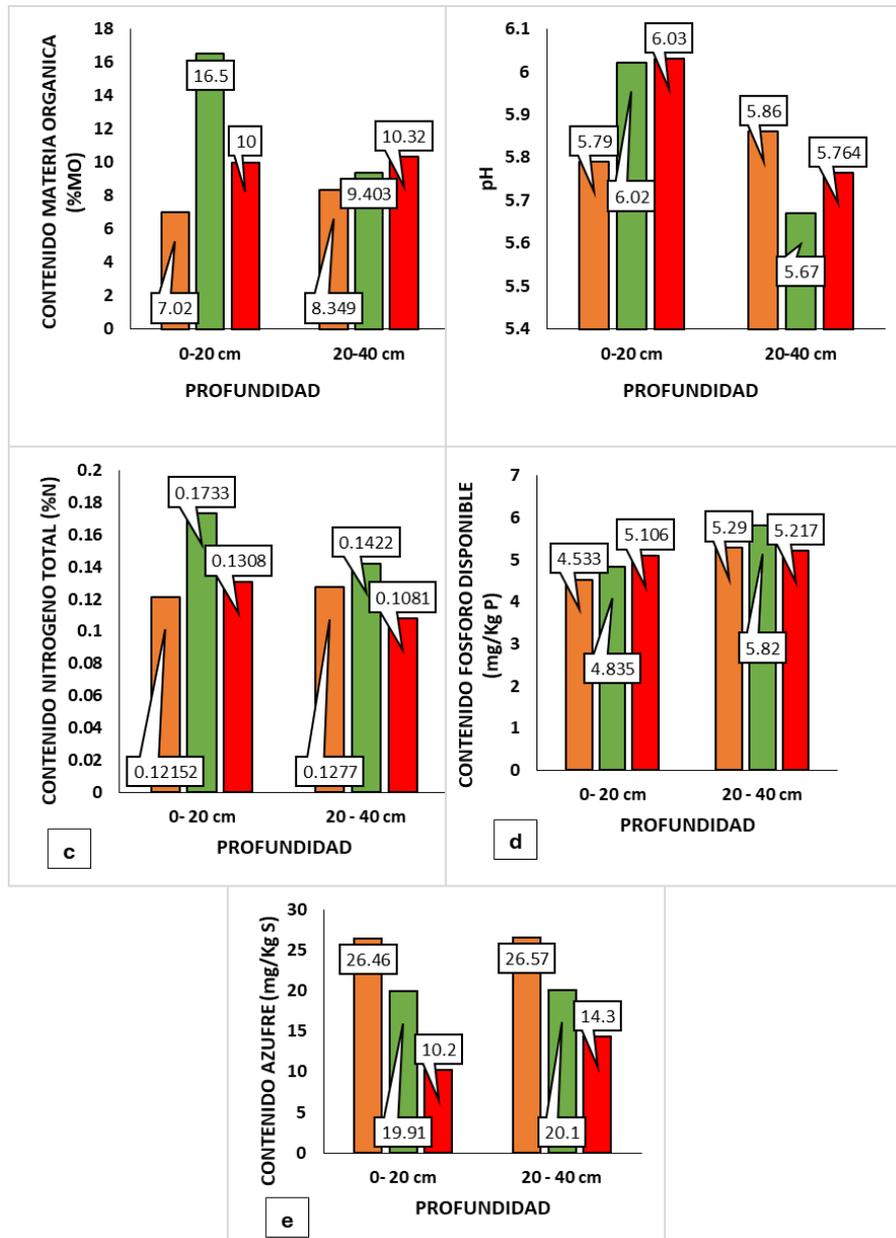
Por otro lado, como se muestra en la Figura 16e, la densidad real del horizonte superficial de los suelos presentes en las áreas experimentales Bosque Seco Abierto y Bosque Manglar fueron similares y mayores (1.77 y 1.78 g/ml) que la registrada en el Bosque Palmar (1.67 g/ml).

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

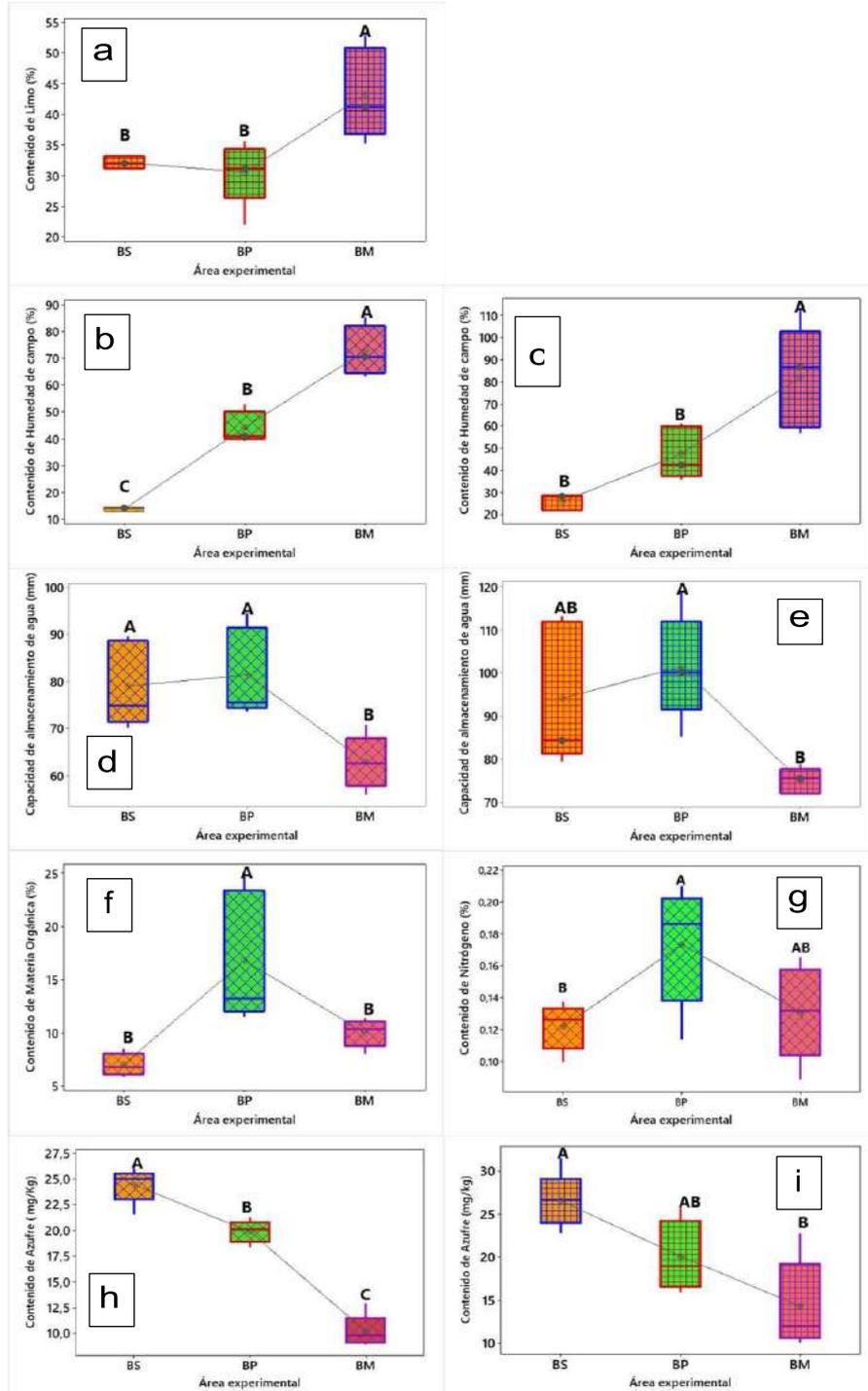
Nota. DR= Densidad Real; CAA= Capacidad de almacenamiento de agua; BS= Bosque Seco Abierto; BPMD= Bosque palmar muy denso; BM= Bosque manglar; MO= Materia orgánica; N= Nitrógeno; P= Fósforo. S= Azufre; N= Número de muestras de la población de estudio. M= Media *Las medias con una letra común no son significativamente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

Capítulo II. Identificación y Cambios Temporales en la Cobertura de Isla Santay

Resumen

La cobertura vegetal de la Isla Santay ha presentado una serie de cambios a partir de su transformación por actividades antrópicas asociadas a la agricultura y producción pecuaria que devastaron la vegetación natural, las cuales fueron suspendidas, y a partir de la década de los años 80, por un proceso de expropiación por parte del estado ecuatoriano, se ha producido su recuperación parcial. Mediante el análisis multitemporal de la cobertura vegetal existente en la Isla Santay, usando sensores remotos en diferentes intervalos de tiempo durante los últimos 54 años, se puede dar a conocer como fue el proceso de cambio sucesional, luego de la interrupción del impacto producido por la actividad antrópica. El análisis digital e las imágenes satelitales y fotografías aéreas, se verifico por reconocimiento de campo, evidenciando un aumento en la cobertura vegetal de la Isla Santay, apuntalado dicho cambio al ser incluida en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) como Área Nacional de Recreación, e internacionalmente como humedal Ramsar, favoreciendo las actividades de conservación y su recuperación.

Palabras Claves: *Análisis multitemporal, Cobertura Vegetal, Sensores remotos, Restauración.*

1. Introducción

El balance entre el entorno natural y el panorama humano podría determinar el futuro de la conservación de la diversidad biológica en grandes áreas del planeta. Las actividades antrópicas generan una enorme sobreexplotación en los recursos naturales produciendo así un gran impacto negativo en las áreas naturales.

Ya que no existen publicaciones referentes a la recuperación de la vegetación natural de la isla a lo largo del tiempo, en el proceso de sucesión ecológica, se propone estudiar los cambios de la cobertura vegetal a lo largo del tiempo, a partir del aparente abandono de su superficie, perturbada por actividades antrópicas hasta la presente fecha, mediante el uso de sensores remotos y sistemas de información geográficos.

La Isla Santay es considerada un humedal RAMSAR; cuya denominación es avalada por convenio internacional, el cual compromete a los países signatarios a mantener las características ecológicas de los estos.

En ese sentido, es necesario llegar a conocer como fue el desarrollo de la cubierta vegetal en la isla Santay a través de los años y cuáles son sus características actuales; clasificando la cobertura vegetal existente, y así poder conocer los tipos de vegetación que predominan, los porcentajes que ocupan cada uno de ellos dentro de la isla y como es su arreglo espacial luego de la perturbación por el hombre.

El análisis de cambio de la cubierta vegetal es una herramienta metodológica utilizada para determinar, cuantificar y estimar áreas que han sido perturbadas (Martínez, 2005; Chapa, Sosa y Alba 2008).

No obstante, pese a que se han realizado estudios preliminares respecto a las especies de plantas presentes en el lugar, no se ha realizado un estudio de la vegetación y de como esta se ha desarrollado a partir de la interrupción de las actividades antrópicas de alto impacto, mediante sistemas de información geográfica.

Las variaciones de la cobertura vegetal en la superficie, en determinados periodos de tiempo, es considerado un indicador ambiental en relación con la dinámica de los ecosistemas. Los sensores remotos han sido utilizados como una herramienta valiosa al momento de establecer indicadores de degradación y conservación de los recursos naturales (Briceño, 2013).

Uno de los grandes aportes de los estudios ambientales mediante sensores remotos, es su capacidad de seguir procesos dinámicos debido a las características multiespectrales y multitemporales, dando como resultado posibles diferenciaciones en los tipos de cobertura vegetal (Gonzaga, 2014).

El análisis multitemporal a partir del cruce de las imágenes satelitales por el método de clasificación no supervisada nos ayudará a determinar cómo ha sido el proceso de recuperación de la vegetación (Hernández, 2012). Éste es uno de los métodos más eficaces para la comparación y determinación de cambios que se suscitan en un lapso de tiempo, y que generalmente se deben a la intromisión del hombre sobre el entorno (Labrada, 2015).

El análisis de cambio en la cobertura vegetal es una metodología que puede ser utilizada para determinar, estimar y cuantificar áreas que han sido fragmentadas a partir del abandono en las actividades agrícolas (Almeida, Duriavich, Napolitano, & Feoli, 2016).

En el caso de aplicación de análisis multitemporal, se usa esta técnica mediante dos o más imágenes del área de estudio, utilizándolas para generar un análisis, superponiendo en distintos planos de color con las mismas bandas de las fechas de las imágenes, lo que permitirá observar visualmente algunos de los rangos de cambio de la cobertura.

Aunque no se han realizado muchas investigaciones acerca del proceso de recuperación de la vegetación nativa en la isla, es innegable la importancia de conocer este proceso, facilitado por el uso de sensores remotos y sistemas de información geográfica. Este tipo de análisis y las herramientas que se utilizan para llevarlo a cabo permiten proyecciones de escenarios de lo que podría suceder a futuro (Almeida et al. 2016).

El objetivo de este trabajo es analizar la cobertura vegetal existente en la isla Santay, mediante el uso de sensores remotos en diferentes intervalos de tiempo durante los últimos 54 años, al interrumpirse el impacto producido por la actividad antrópica, a partir de la información aportada por Lara (2018).

2. Materiales y Métodos

2.1. Área de Estudio

El humedal Santay tiene una extensión de 4705 ha, de las cuales 2179 corresponden a la superficie de las islas y 2505 a las aguas circundantes (Ficha Ramsar No. 1401) (Marechal et al, 2000). Limita al Sur con Las Esclusas y al oeste con la ciudad de Guayaquil, al norte y al este con la ciudad de Durán (Jaramillo et al. 2008), cuyas coordenadas geográficas se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13

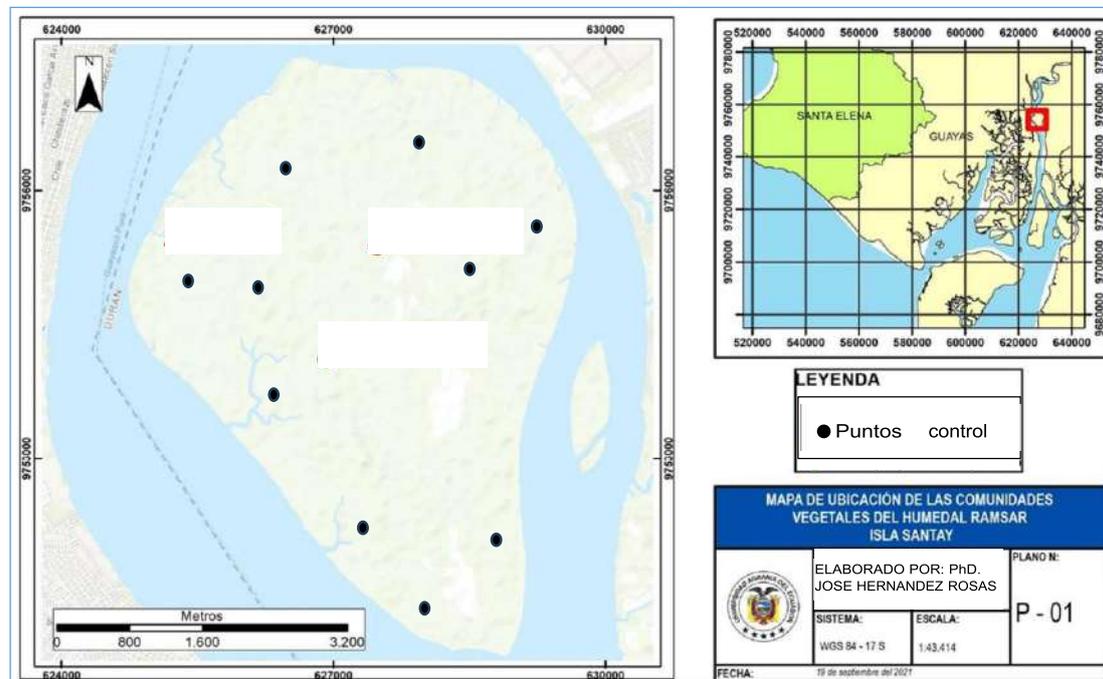
Ubicación Geográfica de la Isla Santay

LONGITUD	LATITUD	REFERENCIA
79°52'17,4"	2°10'41,6"	Prominencia rocosa del cerro Santa Ana
79°51'19,0"	2°11'05,9"	La Puntilla
79°51'48,4"	2°15'23,6"	Desembocadura del estero de las esclusas
79°49'31,4"	2°16'02,5"	Desembocadura de Estero Canta Gallo

Nota. Fuente: Ministerio del Ambiente [MAE] (2016)

Figura 19

Ubicación del área de estudio, señalando los puntos de control de campo



Nota. Fuente: Lara (2018).

En la representación de la ubicación del área de estudio, que equivale a la superficie de la isla Santay dentro del Área Nacional Recreacional (Figura 19), se señalan los diferentes puntos que posteriormente fueron visitados, con la finalidad de corroborar la información obtenida del análisis multitemporal, cuyas coordenadas se presentan en la Tabla 14.

Tabla 14

Coordenadas de trabajo de campo

N°	S	W	ALTURA(m)	Observación
1	02°12'51.1"	079°50'53.5"	6	Bosque manglar denso
2	02°12'41.3"	079°50'56.5"	8	Bosque abierto disperso
3	02°12'0.71"	079°51'09.0"	5	Vegetación herbácea
4	02°13.536'	079°52.059'	8	Bosque con alta densidad de palmas
5	02°13.525'	079°52.039'	7	
6	02°10.243'	079°36.046'	8	Bosque con baja densidad de palmas
7	02°10.236'	079°36.078'	6	

Nota. Fuente: Lara (2018).

2.2. Métodos y Técnicas

Para llevar a cabo esta investigación se tomó información recolectada en visitas a la Isla Santay y análisis de fotografías aéreas del Instituto Geográfico Militar (IGM) a diferentes intervalos de tiempo en un rango de 54 años, en conjunto con software libre. Una vez obtenidos los datos se clasificó la vegetación presente en diferentes intervalos de tiempo en la Isla Santay, cuantificando el área en la que se encuentra.

A continuación, se describen las fases para obtener la información necesaria.

2.2.1 Obtención de Datos

El área de estudio es la isla Santay (Figura 19), perteneciente tanto al cantón Durán en el extremo Este como a la provincia del Guayas en el extremo Oeste, en la cual se determinará el cambio de la cobertura vegetal en un periodo de tiempo de aproximadamente de 54 años.

Se procuró que las imágenes utilizadas para el estudio presenten un porcentaje menor de cobertura nubosa dentro del área de estudio, y separándolas en rangos de tiempo. Las imágenes se las obtuvo del Instituto Geográfico Militar (IGM).

2.2.2. Tratamiento Básico de las Fotografías Aéreas

Las imágenes físicas obtenidas en archivos individuales se transformaron en digitales, en formato .jpg, las cuales fueron sometidas a una corrección geométrica mediante su georreferenciación.

Según Palacios Bermúdez (2015), la georreferencia de las imágenes satelitales es la corrección geométrica que en general permite que las imágenes satelitales utilizadas eliminen distorsiones geométricas indeseables y adaptarla a proyecciones cartográficas deseadas. Es de hacer notar que las imágenes contaban con su respectiva georreferenciación por lo que se procura su verificación observando en cada una de las fotografías los datos respectivos de latitud y longitud, proyectando el mismo sistema de coordenadas de proyección (WGS 84) (Arias et al., 2014).

2.2.3. Clasificación de la Cobertura de la Superficie de la Isla Santay

La clasificación no supervisada es un método que se utiliza cuando se desconocen las características de la superficie terrestre; este es un procedimiento que permite mediante programas informáticos agrupar en diferentes clases espectrales los píxeles que no sean fácilmente reconocidos (Arango, Branch y Botero, 2005, Palacios Bermúdez, 2015).

Una clasificación no supervisada debe tener presente aspectos como:

- Contar con una imagen satelital multiespectral,
- Valorar los datos contenidos en la imagen, así como su calidad,
- Clasificar el área de estudio basados en algoritmo de agrupamiento de los píxeles,
- Representación tabular de la clasificación, tablas estadísticas, análisis de datos digitales; y,
- Evaluación de los resultados.

2.2.4. Análisis Multitemporal de las Fotografías Aéreas

A partir de las imágenes clasificadas para la isla Santay entre los años de 1962 y 2016, Lara (2018), buscó la detección de posibles cambios ocurridos en la cobertura vegetal en la isla durante el periodo seleccionado. Para su análisis preliminar y procesamiento espacial se utilizó un estereoscopio, y luego, por medio del software, se realizó la evaluación de la cobertura vegetal de la isla obtenida de fotografías aéreas a diferentes intervalos de tiempo.

2.2.5. Clasificación no Supervisada de las Imágenes Satelitales

Las imágenes satelitales utilizadas para el estudio corresponden a la plataforma gratuita de Google Earth, en la cual se seleccionó imágenes que no presentaron más del 10 % de cobertura de nubes, sobre el área de estudio. Esto permitió ahorrar tiempo en tratamientos correctivos y obtener una correcta clasificación y determinación de los cambios de la cobertura vegetal (Vázquez, 2015).

La clasificación no supervisada permite componer coberturas acordes a niveles digitales, lo que facilita la digitalización y la inspección de áreas con cobertura

vegetal. Con esta clasificación a medida que se añaden más clases, el nivel de detalle del resultado refleja los posibles cambios de cobertura, de la misma forma, al añadir detalles, también afectando así la depuración de la cobertura vectorial resultante (Chuvienco, 1995, Guerra Cerezo, 2010).

Una vez realizados los procedimientos primarios por Lara (2018), definiendo las proyecciones en el sistema de coordenadas a WGS 1984 UTM Zone 17S en las imágenes, a través de las herramientas del software ArcGIS 10.1, se realizó el procedimiento de la clasificación no supervisada en cada una de las fechas seleccionadas para el desarrollo de la investigación detallada a continuación:

1. Se empleó una herramienta del Arctoolbox llamada Iso Cluster la cual nos ayuda a colocar el número de clases a emplear para la clasificación de la imagen.
2. El siguiente proceso es el uso de la herramienta Maximum Likelihood Classification dando así una firma de clases utilizadas para la clasificación con una máxima verosimilitud.
3. Convertir la imagen a polígonos con la herramienta Raster to polygon
4. Calcular el área en hectáreas
5. Para depurar los márgenes de errores se utiliza la herramienta llamada eliminate.
6. Luego se agrupan las clases empleando la herramienta Dissolve para así agrupar en un solo grupo cada una de las clases.

2.3. Análisis Estadístico

En el presente trabajo se utilizó un análisis estadístico descriptivo con información recolectada mediante fotografías aéreas y observaciones de campo, y para facilitar el tratamiento, manejo y análisis de la información base utilizada, se considera la siguiente etapa sugerida por Mena et al. (2011):

2.3.1. Cuantificación de Cobertura Vegetal

Se desarrolló un inventario de campo en los puntos señalados en la Figura 19, con la finalidad de corroborar las variables consideradas en la caracterización de la vegetación en la isla. De esta forma, se optó por el Muestreo Aleatorio Simple

debido a que no existen diferencias significativas en las imágenes con respecto a las especies vegetales.

El método seleccionado para completar las unidades muestrales faltantes corresponde a mediciones en estereoscopio mediante fotointerpretación, debido a que se logra una buena visibilidad de los individuos por cada unidad muestral seleccionada (García y Francois, 2008).

2.3.2. Tasa Anual de Cambio (TAC)

Con los datos de la superficie de cada área, se calcula la Tasa Anual de Cambio (TAC), para cada uno de los periodos.

Para estimar la TAC se utilizó la ecuación (González, 2005), que indica el cambio de la cobertura en porcentaje de la superficie en el año de inicio y fin del estudio.

$$\delta = \sqrt[n]{\frac{S_1}{S_2}} - 1$$

Donde:

δ : Tasa Anual de Cambio (para expresar en % hay que multiplicar por 100)

S1: superficie del año de inicio del período S2: superficie al final del período n= número de años entre las dos fechas

El análisis multitemporal se realizó mediante la clasificación no supervisada de las imágenes, para luego sintetizar las medidas extraídas, considerando que los métodos y categorías deducidas se complementan (Rojas, 2011).

Para la detección de cambios que se dan por este método de clasificación, se emplea la comparación de imágenes clasificadas por separado, generando una tabla multitemporal, en donde se presentan las modificaciones que se producen en los periodos de tiempo, observando las zonas estables y dinámicas, así como las coberturas originales y actuales, lo que indica qué tendencias de cambios hubo en la zona de estudio.

A partir de la matriz generada se puede calcular las diferencias entre las fechas, considerando el grado de asociación entre filas y columnas, de igual manera podría analizar la información almacenada en un Sistema de Información geográfica (SIG).

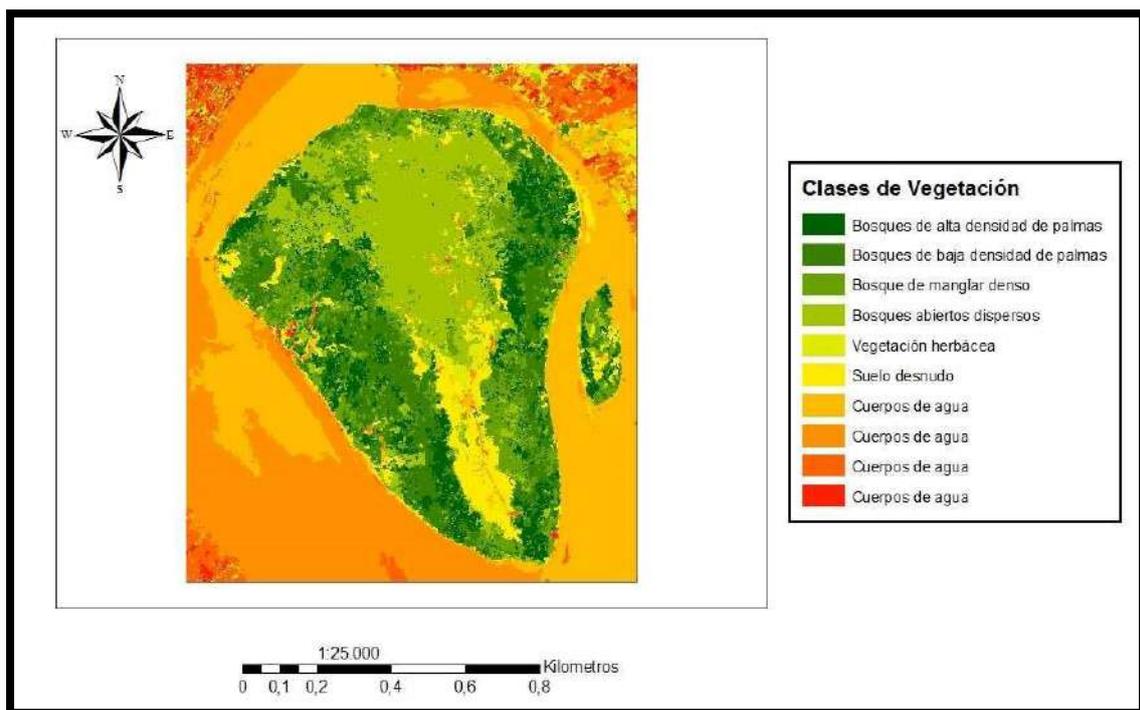
3. Resultados

3.1. Características Actuales de la Superficie de la Isla

Una vez realizado los pasos básicos, se logró un mapa que evidencia las características de la actual cobertura presente en la isla, el cual se muestra en la Figura 20.

Figura 20

Cobertura de la superficie de Isla Santay del año 2016



Nota. Fuente: Lara (2018)

Al realizar la clasificación no supervisada usando 10 clases, se puede evidenciar una mayor precisión en los detalles (Martínez & Ruiz, 2017). Como se puede observar en la imagen de la Figura 20, buena parte de las áreas que representan los cuerpos de aguas, se refieren al río Guayas, las cuales se encuentran

representadas por las clases siete (7), ocho (8), nueve (9) y diez (10). Las clases encontradas corresponden a:

- Bosques con alta densidad de palmas, la cual se encuentra conformada por agrupaciones de la Palma Imperial (*Roystonea oleracea* (Jacq.) O.F. Cook).
- Bosques con baja densidad de palmas, conformadas por la palma imperial individuales o en pequeños grupos remanentes.
- Bosque de manglar denso, distribuida hacia los entornos de la isla caracterizada por tener diferentes tipos de mangle.
- Bosque abiertos dispersos.
- Vegetación herbácea, con pequeños arbustos.
- Suelo desnudo, tierras sin vegetación.
- Cuerpos de agua en la isla diferenciados por la profundidad.

Los porcentajes de cobertura de las diferentes clases (tipos de vegetación y de los cuerpos de agua), presentes actualmente en la Isla Santay, se muestran en la Tabla 15.

Tabla 15

Clases de Cobertura Vegetal año 2016

Clase	Porcentaje	Tipos
1	20%	Bosques con alta densidad de palmas
2	17%	Bosques con baja densidad de palmas
3	25%	Bosque de manglar denso
4	17%	Bosque abierto disperso
5	10%	Vegetación herbácea
6	5%	Suelo desnudo
7	1%	
8	3%	
9	1%	Cuerpos de Agua
10	1%	
Total	100%	

Nota. Fuente: Lara (2018)

El porcentaje de cobertura de la superficie diferenciado en la isla Santay para el año 2016 se encuentra conformado por 25% de bosque de manglar denso

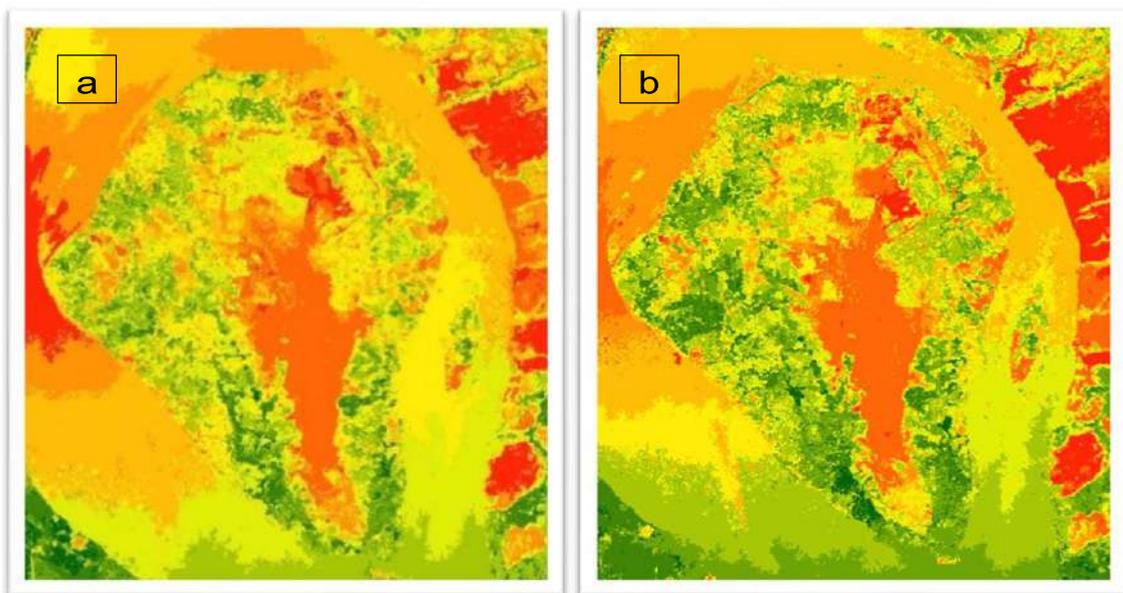
seguido por 20% de bosques con alta densidad de palmas, 17% de bosques con baja densidad de palmas, 17% de bosques abiertos dispersos, 10%; de vegetación herbácea, un 5% los suelos desnudos y 6% de cuerpos de agua.

3.2. Comparaciones de la Cobertura Entre los Años 1962 y 2016

Conforme a la información obtenida de estudios ejecutados por el INOCAR en el año de 1977, con el uso de sensores remotos, mostraron variaciones morfológicas en la isla en el año de 1961 (Jaramillo et al., 2008), por lo que, en nuestro estudio, se consideró importante iniciarlo, a partir de esta fecha o de una fecha cercana en la que se cuenta con información de sensores remotos, por lo cual se logró obtener la imagen de la fotografía aérea del año 1962.

Figura 21

Imágenes de la Isla Santay de los años 1962 (a) y 1970 (b) procesadas



Nota. Fuente: Lara (2018).

Para la comparación de la cobertura entre los años 1962 y 2016, se analizaron diferentes imágenes de la Isla Santay, obtenidas a varios intervalos de tiempo, mediante la obtención de los porcentajes de cobertura de cada uno de los tipos de vegetación.

En la Figura 21 se puede observar las imágenes procesadas con Software Libre en el rango de los años 1962 y 1970.

En la Tabla 16 se puede apreciar los porcentajes de cada una de las clases del año 1962 y 1970.

Tabla 16

Cambio de la cobertura de la superficie en el periodo 1962-1970

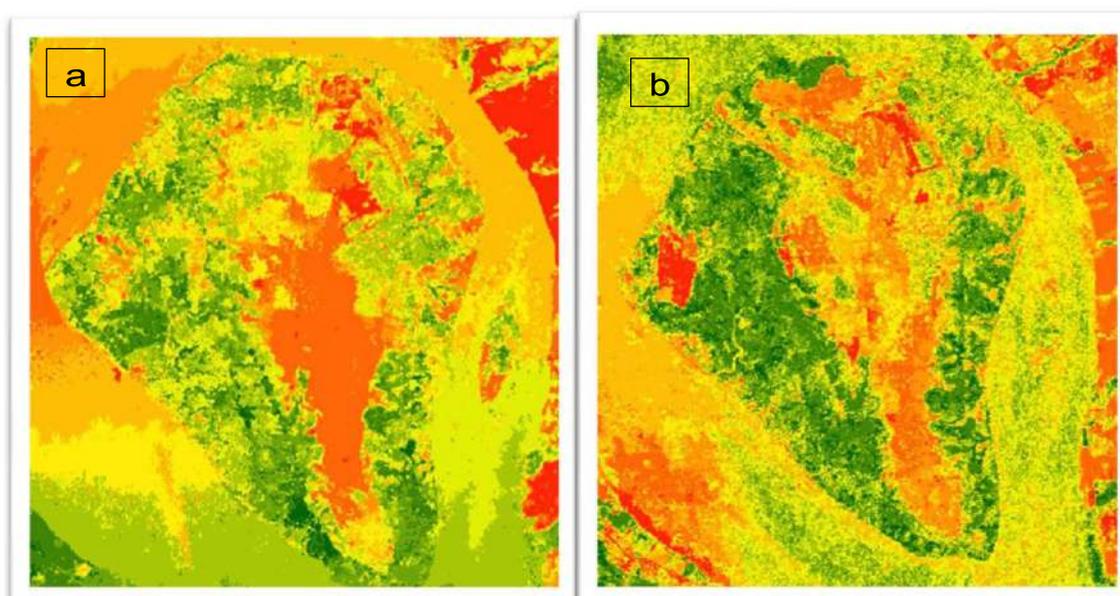
CLASES	1962 (%)	1970 (%)	DIFERENCIA		TIPO DE COBERTURA
			DISMINUCIÓN	AUMENTO	
1	0%	0%	-	-	Bosques con alta densidad de palmas
2	0%	0%	-	-	Bosques con baja densidad de palmas
3	25%	34%	-	8%	Bosque de manglar denso
4	10%	13%	-	3%	Bosque abierto disperso
5	15%	18%	-	3%	Vegetación herbácea
6	44%	28%	16%	-	Suelo desnudo
7	2%	2%	-	-	
8	2%	2%	-	-	Cuerpos de agua
9	1%	1%	-	-	
10	1%	2%	-	1%	

Nota. Fuente: Lara (2018)

En la Figura 22 se puede observar la isla Santay de los años 1970 y 1977, procesadas en Software Libre.

Figura 22

Imágenes de la isla Santay de los años 1970 (a) y 1977 (b) procesadas



Nota. Fuente: Lara (2018)

Mientras que en el año de 1969 el mayor porcentaje presente en la Isla Santay es el suelo desnudo con el 44%; seguido del bosque de manglar denso con el 25%; la vegetación herbácea con un 15%; y, con el menor porcentaje se encuentran los bosques abiertos dispersos con el 10%.

En el año 1970 el mayor porcentaje lo presentaba el manglar denso con el 34% en comparación al año de 1962 que aumentó un 8%. Mientras que el bosque abierto disperso mostró un aumento del 3% al igual que la vegetación herbácea mostró 3% de aumento y el suelo desnudo disminuyó el 16%.

En la Tabla 17 se puede apreciar los porcentajes de cada una de las clases en los años 1970 y 1977 y esto ha sido la diferencia en el transcurso de 7 años.

Tabla 17

Cambio de la cobertura de la superficie en el periodo 1970-1977

CLASES	1970 (%)	1977 (%)	DIFERENCIA		TIPO DE COBERTURA
			DISMINUCIÓN	AUMENTO	
1	0%	0%	-	-	Bosques con alta densidad de palmas
2	0%	0%	-	-	Bosques con baja densidad de palmas
3	34%	21%	13%	-	Bosque de manglar denso
4	13%	24%	-	11%	Bosque abierto disperso
5	18%	19%	-	1%	Vegetación herbácea
6	28%	6%	22%	-	Suelo desnudo
7	2%	2%	-	-	
8	2%	2%	-	-	
9	1%	1%	-	-	Cuerpos de agua
10	2%	1%	1%	-	

Nota. Fuente: Lara (2018).

En el año 1970 se apreció que la cobertura con mayor porcentaje es el bosque de manglar denso con un 34%, seguida de los suelos desnudos con un 28% y la cobertura con menor porcentaje fue observado en los bosques abiertos dispersos con un 13%

Mientras que en el año 1977 la cobertura con mayor porcentaje son bosques abiertos dispersos con un 24%, y la de menor porcentaje son suelos desnudos con el 6%. Pudiéndose observar que los suelos desnudos disminuyeron un 22%, 13% los bosques de manglar denso, mientras que los bosques abiertos dispersos aumentaron en un 11%.

En la Tabla 18 se observa la cobertura de la superficie de isla Santay en el año 1977 donde el bosque abierto disperso mostro 24%, seguido por 21% de bosque de manglar denso y, la vegetación herbácea con 19%.

En el año 1990 el mayor porcentaje se observó en el bosque abierto disperso con un 33%, aumentando un 7% comparado con el año 1977, los bosques densos de manglar presentaron un 33% con un aumento del 12% en el transcurso de 13 años (Tabla 18).

Tabla 18

Cambio de la cobertura de la superficie en el periodo 1977-1990

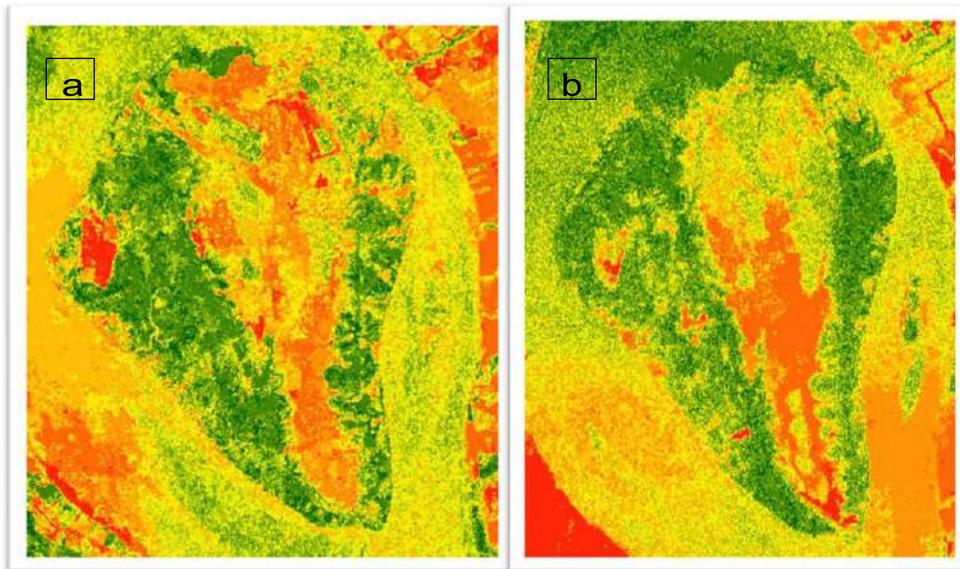
CLASES	1977 (%)	1990 (%)	DIFERENCIA		TIPO DE COBERTURA
			DISMINUCIÓN	AUMENTO	
1	0%	0%	-	-	Bosques con alta densidad de palmas
2	0%	0%	-	-	Bosques con baja densidad de palmas
3	21%	33%	-	12%	Bosque de manglar denso
4	24%	31%	-	7%	Bosque abierto disperso
5	19%	20%	-	1%	Vegetación herbácea
6	6%	8%	-	2%	Suelo desnudo
7	2%	2%	-	-	
8	2%	3%	-	1%	
9	1%	1%	-	-	Cuerpos de agua
10	1%	2%	-	1%	

Nota. Fuente: Lara (2018).

Durante este intervalo aún no se detecta la presencia de la cobertura vegetal de los bosques de palmas y que las otras clases de coberturas presentan un incremento en el porcentaje en el año 1990 respecto al año 1977 (Tabla 18).

Figura 23

Imágenes de la isla Santay de los años 1977 (a) y 1990 (b) procesadas



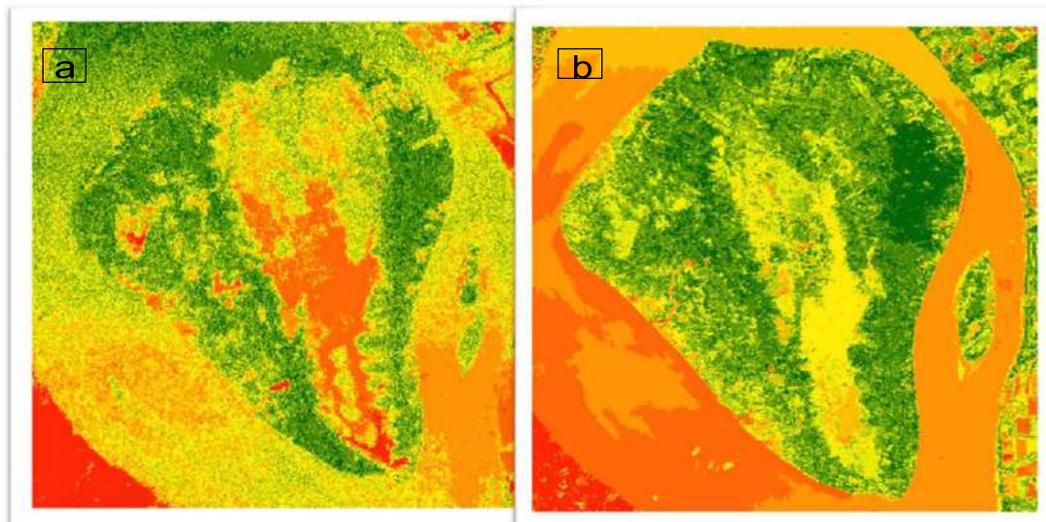
Nota. Fuente: Lara (2018)

En la Figura 23 se puede observar las imágenes de la Isla Santay de los años 1977 y 1990 procesadas con Software Libre, para conocer de esta manera cual es el porcentaje de cada una de las clases en cada año de estudio.

En la Figura 24 se puede observar las imágenes de los años 1990 y 2000 procesadas en Software Libre.

Figura 24

Imágenes de la isla Santay de los años 1990 (a) y 2000 (b) procesadas



Nota. Fuente: Lara (2018)

Durante el año 1990 (Tabla 19) la cuantificación en la cobertura presento un mayor porcentaje para el bosque de manglar denso con un 33%, seguido del 31% del bosque abierto disperso y con la menor cobertura el suelo desnudo con el 8%.

Mientras que para el año 2000 la cobertura de la superficie de la isla que presentaba el bosque con alta densidad de palmas fue del 13%, superior a la cobertura que presentó durante años anteriores la cual fue del 0%.

En la interpretación de las imágenes, para el año 2000, la cobertura de bosques con baja densidad de palmas tiene un 20%, el bosque de manglar denso disminuyo en 8%; el bosque abierto disperso disminuyo un 15%, y tanto la vegetación herbácea como el suelo desnudo tuvieron una disminución del 5%.

Los cuerpos de agua aumentaron el 1% Tabla 19.

Tabla 19

Cambio de la cobertura de la superficie en el periodo 1990-2000

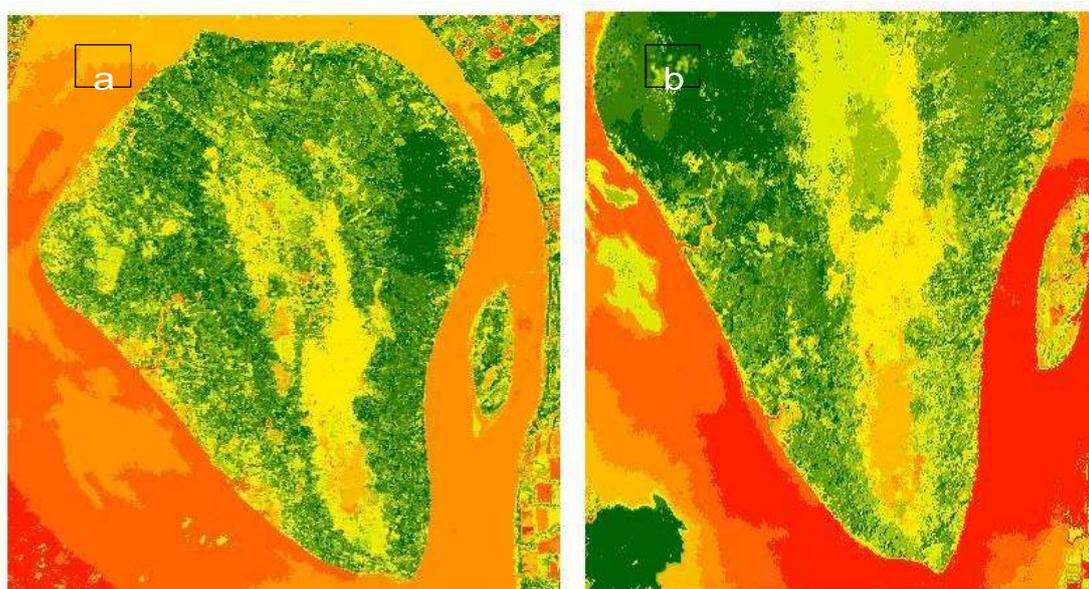
CLASES	1990 (%)	2000 (%)	DIFERENCIA		TIPO DE COBERTURA
			DISMINUCIÓN	AUMENTO	
1	0%	13%	-	13%	Bosques con alta densidad de palmas
2	0%	20%	-	20%	Bosques con baja densidad de palmas
3	33%	25%	8%	-	Bosque de manglar denso
4	31%	16%	15%	-	Bosque abierto disperso
5	20%	15%	5%	-	Vegetación herbácea
6	8%	3%	5%	-	Suelo desnudo
7	2%	1%	1%	-	
8	3%	2%	-	1%	Cuerpos de agua
9	1%	2%	-	1%	
10	2%	3%	-	1%	

Nota. Fuente: Lara (2018)

En la Figura 25 se puede observar las imágenes de los años 2000 y 2008 procesadas con Software Libre.

Figura 25

Imágenes de la isla Santay de los años 2000 (a) y 2008 (b) procesadas



Nota. Fuente: Lara (2018)

En la Tabla 20 las clases del año 2000, la cobertura con mayor porcentaje son los bosques abiertos dispersos con el 25%, seguida de los bosques con baja densidad de palma con el 20%; y, la cobertura con menor porcentaje es los suelos desnudos con el 3%.

Tabla 20

Cambio de la cobertura de la superficie en el periodo 2000-2008

CLASES	2000 (%)	2008 (%)	DIFERENCIA		TIPO DE COBERTURA
			DISMINUCIÓN	AUMENTO	
1	13%	10%	3%	-	Bosques con alta densidad de palmas
2	20%	18%	2%	-	Bosques con baja densidad de palmas
3	25%	14%	11%	-	Bosque de manglar denso
4	16%	22%	-	6%	Bosque abierto disperso
5	15%	3%	12%	-	Vegetación herbácea
6	3%	7%	-	5%	Suelo desnudo
7	1%	6%	-	5%	
8	2%	2%	-	-	
9	2%	13%	-	11%	Cuerpos de agua
10	3%	5%	-	2%	

Nota. Fuente: Lara (2018)

Durante el año 2008 la cobertura con mayor porcentaje lo presentó el bosque abierto disperso con un 22% y el menor porcentaje lo alcanzó la vegetación herbácea con un 3%. Durante este lapso (8 años) el bosque abierto disperso y el bosque de manglar disminuyeron 11% y 12% respectivamente, y los suelos desnudos aumentaron 5%.

En la Tabla 21 el porcentaje mayor fue el 22% correspondiente al bosque abierto disperso; seguido de bosques con baja densidad de palmas con un 18%; los bosques con alta densidad de palmas con un 10%; la vegetación herbácea un 3%; y, el suelo desnudo 7%.

Tabla 21

Cambio de la cobertura de la superficie en el periodo 2008-2016

CLASES	2008 (%)	2016 (%)	DIFERENCIA		TIPO DE COBERTURA
			DISMINUCIÓN	AUMENTO	
1	10%	20%	-	10%	Bosques con alta densidad de palmas
2	18%	17%	1%	-	Bosques con baja densidad de palmas
3	14%	25%	-	11%	Bosque de manglar denso
4	22%	17%	-	5%	Bosque abierto disperso
5	3%	10%	-	7%	Vegetación herbácea
6	7%	5%	2%	-	Suelo desnudo
7	13%	1%	12%	-	
8	5%	3%	2%	-	Cuerpos de Agua
9	6%	1%	5%	-	
10	2%	1%	1%	-	

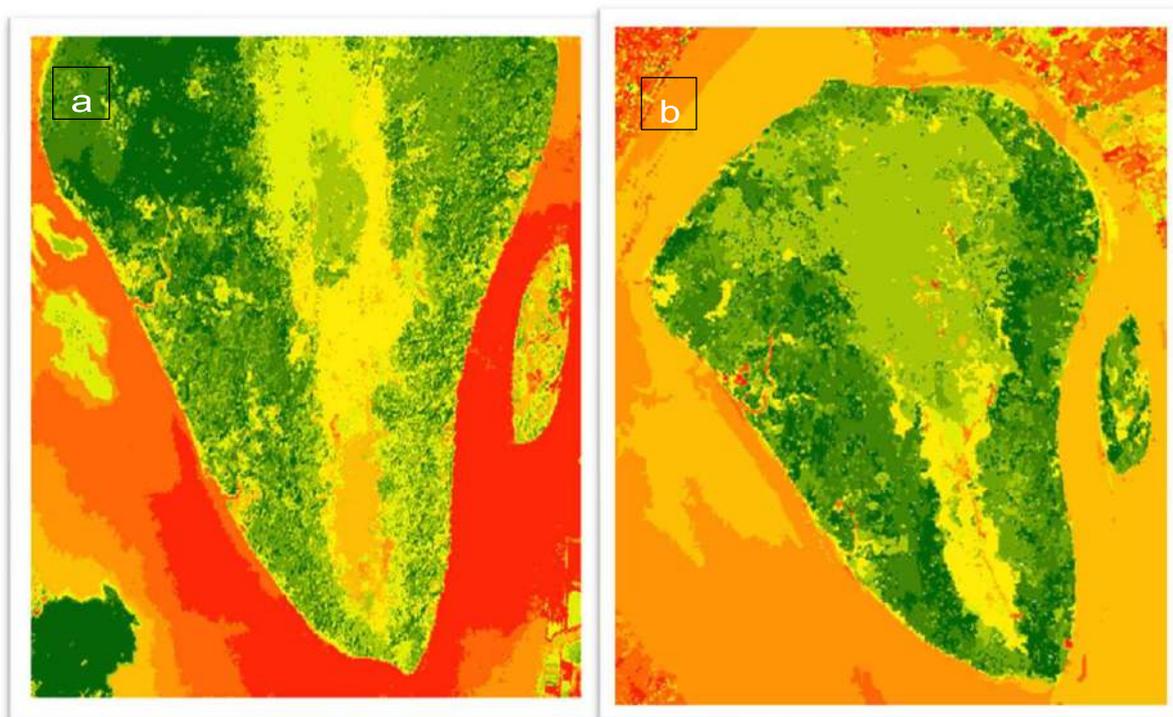
Nota. Fuente: Lara (2018)

Para el año 2016 los bosques de alta densidad de palmas tuvieron un aumento del 10% en su cobertura; los bosques con baja densidad de palmas disminuyeron 1% de su cobertura; por su parte los bosques de manglar denso presentaron un aumento del 11%; los bosques abiertos dispersos un aumento del 5%; y, por último, la vegetación herbácea un aumento del 7%.

La Figura 26 muestra las imágenes de la Isla Santay en los años 2008 y 2016 procesadas con Software Libre.

Figura 26

Imágenes de la isla Santay de los años 2008 (a) y 2016 (b) procesadas



Nota. Fuente: Lara (2018)

3.3. Análisis del Cambio de la Cobertura de la isla en el Periodo 1962-2016

La cuantificación del cambio en la cobertura en los diferentes intervalos de tiempo mediante un análisis multitemporal se realizó, mediante la determinación de la Tasa Anual de Cambio (TAC) de cada una de las clases de vegetación.

En la Tabla 22 se puede observar la tasa anual de cambio de las clases de cobertura, apreciando las variaciones en los diferentes rangos de tiempo. Para el Bosque con alta densidad de palmas (Clase 1), la Tasa Anual de Cambio en el tiempo, a partir de una escasa o nula presencia, alcanza valores importantes de cobertura con un incremento de la Tasa Anual de Cobertura del 1.35 %.

Tabla 22
Tasa Anual de Cambio de las clases de cobertura

Clase de Cobertura	Periodo	Diferencia	Rango de tiempo (Años, N)	TAC (%) Aumento	Descenso
1. Bosques con alta densidad de palmas	1962/1970	0	8	-	-
	1970/1977	0	7	-	-
	1977/1990	0	13	-	-
	1990/2000	12.199	10	1.28	-
	2000/2008	0.239	8	0.84	-
	2008/2016	11.319	8	1.35	-
2. Bosques con baja densidad de palmas	1962/1970	0	8	-	-
	1970/1977	0	7	-	-
	1977/1990	0	13	-	-
	1990/2000	18.276	10	1.34	-
	2000/2008	0.048	8	0.68	-
	2008/2016	32.655	8	1.55	-
3. Bosque de manglar denso	1962/1970	1.959	8	1.88	-
	1970/1977	0.825	7	0.97	-
	1977/1990	1.938	13	1.05	-
	1990/2000	1.673	10	1.05	-
	2000/2008	0.239	8	0.84	-
	2008/2016	7.117	8	1.28	-
4. Bosque abierto disperso	1962/1970	1.289	8	1.03	-
	1970/1977	5.065	7	1.26	-
	1977/1990	1.909	13	1.05	-
	1990/2000	0.618	10	0.95	-
	2000/2008	1.022	8	1.00	-
	2008/2016	1.900	8	1.08	-
5. Vegetación herbácea	1962/1970	2.385	8	1.12	-
	1970/1977	14.164	7	1.46	-
	1977/1990	1.245	13	1.02	-
	1990/2000	0.692	10	0.96	-
	2000/2008	0.104	8	0.75	-
	2008/2016	25.628	8	1.49	-
6. Suelo desnudo	1962/1970	4.378	8	1.20	-
	1970/1977	0.467	7	0.90	-
	1977/1990	1.782	13	1.05	-
	1990/2000	0.597	10	0.95	-
	2000/2008	0.754	8	0.96	-
	2008/2016	0.619	8	1.06	-

Nota. Fuente: Lara (2018)

En el caso de la Tasa Anual de Cambio del Bosques con baja densidad de palmas (Clase 2), observamos que los tres primeros rangos de tiempo la Tasa Anual de Cambio son igual a cero, teniendo dos TAC altas e intermedia una baja entre los años 2000-2008, con la tasa más alta en el último rango de tiempo.

En relación con la Tasa Anual de Cambio de la cobertura del Bosque de manglar denso (Clase 3), durante los últimos 54 años, en el segundo intervalo de tiempo se obtuvo un descenso, y en los siguientes periodos trata de estabilizarse al aumentar la velocidad de incremento de su cobertura.

Por otra parte, como se muestra en la Tabla 22, la Tasa Anual de Cambio de la cobertura vegetal de Bosques abiertos dispersos (Clase 4), a lo largo del periodo de estudio, se presenta como la más baja en el período comprendido entre los años 1990-2000 con el 0.95% y la más alta de 1.26% en el período 1970-1977.

La Tasa Anual de Cambio de la cobertura de Vegetación herbácea (Clase 5), varía desde la mayor tasa registrada para el período 2008-2016 con el 1.49%, a la menor tasa de aumento en el período 2000-2008 con un valor de 0.75%.

Por su parte, la Tasa Anual de Cambio del suelo desnudo (Clase 6), inicialmente muestra valores relativamente elevados de 1.20% en el período de los años 1960-1970 pero en los últimos años se mantiene en equilibrio.

En la Tabla 23 se presenta la Tasa Anual de Cambio en el período de estudio, en la cual se observa que en cada una de las clases se presenta un aumento en la cobertura a lo largo del tiempo.

Tabla 23

Tasa Anual de Cambio de los periodos 1962-2016

Clase (Cobertura Vegetal)	Periodo	Diferencias	Rango de tiempo (N)	TAC (%)
Bosques con alta densidad de palmas	1962/2016	48,379/1.46	26	1.14
Bosques con baja densidad de palmas	1962/2016	42,484/1.49	26	1.14
Bosque de Manglar denso	1962/2016	46,766/5.23	54	1.04
Bosques abiertos dispersos	1962/2016	41,165/2.80	54	1.05
Vegetación herbácea	1962/2016	32,752/0.42	54	1.08
Suelo desnudo	1962/2016	5,368/2.02	54	1.02

Nota. Fuente: Lara (2018)

En el caso de los bosques con alta densidad de palmas, se registra una TAC del 1.14% seguido de los bosques con baja densidad de palmas con una TAC del

1.14%, mientras que la TAC con menor valor es la obtenida para el suelo desnudo con el 1.02%.

En la Tabla 24 se observan los porcentajes y el área estimada de cada una de las clases de cobertura en los años 1962 y 2016. En el año de 1962 el mayor porcentaje de cobertura es el del suelo descubierto con el 36% del área total de la isla, y la de menor cobertura con el 7% es la vegetación herbácea.

Mientras que, en el año 2016, el mayor porcentaje de cobertura de la superficie de la isla es el del Bosque de manglar denso con el 25%, y el de menor porcentaje es el suelo descubierto con el 5%.

Tabla 24

Área de cobertura de las clases analizadas en la isla Santay

Clases	1962 (ha)	Porcentaje	2016 (ha)	Porcentaje
1. Bosques con alta densidad de palmas	0	0%	0.436	20%
2. Bosques con baja densidad de palmas	0	0%	0.370	17%
3. Bosque de Manglar denso	0.326	15%	0.545	25%
4. Bosques abiertos dispersos	0.501	23%	0.370	17%
5. Vegetación herbácea	0.152	7%	0.218	10%
6. Suelo desnudo	0.784	36%	0.109	5%
7. Cuerpos de agua	0.130	6%	0.022	1%
8. Cuerpos de agua	0.153	7%	0.065	3%
9. Cuerpos de agua	0.044	2%	0.022	1%
10. Cuerpos de agua	0.088	4%	0.022	1%
Total	2.179	100%	2.179	100%

Nota. Fuente: Lara (2018).

4. Discusión

Diversas investigaciones recalcan la estimación y análisis multitemporal para conocer los cambios de la vegetación, ya sea por pérdida o ganancia de la cobertura vegetal (Martínez & Ruiz, 2017).

El análisis evidenció que en el periodo de estudio 1962-2016 referente al análisis de la Tasa Anual de Cambio de las diferentes clases de cobertura a lo largo de

los 54 años, oscilan entre 1.02% a 1.14%, sin embargo, si consideramos períodos de tiempo más cortos, estas son menores (Tabla 23).

Según Villegas & Muñoz (2011), en el Parque Nacional Pico de Orizaba, ubicado en Veracruz-México, las tasas anuales estimadas del periodo (2003-2011) en un rango de tiempo de 8 años, para la vegetación de manglar y la de áreas sometidas a actividades antrópicas fueron respectivamente entre 0.1 y 1.3% respectivamente, la cual es similar a la obtenida en el presente estudio de isla Santay, tomando un rango de tiempo igual a 8 años, para el bosque de manglar denso de 0.84 % (Tabla 22).

A lo largo del tiempo las coberturas muestran un incremento consistente, llegando en algunos de los casos a mostrar cierta estabilidad. En los bosques de alta densidad de palmas y bosques de baja densidad de palmas en un principio se encontraban aparentemente ausentes, mostrando tasas de cambio iguales a 0 y al paso de los años, esos valores van aumentando, ampliando así la cobertura de la superficie de la isla (Tabla 22).

La prohibición de las actividades antrópicas en el área de estudio, a partir de su designación como: Sitio Ramsar N° 1041 en el año 2000 (Jaramillo et al., 2008) y Área Natural de Recreación Isla Santay y Gallo en el año 2010, son dos de las razones principales del aumento en la cubierta vegetal, la cual tiende a ser más alta en áreas protegidas en comparación a áreas no protegidas.

Martínez López (2010) en el estudio del cambio multitemporal de la cobertura en manglares del Golfo de Fonseca, Honduras, indica que en el año 1990 existía 17,251 ha de cobertura manglar, pero para el año 2002, solo se encontraron 16,020 ha, mostrando una reducción de 1,230 ha, las cuales fueron ocupadas para la industrialización en actividades acuícolas.

En isla Santay, el bosque de manglar denso tuvo un aumento en su cobertura, mostrando en el año 1962 una superficie de 0.326 ha (15%), mientras que en el año 2016 la cobertura aumento al 0.545 ha (25%), aumentado un 10% de la cobertura inicial.

El mayor porcentaje de cobertura, obtenido del análisis de las imágenes del año 2016, es del bosque de manglar denso con el 25%, los bosques con alta densidad de palmas con un 20%; seguido del 17% correspondientes a los bosques abiertos dispersos y con igual porcentaje a los bosques con baja densidad de palmas; y, con el 10% a la vegetación herbácea.

Dichos porcentajes corresponden a los seis tipos de clases en la cual se separó la vegetación existente de la isla, que, al compararlos con los obtenidos en intervalos de tiempo iniciales, muestran un consistente incremento de la cobertura boscosa y una reducción de las áreas con suelos descubiertos de vegetación, durante el transcurso de los últimos 54 años.

Según Guevara Romero & Montalvo Vargas (2015), los cambios del uso de suelo y vegetación que se han dado en el territorio de Sierra-Puebla, muestran que en su periodo de estudio 1980-2010, a pesar de ser una zona inicialmente dedicada principalmente a la agricultura, hay repercusiones en el entorno natural del lugar. El análisis del deterioro del suelo pasó de agricultura industrializada a producción agrícola de uso doméstico.

La recuperación de la vegetación secundaria arbustiva pasó a vegetación primaria arbórea, en el periodo de 1993-2010, por consiguiente, al denominar la zona como área protegida, su recuperación parece ser más evidente, en comparación a zonas intervenidas (Guevara Romero & Montalvo Vargas, 2015).

En nuestro caso, si consideramos que la superficie de la isla con una cobertura de Bosque con alta densidad de palmas más la superficie identificada con una cobertura de Bosques con baja densidad de palmas representa el 37% de la superficie de la isla para el año 2016, y reconociendo que la palma en cuestión (*Roystonea oleracea*) es una especie potencialmente invasora (Herrera et al., 2017a), es evidente que la recuperación de la cubierta vegetal de la isla Santay está ocurriendo en un proceso que debe ser controlado, con la finalidad de que su recuperación ocurra por vegetación nativa.

5. Conclusiones

La superficie de isla Santay, muestra una clara recuperación de la cobertura vegetal en el período de observación, a partir del abandono de las actividades agropecuarias, al ser expropiadas las haciendas y recibir denominaciones como área protegida y como humedal Ramsar.

Los tipos de vegetación presentes en el área son: Bosques con alta densidad de palmas, Bosques de baja densidad de palmas, Bosques de manglar denso, Bosques abiertos dispersos, Vegetación herbácea y suelos desnudos aumentando y disminuyendo su cobertura en los últimos 54 años.

El incremento de las coberturas más evidentes son las de bosque con alta densidad de palmas aumentando un 20% y la del Bosque con baja densidad de palmas con el 17% evidenciada a partir de los años 90, los bosques de manglar denso aumentaron del 23% al 25%, los bosques abiertos dispersos del 17% a 23%. Mientras que las disminuciones más evidentes fueron: la vegetación herbácea del 10% a 7% y los suelos desnudos del 36% a 5%.

En la recuperación de la cobertura vegetal de la superficie de isla Santay, es evidente el desarrollo de una cubierta vegetal en donde al menos una especie introducida, *Roystonea oleracea*, genera un tipo de comunidad artificial, con características no nativas, que puede ser considerado como un antropoma.

Capítulo III. Estructura y Diversidad de la Vegetación en los Bosques Manglar y Bosque Palmar

Resumen

Los humedales son ecosistemas muy importantes por los servicios que proporcionan para la población mundial. El humedal de Santay fue sometido a actividades agropecuarias cuando no formaba parte del Sistema Nacional de Áreas protegidas. En el humedal Ramsar Isla Santay se estudió las características de la vegetación del bosque de manglar y el bosque de palmas. El objetivo principal fue evaluar las características físicas y biológicas bajo dos niveles de posible perturbación por la presencia de la palma exótica *Roystonea oleracea*, uno con una mínima abundancia, Bosque de manglar, y otro con una alta abundancia Bosque de Palmas, mediante muestreo aleatorio estratificado en un área de 0,5ha para cada bosque. Dentro del bosque de manglar se logró identificar solamente 6 especies de plantas, donde *Rhizophora mangle* es la especie más importante con mayor densidad, frecuencia y cobertura en dicha área. En el área del bosque de palmas se pudo identificar solo 5 especies con una densidad, frecuencia y cobertura, destacando a *Roystonea oleracea*, sobre todo en el estrato superior, siendo la especie más importante. Se determinó que los dos bosques presentan baja diversidad, riqueza y equidad de especies. Además, la estructura de la vegetación determina que los dos bosques son ecosistemas maduros, donde predomina el estrato superior representados por *R. mangle* (bosque de manglar) y *R. oleracea* (bosque de palmas), ambos se encuentran en un proceso de sucesión, por lo que este estudio aporta datos importantes para su gestión y conservación.

Palabras claves: *estructura física, estructura biológica, perturbación.*

1. Introducción

En el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) se basó en tres objetivos principales: la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos. El CDB es considerado como el instrumento fundamental para alcanzar un desarrollo sostenible (Organización de Naciones Unidas, 1992).

Según Food and Agriculture Organization (2010) los bosques primarios ostentan el treinta y seis por ciento de todos los bosques a nivel mundial, pero han disminuido su extensión en más de 40 millones de hectáreas desde el año 2000, teniendo una pérdida en su área del 0.4 por ciento anual, siendo la causa principal la reclasificación de los bosques primarios a bosques regenerados naturalmente por la extracción selectiva de madera y otras injerencias humanas.

Desde el año 1990 hasta 2015 los bosques se han reducido con una tasa anual de 0.13 por ciento, un área similar a la de Sudáfrica, que representa una pérdida neta de bosque de 129 millones de hectáreas (ha), con 4,128 millones de ha de bosque en 1990; a 3,999 millones de ha en 2015. A escala global el bosque natural ha disminuido de 10.6 millones de hectáreas por año en la década de 1990 a un 6.5 millones de hectáreas por año desde 2010 hasta 2015, teniendo a América del Sur y África como las regiones que registraron la mayor pérdida de bosque natural, le siguen Asia, América Central y América del Norte (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2007, 2016).

El Ecuador es un país reconocido a nivel mundial por tener el mayor número de especies por unidad de área que cualquier otra nación, por la riqueza de especies que cuenta sus grupos taxonómicos, se puede recalcar que el país se encuentra entre los 17 más biodiversos del planeta (MAE, 2016).

Así mismo, entre los ecosistemas presentes en Ecuador se encuentran los humedales, que según Lot, Zepeda y Mora (2015), se clasifican en dos grandes grupos: los leñosos que son comunidades con elementos arbóreos y

arborescentes dominantes que se adaptan a condiciones edáficas de drenaje deficiente y los herbáceos, con un gran número de plantas hidrófitas o plantas vasculares acuáticas estrictas y otras especies herbáceas.

La isla Santay es considerada Área Protegida del Ecuador con 2,214 hectáreas por el Ministerio del Ambiente desde el año 2010, según el Acuerdo Ministerial N° 21 designándola Área Nacional de Recreación, siendo parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP); se encuentra ubicada entre los cantones Guayaquil y Durán en el curso del Río Guayas considerada el pulmón de estas dos urbes. También se le acredita la denominación de Humedal Ramsar N° 1041 desde octubre del 2000, cuenta con una extensión total de 4,705 hectáreas constituida por terrenos planos aluviales con depósitos fluvio-marinos y halófilos (MAE, 2011).

En el Área Nacional de Recreación Isla Santay se presenta una gran diversidad biológica, en lo que respecta a flora, posee aproximadamente 65 especies con 42 familias florísticas registradas, donde destacan *Mimosaceae*, *Poaceae*, *Arecaceae*, *Combretaceae* y *Cucurbitaceae*. Datos que confirman la importancia de realizar acciones que promuevan la sustentabilidad y conservación del ecosistema (MAE, 2011).

Considerando las funciones ecológicas del humedal Ramsar Isla Santay, como medio de valor económico, cultural, científico y recreativo para la sociedad, se han realizado diferentes estudios que han documentado la vegetación de esta área protegida, como en el Plan de Manejo del Área Nacional de Recreación Isla Santay y Gallo elaborado por el MAE en el año 2011 y la descripción de la flora representativa del Área Nacional de Recreación Isla Santay (ANRIS) en agosto del 2010 (Trejo & Lavayen, 2010).

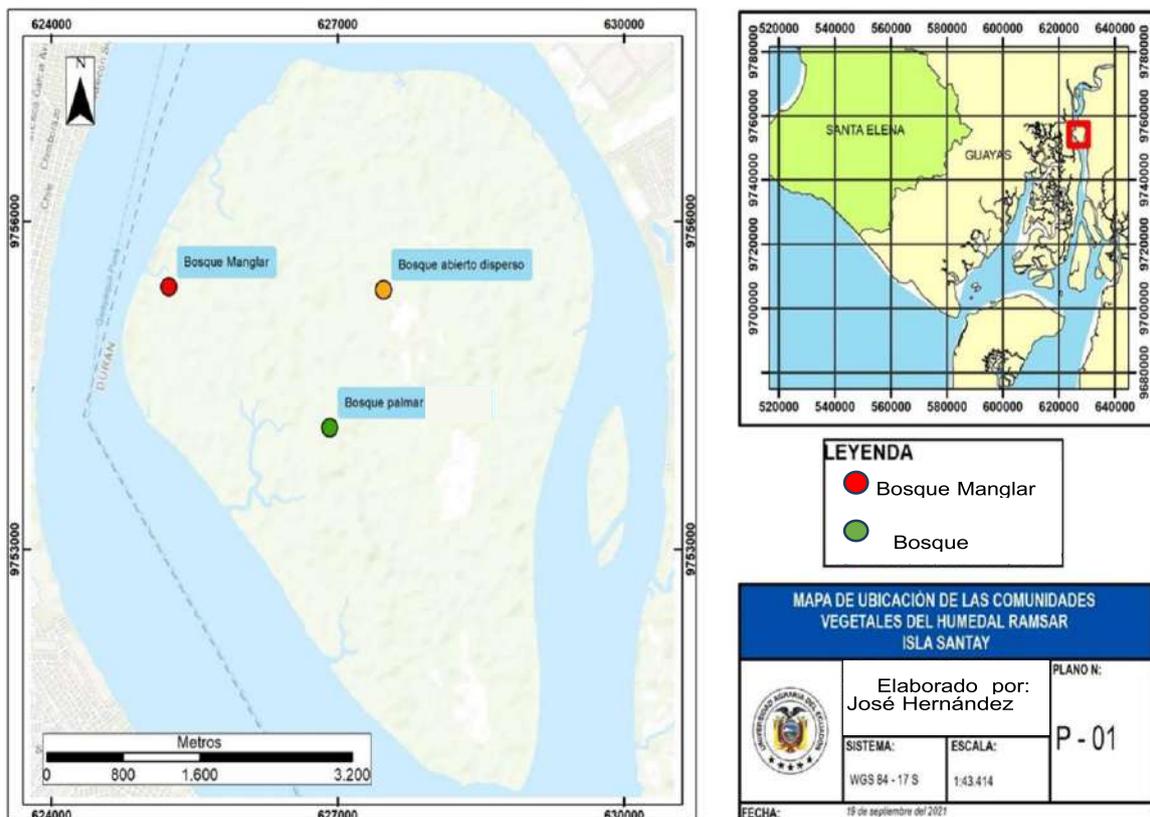
En el Humedal Ramsar Isla Santay, una especie exótica, *Roystonea oleracea* conserva poblaciones autosustentables, con 5316 individuos adultos, ocupando un área aproximada de 43.1 ha, donde se visualizaron espacios con alta y baja densidad de palma (Herrera et al. 2017a).

Según Zucaratto y Pires, (2014) *Roystonea oleracea* es una especie invasora que puede dispersarse naturalmente a gran distancia en áreas inundables naturales, la cual tiene como repercusión la reducción de la riqueza de especies de plantas y desplazamiento de especies nativas.

La presente investigación pretende determinar las características de la vegetación en dos áreas, la primera con la menor intervención, refiriéndose como condición natural determinado por el bosque de manglar y la segunda con un alto grado de intervención, determinado por la presencia de una alta densidad de palma imperial (*Roystonea oleracea*) o bosque de palmas, mediante el análisis de la vegetación comparativo, para la determinación del impacto de un organismo exótico sobre la vegetación del humedal de la isla Santay, a partir de la información aportada por Santander (2020).

Figura 27

Ubicación espacial de las unidades de vegetación estudiadas



Nota. Fuente: Santander (2020).

2. Materiales y Métodos

2.1. Área de estudio

En el Área Nacional Recreacional isla Santay y El Gayo, incluida en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Ecuador y Humedal Ramsar, se consideraron para el presente estudio dos de las comunidades vegetales presentes: Bosque Manglar Denso y Bosque palmar Muy Denso, cuyas coordenadas geográficas se detallan en la Tabla 25.

Tabla 25

Ubicación geográfica de los sitios de muestreo

N°	Latitud (S)	Longitud (W)	Descripción
1	02°12'54.76"	079°52'34.77"	Bosque Manglar
2	02°13'31.36"	079°52'02.24"	Bosque Palmar

Nota. Fuente: Santander (2020).

En la Figura 27, se representa cartográficamente la ubicación de isla Santay, así como la ubicación de los puntos de muestreo referidos en la Tabla 26.

2.2. Trabajo de Campo

Esta investigación de campo se realizó mediante un análisis cualitativo y cuantitativo de las características de la vegetación con un diseño de muestreo aleatorio sistemático estratificado, estableciendo dos parcelas de 0,5 ha, una para cada una de las comunidades a estudiar, que representan diferentes niveles de perturbación por la presencia de diferentes densidades de la palma exótica *Roystonea oleracea*. En cada una se recolectaron muestras para su correcta clasificación, estudio y análisis (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], (2004).

2.2.1. Metodología

Se ubicaron las parcelas correspondientes a las zonas definidas como área con alta densidad de palma (Bosque de alta densidad de palmas) y el área bajo condición natural (Bosque denso de manglar) en sus respectivas coordenadas (Tabla 25), realizando un recorrido preliminar para obtener una mejor apreciación

de la variación existente, para luego mediante la metodología establecida en el Anexo 1, obtener la información de campo en las dos áreas o parcelas experimentales.

2.2.1.1. Tamaño del área muestral y tipo de muestreo.

Para este estudio se utiliza una superficie de 5000m² (0.5 ha) para cada parcela experimental en la cual se estableces las parcelas de muestreo según se indica en el Anexo1.

2.2.1.2. Recolección de datos en el campo y tratamiento de muestras.

La obtención de los datos en el campo de cada uno de los parámetros de las especies en los diferentes estratos se realiza aplicando los protocolos establecidos en el Anexo 1, en el cual también se establecen los criterios a seguir para la transformación y cuantificación de estos, como el Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) a partir del Perímetro a la Altura del Pecho (PAP) y la altura. Así mismo los procedimientos que se aplican en la obtención de propiedades morfológicas de las especies de plantas (tamaño, forma y tipo de hoja, forma de vida y hábito de crecimiento).

La colección, tratamiento para la preservación y la identificación de las muestras botánicas a ser depositadas en el Herbario del Laboratorio de Estudios Ambientales de la Universidad Agraria del Ecuador, se realiza siguiendo la metodología que se describe en el Anexo 1.

2.2.1.3. Determinación de la Estructura Biológica de la Vegetación.

Las características de la estructura biológicas de la vegetación (Listado de Especies, Abundancia, Densidad, Cobertura, Frecuencia, Índice de Valor de Importancia) de las dos áreas experimentales, se determinan utilizando los procedimientos establecidos en el Anexo 1.

En cuanto a las propiedades emergentes de la vegetación (Diversidad, Equidad, Riqueza), indispensables para la determinación de la estructura biológica, las obtuvimos utilizando los Índices específicos que se encuentran en el Anexo 1.

2.2.1.4. Determinación de la Estructura Física de la Vegetación.

Para determinar la estructura física de la vegetación (Arreglo Vertical y Horizontal de las especies de plantas, Clases de Altura y de Área Basal, Perfiles de Vegetación, Forma de Vida, patrón de Dispersión) aplicamos las técnicas descritas en el Anexo 1, para luego representarlos de forma gráfica esquemática.

Tabla 26

Especies monitoreadas en la parcela de bosque de Manglar

Taxonomía	Género, especie y nombre común	Imagen
Reino: Plantae Subreino: Tracheophyta División: Magnoliophyta Clase: Liliopsida Orden: Arecales Familia: Arecaceae	Género: <i>Roystonea</i> Especie: <i>Roystonea oleracea</i> (Jacq.) O.F. Cook Nombre vernáculo: Palma imperial	
Reino: Plantae Subreino: Tracheobionta División: Magnoliophyta Clase: Liliopsida Orden: Asparagales Familia: Amaryllidaceae	Género: <i>Crinum</i> Especie: <i>Crinum amoenum</i> Roxb. Nombre vernáculo: Amancay	
Reino: Plantae Subreino: Embryophyta. División: Magnoliophyta. Clase: Equisetopsida. Orden: Lamiales. Familia: Acanthaceae.	Género: <i>Avicennia</i> . Especie: <i>Avicennia germinans</i> (L.) L Nombre vernáculo: Mangle llorón, Mangle salado, Mangle negro.	
Reino: Plantae Subreino: Spermatophyta División: Magnoliophyta Clase. Magnoliophytina Orden. Rhizophorales Familia. Rhizophoraceae	Género: <i>Rhizophora</i> Especie: <i>Rhizophora mangle</i> L. Nombre vernáculo: mangle colorado, mangle gateado, mangle rojo.	
Reino: Plantae Subreino: Spermatophyta División: Magnoliophyta Clase. Magnoliophytina Orden. Fabales Familia. Fabaceae (Leguminosae)	Género: <i>Mimosa</i> . Especie: <i>Mimosa pigra</i> L. Nombre vernáculo: Cariño de suegra, Zarza negra, dormidera.	

Reino: Plantae	Género: Phthirusa	
Subreino: Tracheobionta	Especie: <i>Phthirusa stelis</i> (L.)	
División: Magnoliophyta	Kuijt	
Clase: Magnoliophytina	Nombre vernáculo: Pajarito,	
Orden: Santalales	Matapalo, Golondrina.	
Familia: Loranthaceae		

Nota. Fuente: Santander (2020).

2.2.1.5. Análisis Estadístico

Con el análisis estadístico inferencial comparamos las variables abundancia, densidad, cobertura, frecuencia, clases de alturas y clases de área basal entre Bosque de palmas (Alta perturbación) y Bosque de manglar (baja perturbación), mediante la U de Mann-Whitney, mientras que para comparar las mismas variables entre los estratos del bosque de palmas y los del bosque de manglar, se utilizó la prueba de Kruskal Wallis, cuyos procedimientos se encuentran en el Anexo 1.

3. Resultados

3.1. Listado e Identificación de las Especies de Plantas de la Vegetación, Presente en las Áreas de Estudio en la Isla Santay

Se monitorearon y muestrearon las especies en las parcelas, que representan los dos niveles de perturbación con alta densidad de *R. oleracea* o bosque de palmas y con baja densidad de *R. oleracea* o bosque de manglar.

3.1.1. Especies de Plantas Identificadas en el Área de Muestreo del Bosque Manglar en el Humedal de Santay

En las diez parcelas del área de manglar denso se colectaron seis especies de vegetación que fueron sometidas a un proceso de acondicionamiento y preparación botánica mediante el prensado, secado y conservación de las muestras para realizar el herbario correspondiente, en la Tabla 26 se muestran las 6 especies muestreadas, pertenecientes a 6 familias y seis géneros.

3.1.2. Especies de Plantas Identificadas en el Área de Muestreo del Bosque de Palmas en Isla de Santay

En las diez parcelas del bosque de palmas se recolectaron e identificaron cinco especies de plantas pertenecientes a cinco familias y cinco géneros (Tabla 27), las cuales fueron preparadas para conservar en el herbario.

3.2. Estimación de la Abundancia, Densidad, Frecuencia y Cobertura, Absoluta y Relativa de las Especies en las áreas Experimentales

La abundancia, frecuencia, densidad, cobertura e Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies en las dos comunidades analizadas: Bosque de Manglar (baja perturbación, condición natural) y bosque de palmas (alta perturbación), se obtuvieron por estratos.

Tabla 27

Especies monitoreadas en la parcela de bosque de Palmas

Taxonomía	Género, especie y nombre común	Imagen
Reino: Plantae Subreino: Tracheophyta División: Magnoliophyta Clase: Magnoliophytina Orden: Malpighiales Familia: Erythroxylaceae	Género: Erythroxylum P Browne Especie: <i>Erythroxylum glaucum</i> O E. Schulz. Nombre vernáculo: Coquito, Arrayan, Negro-negro	
Reino: Plantae Subreino: Tracheobionta División: Tracheophyta Clase: Magnoliopsida Orden: Vitales Familia: Vitaceae	Género: Cissus Especie: <i>Cissus obliqua</i> Ruiz & Pav Nombre vernáculo: Bejuco de montaña.	
Reino: Plantae Subreino: Tracheophyta División: Magnoliophyta Clase: Liliopsida Orden: Arecales Familia: Arecaceae	Género: Roystonea Especie: <i>Roystonea oleracea</i> (Jacq.) O.F. Cook Nombre vernáculo: Palma imperial	

Reino: Plantae Subreino: Tracheobionta División: Magnoliophyta Clase: Liliopsida Orden: Asparagales Familia: Amaryllidaceae	Género: <i>Crinum</i> Especie: <i>Crinum amoenum</i> Roxb. Nombre vernáculo: Amancay	
Reino: Plantae Subreino: Viridiplantae. División: Traqueofita. Clase: Espermatofita. Orden: Lamiales. Familia: Acanthaceae.	Género: <i>Avicennia</i> . Especie: <i>Avicennia germinans</i> (L.) L Nombre vernáculo: Mangle llorón, Mangle salado, Mangle negro.	

Nota. Fuente: Santander (2020).

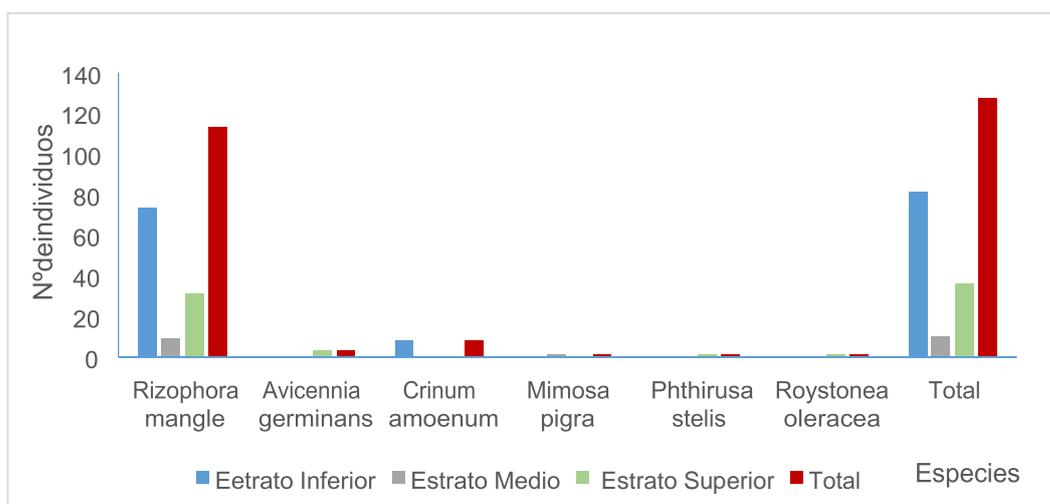
3.2.1. Abundancia de las Especies en el Bosque de Manglar

En el área de bosque de manglar se contabilizaron un total de 127 individuos repartidos en los estratos: inferior con 83 individuos, medio 10 individuos y superior 36 individuos,

Por especies se encontraron mangles como *Rhizophora mangle* L. (113 individuos), siendo esta la especie más abundante y *Avicennia germinans* L. (3 individuos), además de otras especies exóticas como *Crinum amoenum* (8 individuos), *Roystonea oleracea* (1 individuo), *Mimosa pigra* L. (1 individuo) y una especie parásita como *Phthirusa stelis* (1 individuo) (Figura 28).

Figura 28

Abundancia de individuos de especies en el Bosque de Manglar



Nota. Fuente: Santander (2020).

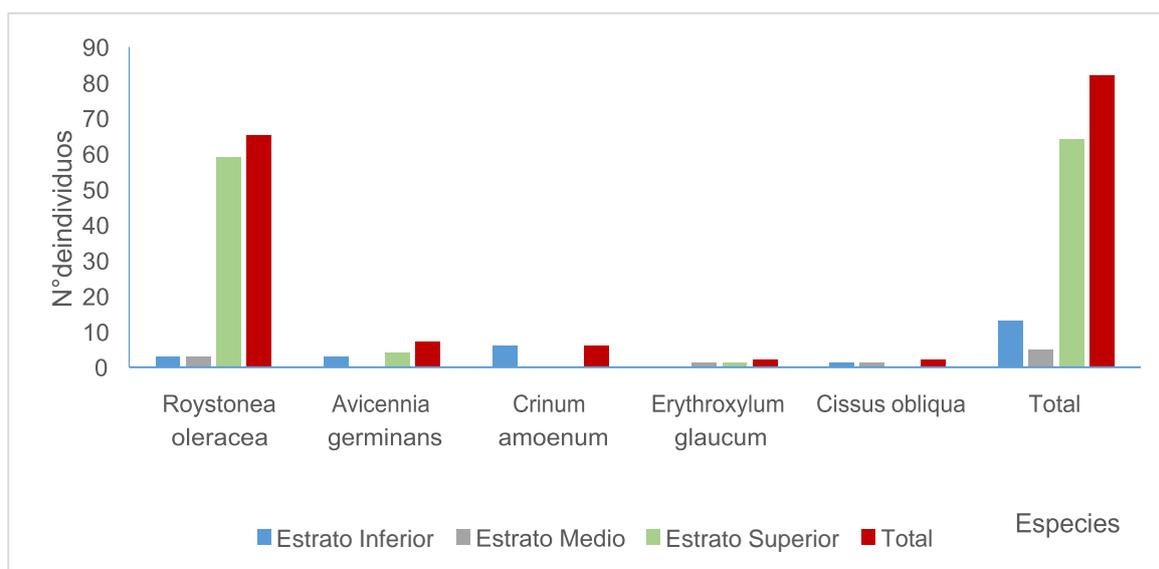
En el área de bosque de manglar, *Rhizophora mangle* fue la más abundante en el estrato superior con 31 individuos, en el estrato medio con 9 individuos y 73 individuos en el estrato inferior. Mientras que *Crinum amoenum* es la segunda especie con mayor presencia en el estrato inferior con 8 individuos. Las especies menos abundantes fueron *Mimosa pigra* con 1 individuo en el estrato medio, *Roystonea oleracea* y *Phthirusa stelis* con 1 individuo en el estrato superior respectivamente. Por último, de *Avicennia germinans* L. se registraron 3 individuos en el estrato superior siendo la otra especie de manglar con *Rhizophora mangle* con mayor presencia en esta área.

3.2.2. Abundancia de las Especies en el Bosque de Palmas

Se contabilizó un total de 82 individuos repartidos en el estrato inferior con 13 individuos, en el estrato medio un total de 5 individuos y por último en el estrato superior un total de 64 individuos, donde se encontraron una especie de mangle como *Avicennia germinans* L. (7 individuos), también especies autóctonas como: *Erythroxylum glaucum* (2 individuos), *Cissus obliqua* (2 individuos) y exóticas como *Crinum amoenum* (6 individuos), *Roystonea oleracea* (65 individuos) (Figura 29).

Figura 29

Abundancia de individuos de especies en el Bosque de Palmas



Nota. Fuente: Santander (2020).

En el área de bosque de palmas, *Roystonea oleracea* fue la especie más abundante en el estrato superior con 59 individuos, en el estrato medio con 3 individuos y 3 individuos en el estrato inferior. Mientras que *Crinum amoenum* es la especie con más presencia en el estrato inferior con 6 individuos. Las especies menos abundantes fueron *Erythroxylum glaucum* con 1 individuo en el estrato medio y 1 individuo en el estrato superior, además de *Cissus obliqua* con 1 individuo en el estrato inferior y 1 individuo en el estrato medio. Por último, de *Avicennia germinans* L. se registraron 3 individuos en el estrato inferior y 4 individuos en el estrato superior siendo la única especie de mangle que se monitoreo en el área designada.

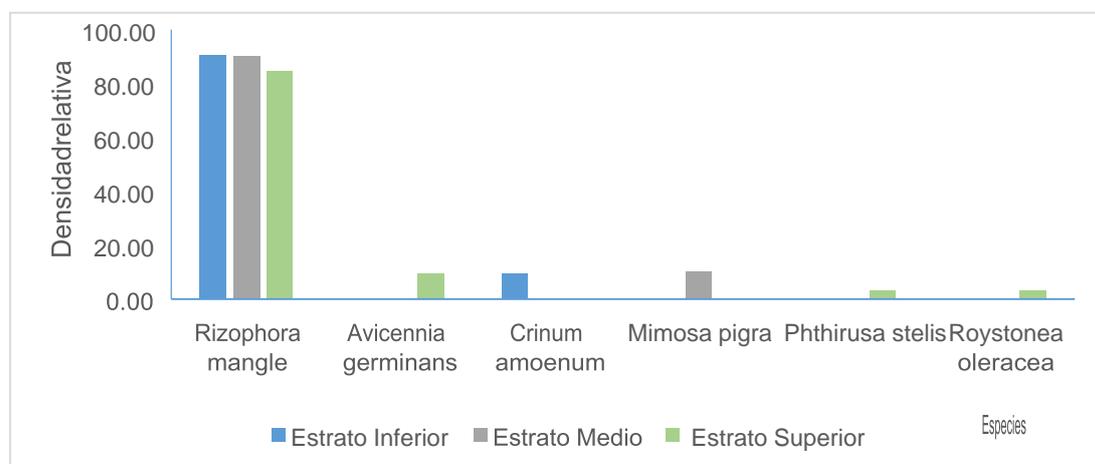
3.2.3. Densidad Relativa de las Especies en el Bosque de Manglar

En esta área de estudio *Rhizophora mangle* es la especie que cuenta con mayor densidad relativa, con un 90.59% en el estrato inferior, en el estrato medio un 90% y un 84.38% en el estrato superior (Figura 30).

La especie de planta con menor densidad relativa en el estrato medio es *Mimosa pigra* L. con 10% y en el estrato superior *Roystonea oleracea* y *Phthirusa stelis* con el 3.13% para cada una de las especies, mientras que *Avicennia germinans* tiene un 9.38% en el estrato superior y *Crinum amoenum* con 9.41% en el estrato inferior (Figura 30).

Figura 30

Densidad relativa de especies en el Bosque de Manglar



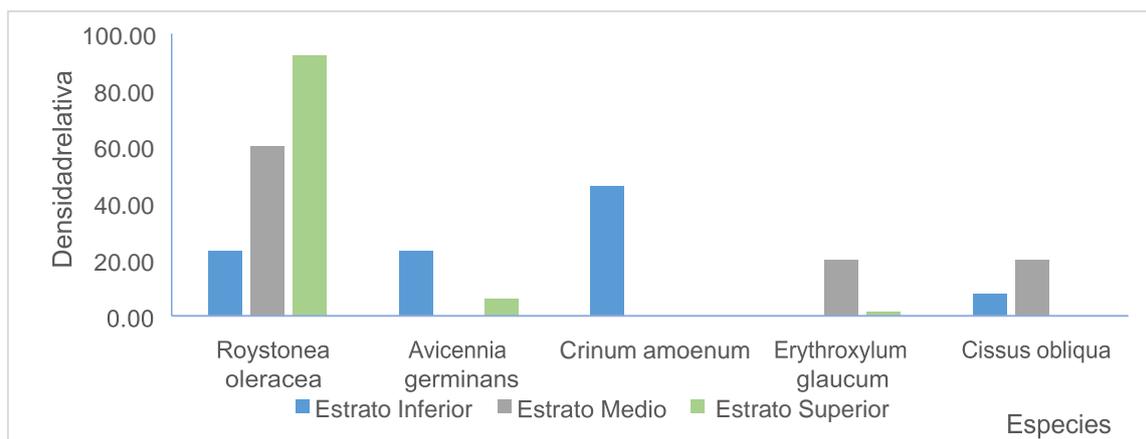
Nota. Fuente: Santander (2020).

3.2.4. Densidad Relativa de las Especies en el Bosque de Palmas

En esta área de estudio se determinó que la especie *Roystonea oleracea* con 23.08% en el estrato inferior, con 60% en el estrato medio y con 92.19% y en el estrato superior es la especie que cuenta mayor densidad relativa (Figura 31).

Figura 31

Densidad relativa de especies en el Bosque de Palmas



Nota. Fuente: Santander (2020).

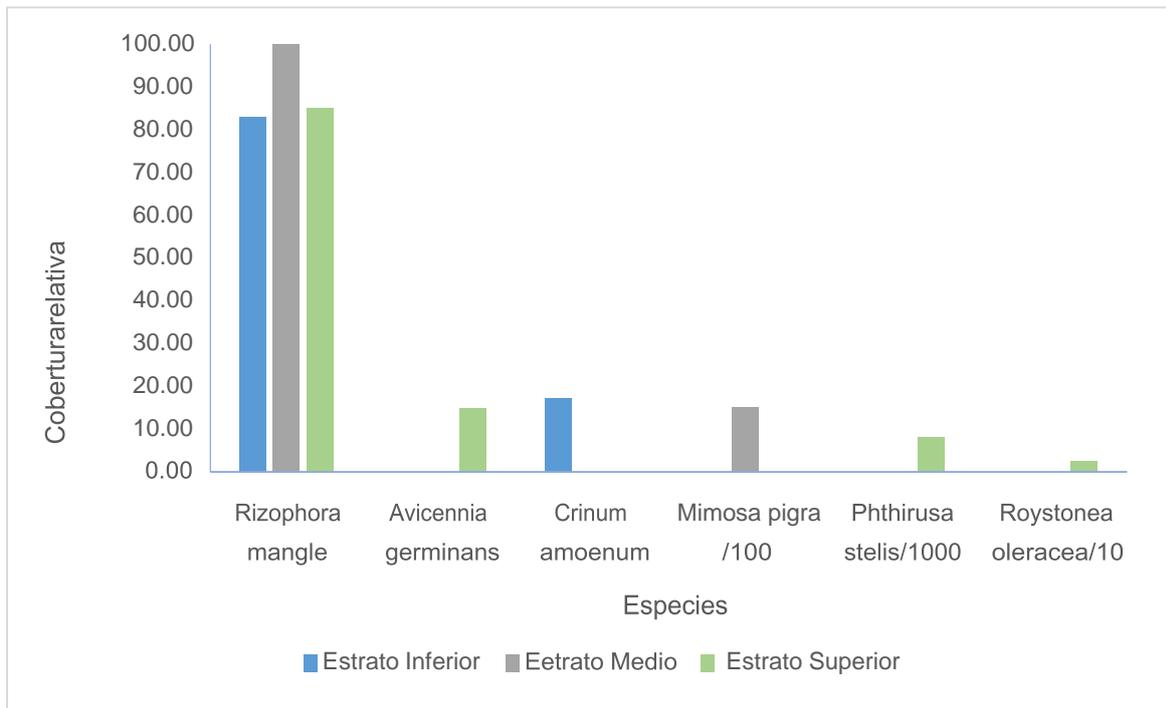
En las demás especies de vegetación como *Avicennia germinans* se obtuvo una densidad relativa de 23.08% en el estrato inferior y de 6.25% en el estrato superior, *Crinum amoenum* con 46.15% es la especie que más densidad relativa tiene en el estrato inferior, mientras que *Erythroxylum glaucum* tiene un 20% en el estrato medio y 1.56% en estrato superior y por último *Cissus obliqua* se le calculó un 7.69% en el estrato inferior y un 20% en el estrato medio (Figura 31).

3.2.5. Cobertura Relativa de las Especies en Bosque de Manglar

La especie de mayor cobertura relativa fue *Rhizophora mangle*, con un 82.88% en el estrato inferior, 99.85% en el estrato medio y 84.86% en el estrato superior. Otras especies como *Crinum amoenum* registró el 17.12% en el estrato inferior y *Avicennia germinans* el 14.90% en el estrato superior, mientras que las especies con menor cobertura relativa fueron *Mimosa pigra* con un 0.15% en el estrato medio. en el estrato superior *Roystonea oleracea* con 0.24% y *Phthirusa stelis* con 0.0008% de cobertura relativa en el estrato superior (Figura 32).

Figura 32

Cobertura relativa de especies en el Bosque de Manglar



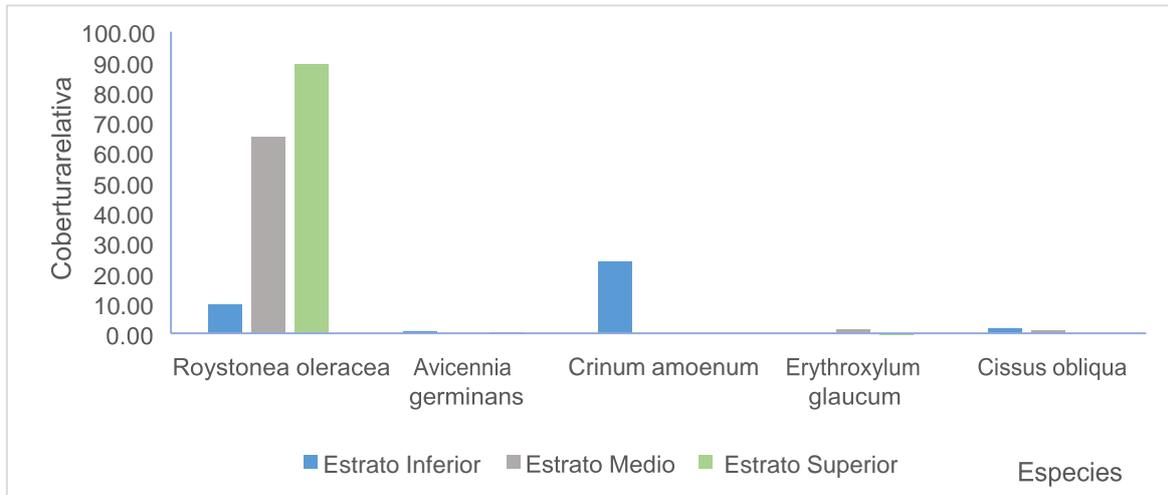
Nota. Fuente: Santander (2020).

3.2.6. Cobertura Relativa de las Especies en el Bosque de Palmas

La especie de mayor cobertura relativa fue *Roystonea oleracea*, con un 9.47% en el estrato inferior, con un 64.96% en el estrato medio y un 89.23% en el estrato superior. Por otro lado, la especie *Crinum amoenum* alcanzó 23.73% en el estrato inferior y *Avicennia germinans* el 0.59% en el estrato inferior y 0.27% en el estrato superior, mientras que la especie *Erythroxylum glaucum* representó el 1.09% de cobertura relativa en el estrato medio y 0.011% en el estrato superior, por último, se registró el 1.64% y 0.80% para *Cissus obliqua* en el estrato inferior y medio respectivamente (Figura 33).

Figura 33

Cobertura relativa de especies en el Bosque de Palmas



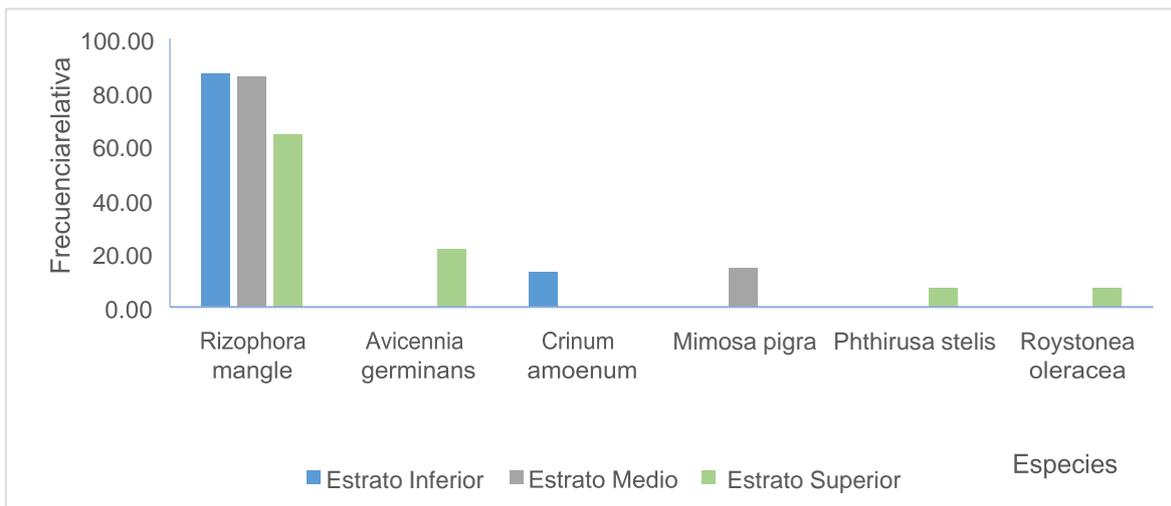
Nota. Fuente: Santander (2020).

3.2.7. Frecuencia Relativa de las especies en Área de Bosque de Manglar

Se determinó que la especie *Rhizophora mangle* es la que cuenta con mayor frecuencia relativa, con un 86.96% en el estrato inferior, con un 85.71% en el estrato medio y un 64.29% en el estrato superior (Figura 34).

Figura 34

Frecuencia relativa de especies en el Bosque de Manglar



Nota. Fuente: Santander (2020).

Las especies de vegetación con menor frecuencia relativa son en el estrato medio *Mimosa pigra* L. con 14.29% y en el estrato superior *Roystonea oleracea*

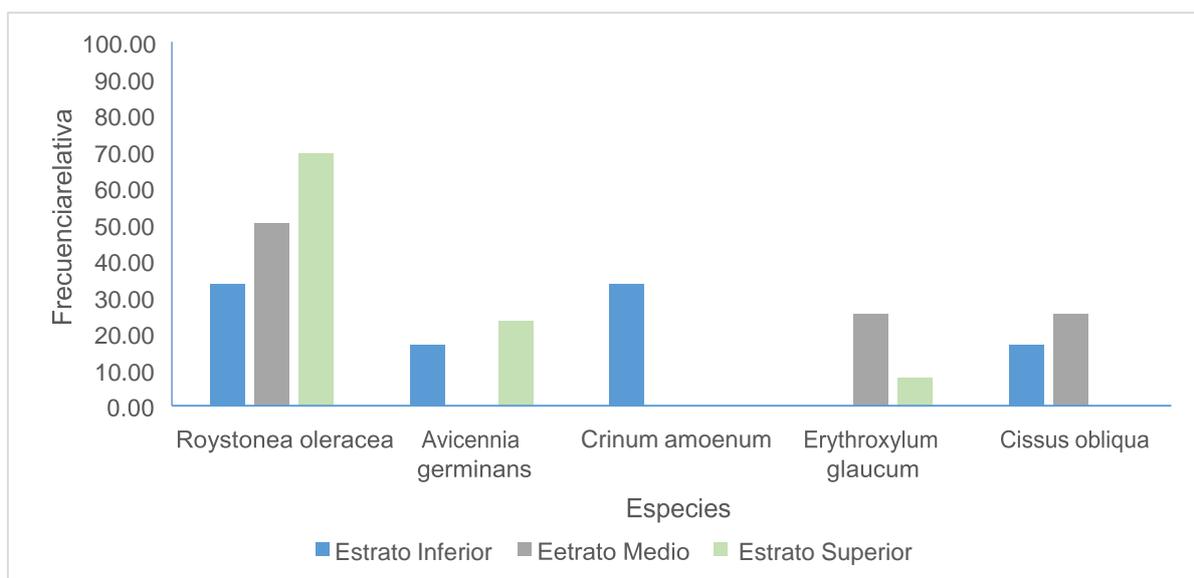
y *Phthirusa stelis* con el 7.14% para cada una de las especies, mientras que *Avicennia germinans* tiene un 21.43% en el estrato superior y *Crinum amoenum* con 13.04% en el estrato inferior (Figura 34).

3.2.8. Frecuencia Relativa de las Especies en el Bosque de Palmas

En el área de palmas a partir de la frecuencia absoluta (ver tabla 26 en anexos) se determinó la frecuencia relativa (ver tabla 27 en anexos). En esta área de estudio se determinó que la especie *Roystonea oleracea* con 33.3% en el estrato inferior, con 50% en el estrato medio y con 69.23% y en el estrato superior es la especie que cuenta mayor frecuencia relativa (Figura 35).

Figura 35

Frecuencia relativa de especies en el Bosque de Palmas



Nota. Fuente: Santander (2020).

Con *Avicennia germinans* se obtuvo una frecuencia relativa de 16.17% en el estrato inferior y 23.08% en el estrato superior, también *C. amoenum* cuenta con 33.3% en el estrato inferior, mientras que *E. glaucum* tiene un 25% en el estrato medio y 7.69% en estrato superior y por último *C. obliqua* se le calculó un 16.67% en el estrato inferior y un 25% en el estrato medio (Figura 35).

3.3. Índice de Valor de Importancia IVI

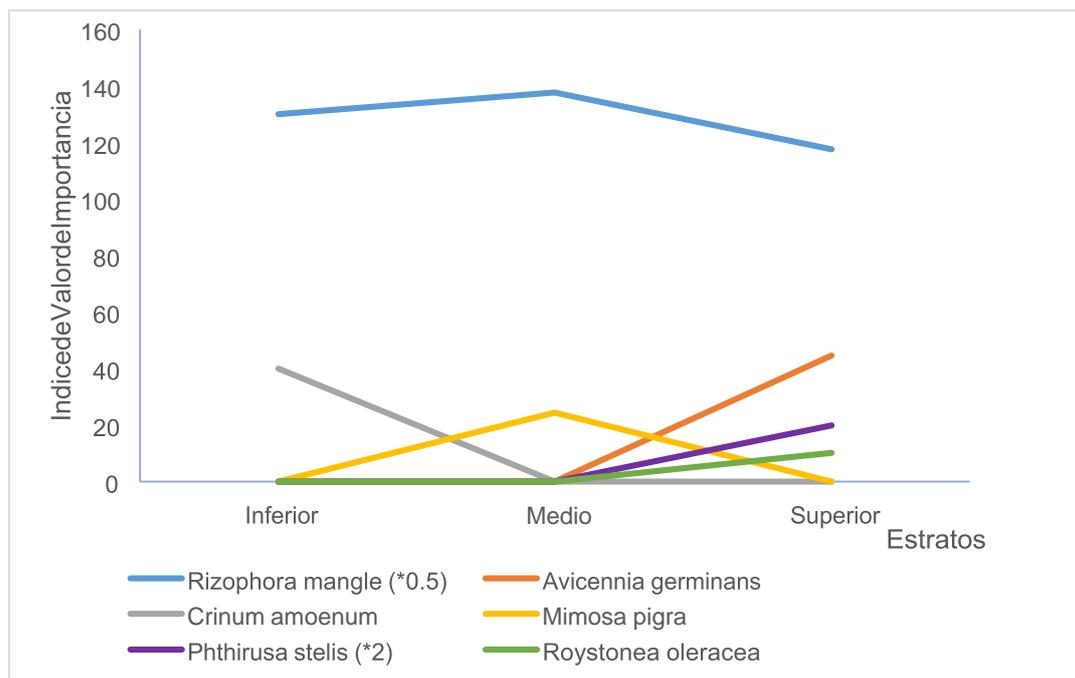
Se ordenaron las especies de plantas en el área de bosque de manglar y bosque de palmas en función al IVI de mayor a menor. Este índice muestra la suma de la densidad, cobertura y frecuencia relativas para cada una de las especies por estrato (IVI=300), como se indicó metodológicamente.

3.3.1. Índice de Valor de Importancia de las Especies en el Bosque de Manglar

Como se observa en la Figura 36, la especie más importante es *Rhizophora mangle* en los tres estratos de estudio, ya que posee un valor de 259.96 en el estrato inferior, un 275.96 en el estrato medio y un 235.26 en el estrato superior.

Figura 36

Índice de Valor de Importancia de las especies en el Bosque de Manglar



Nota. Fuente: Santander (2020).

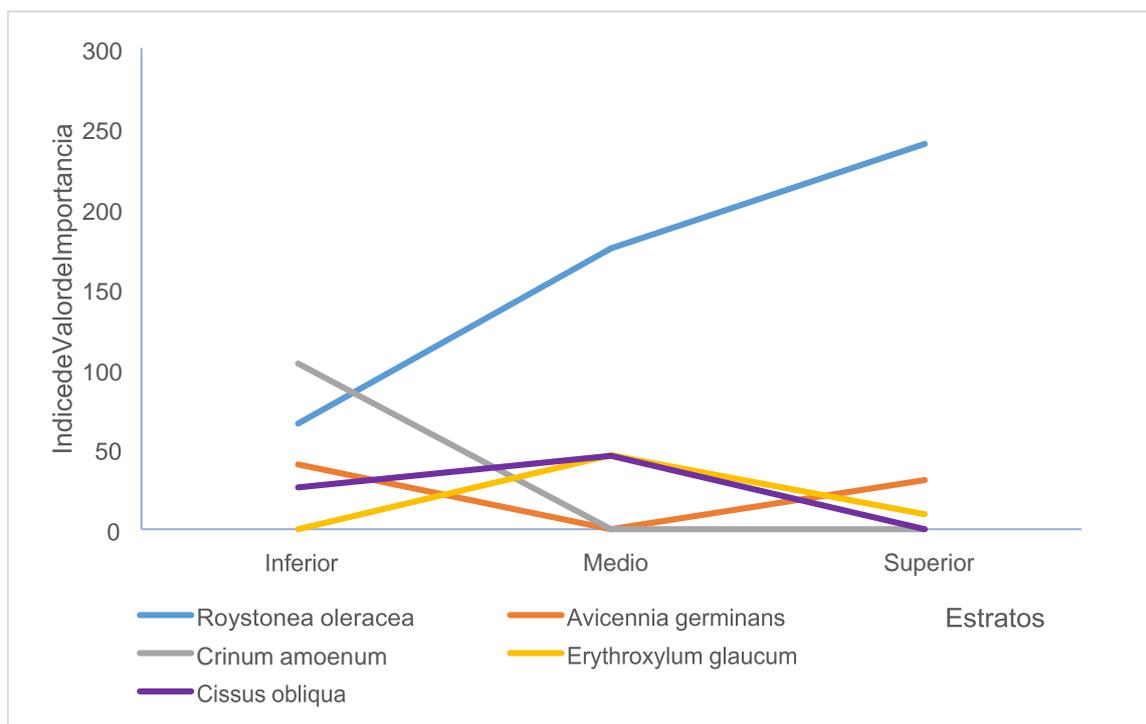
Mientras que *Avicennia germinans* registra un valor de 44.66 en el estrato superior y *Crinum amoenum* de 40.04 en el estrato inferior. Las especies menos importantes son *Roystonea oleracea* con un valor de 10.16 en el estrato superior *Mimosa pigra* L. con un valor 24.44 en el estrato medio y *Phthirusa stelis* con 9.92 en el estrato superior (Figura 36).

3.3.2. Índice de Valor de Importancia de las especies en Bosque de Palmas

En el bosque de palmas, la especie *Roystonea oleracea* fue la más importante en los estratos medio y superior con IVI de 174.96 y 240.26 respectivamente, mientras que en estrato inferior fue de 65.88. *Avicennia germinans* registró un IVI de 40.34 en el estrato inferior y 30.51 en el estrato superior, *Erythroxyllum glaucum* presento un IVI de 46.09 en el estrato medio y 9.26 en el estrato superior. Otra especie, *Cissus obliqua* alcanzo un valor de IVI de 26.003 en el estrato inferior y 45.80 en el estrato medio, mientras que *Crinum amoenum* cuenta con un valor del 103.23 en el estrato inferior (Figura 37).

Figura 37

Índice de Valor de Importancia de vegetación en el Bosque de Palmas



Nota. Fuente: Santander (2020).

3.4. Diversidad, Riqueza y Equidad

Para la diversidad se utilizó el Índice de Simpson, el índice Shannon-Wiener y el índice de Margalef, además se determinó la riqueza a partir del Índice de Simpson y también la equidad mediante la Equidad de Simpson y Pielou.

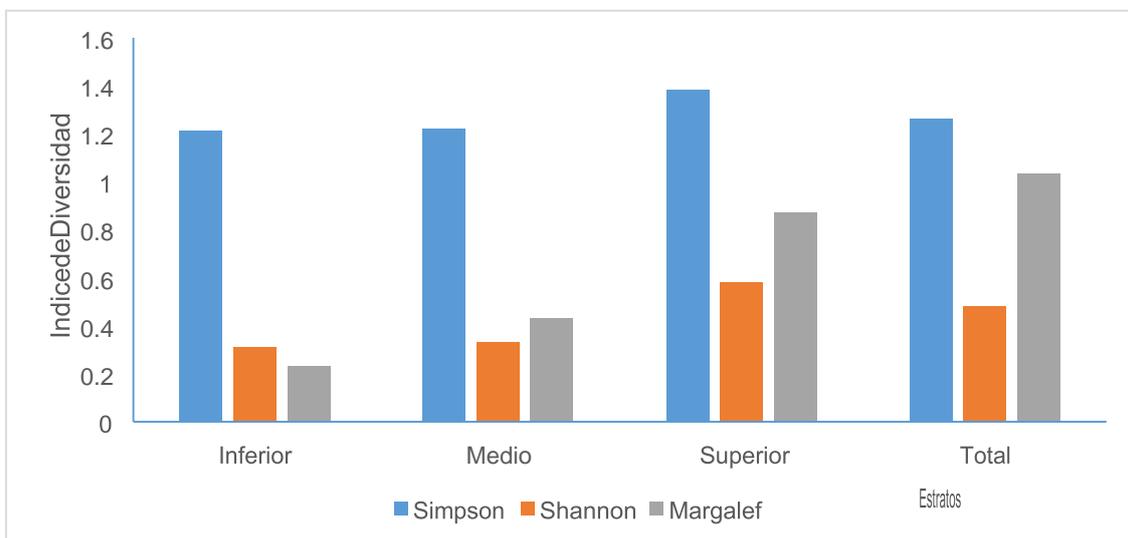
La biodiversidad de las especies se refiere a la variabilidad de los individuos presentes, una comunidad es más biodiversa mientras tenga más cantidad de individuos, especies y que se encuentre equitativamente repartidos los individuos entre las diferentes especies.

3.4.1. Diversidad, Riqueza y Equidad en Bosque de Manglar

El estrato superior se identificó como el estrato más diverso con valores superiores comparándolo con otros estratos; el índice de diversidad Simpson indica un valor de 1.38, además el índice de diversidad de Shannon con un valor de 0.58 y el índice de diversidad de Margalef con un valor de 0.87 (Figura 38).

Figura 38

Índices de Diversidad de los estratos del Bosque de Manglar

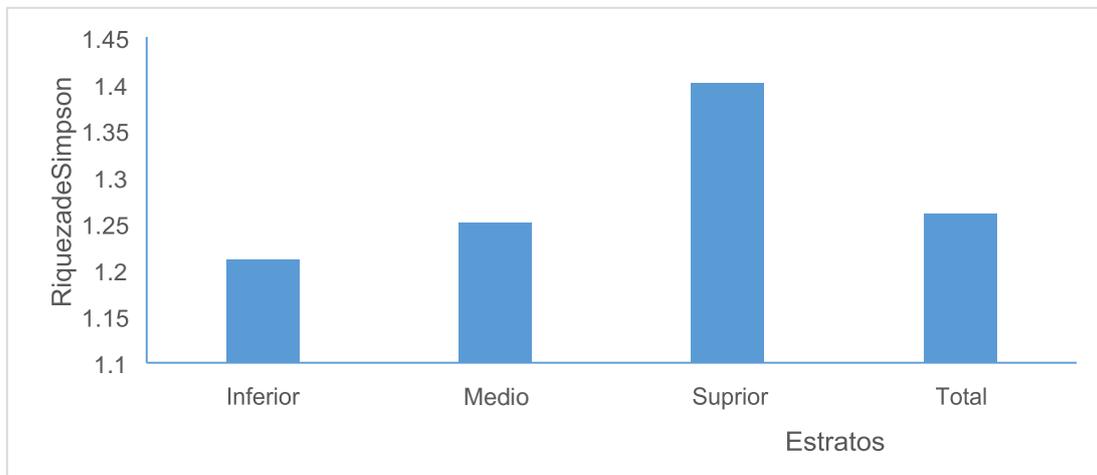


Nota. Fuente: Santander (2020).

Por otro lado, el índice de riqueza de Simpson le da un mayor valor al estrato superior con un valor de 1.40, seguido del estrato medio con 1.25 y por último el estrato inferior con 1.21 (Figura 39).

Figura 39

Índice de Riqueza de los estratos del Bosque de Manglar

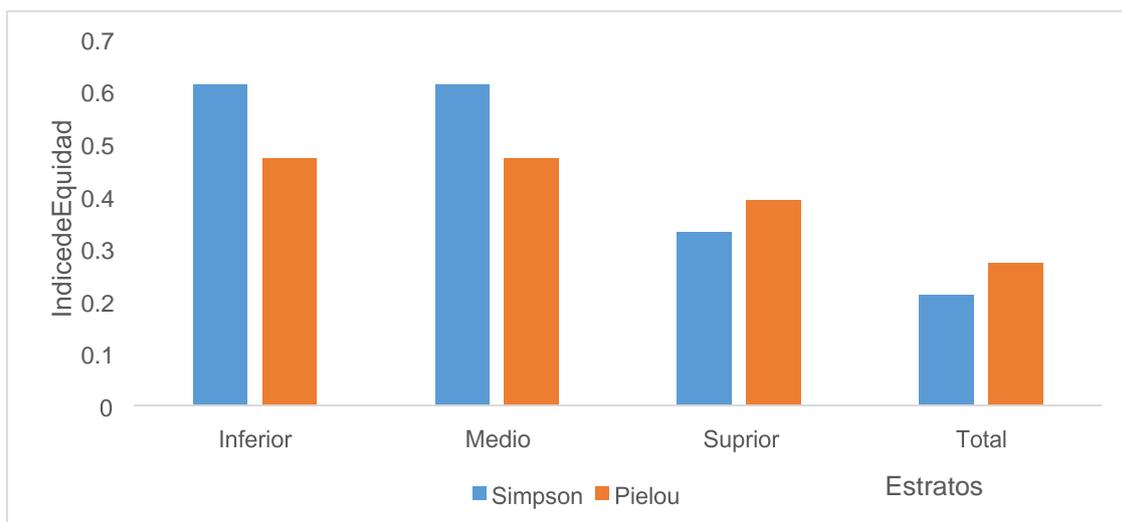


Nota. Fuente: Santander (2020).

Por último, la Equidad de Simpson y Pielou muestran una baja equitatividad del bosque de Manglar ya que todos los valores en los diferentes estratos y total no se aproximan a uno, pero los estratos más equitativos son el inferior y medio, esto se da porque este bosque tiene una especie dominante como *Rhizophora mangle* (Figura 40).

Figura 40

Índices de Equidad de los estratos del Bosque de Manglar



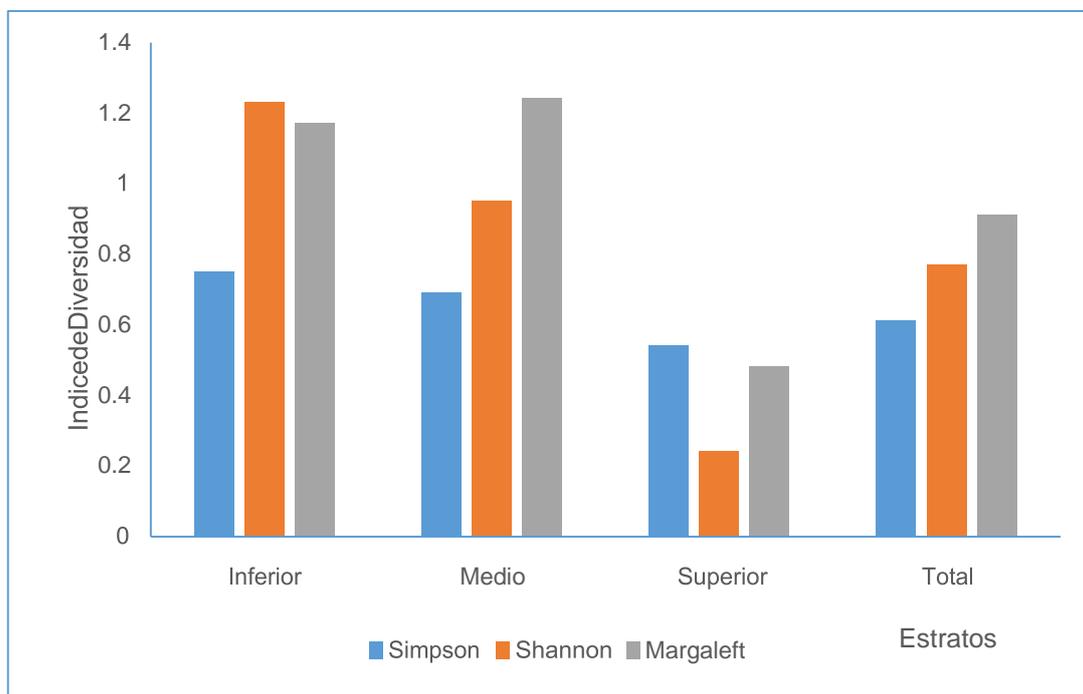
Nota. Fuente: Santander (2020).

3.4.2. Diversidad, Riqueza y Equidad en el Bosque de Palmas

El estrato inferior es el más diverso, con un valor de 0.75 del índice de diversidad de Simpson, y de 1.23 del índice de diversidad de Shannon, mientras que el índice de diversidad de Margalef es mayor en el estrato medio con un valor de 1.24, seguido del valor obtenido en el estrato inferior de 1.17 y por último 0.48 en el estrato superior (Figura 41).

Figura 41

Índices de Diversidad de los estratos del Bosque de Palmas

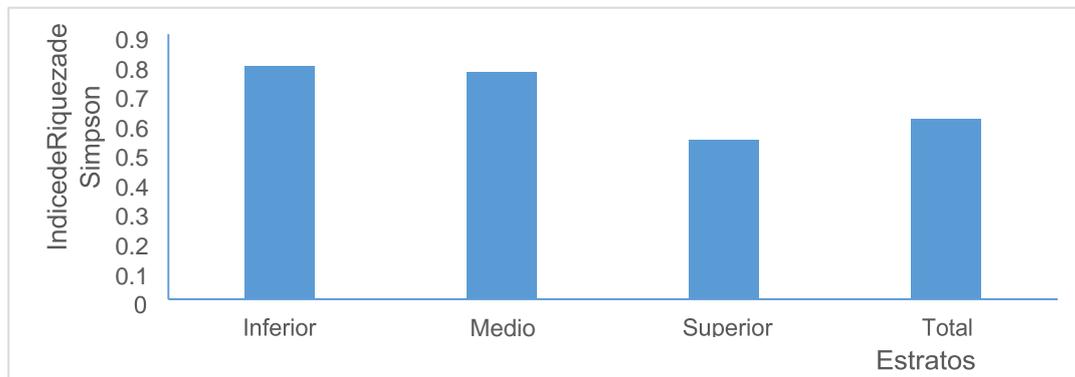


Nota. Fuente: Santander (2020).

En cuanto al Índice de Riqueza de Simpson, el valor más alto se presenta en el estrato inferior con un valor de 0.79 con poca diferencia del estrato medio con un valor de 0.77 y por último el estrato superior con un valor de 0.54 (Figura 42).

Figura 42

Índice de Riqueza de Simpson de los estratos del Bosque de Palmas

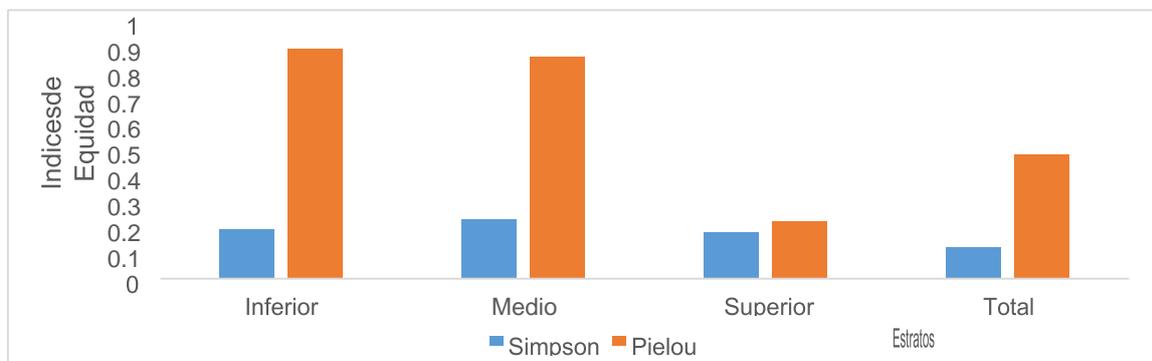


Nota. Fuente: Santander (2020).

Por último, en el Bosque de Palmas, con una especie dominante como *Roystonea oleracea*, los valores del Índice de Equidad de Simpson de todos los estratos son bajos y similares, mientras que el Índice de la Equidad de Pielou del estrato superior es bajo y de los estratos inferior y medio son más altos y cercanos a uno (Figura 43).

Figura 43

Índices de equidad de los estratos del Bosque de Palmas



Nota. Fuente: Santander (2020).

3.5. Estructura Física

3.5.1. Estructura Horizontal

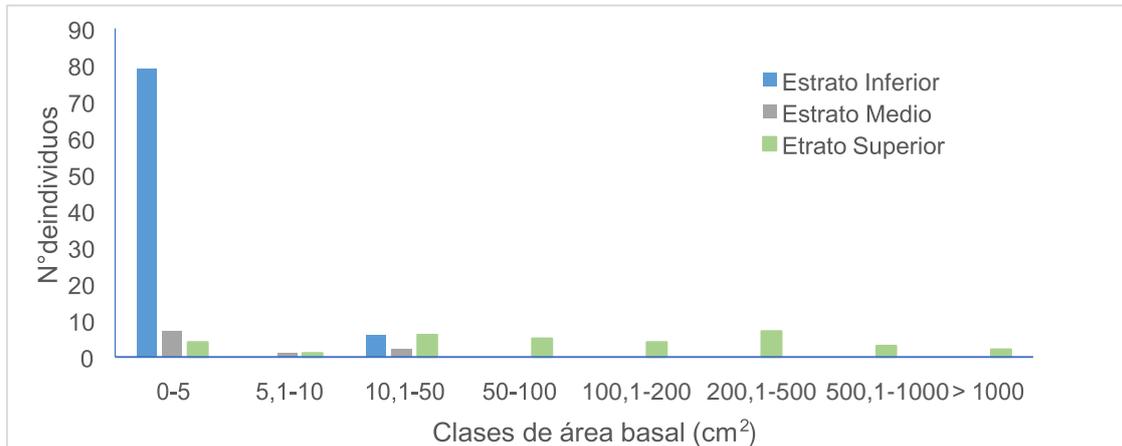
3.5.1.1. Bosque de Manglar.

El histograma de área basal muestra que el rango que ostenta la mayor cantidad de individuos en el bosque de manglar es el que va desde 0 a 5 cm² con 79

individuos en el estrato inferior, 7 en el estrato medio y 4 en el estrato superior seguido del rango de 10.1 a 50 cm² (Figura 44).

Figura 44

Clases de Área basal por estrato en el Bosque de Manglar



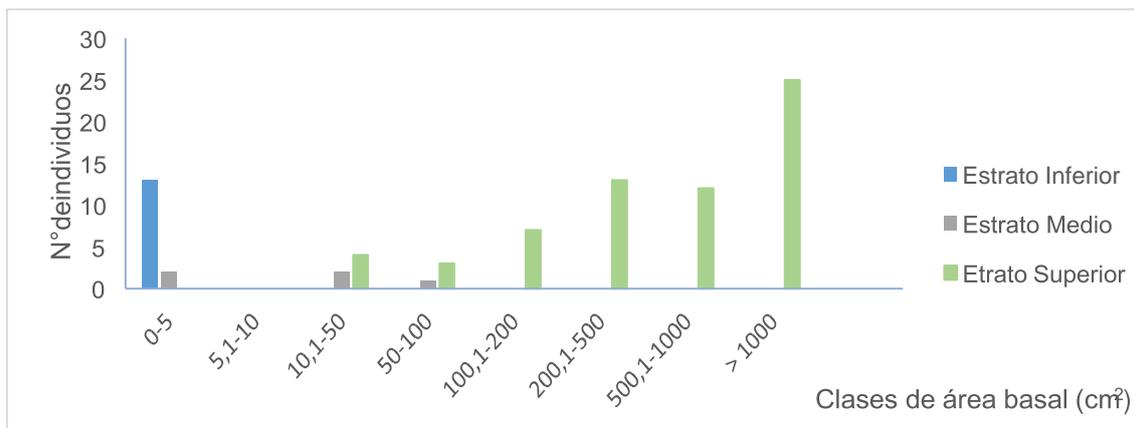
Nota. Fuente: Santander (2020).

3.5.1.2. Bosque de Palmas.

El histograma de área basal muestra que el rango que ostenta la mayor cantidad de individuos en el bosque de palmas es el >1000 cm² con 25 individuos en el estrato superior seguido del rango de 0 a 50 cm² con 13 individuos en el estrato inferior y 2 individuos en el estrato medio (Figura 45).

Figura 45

Clases de Área basal por estrato en el Bosque de Palmas



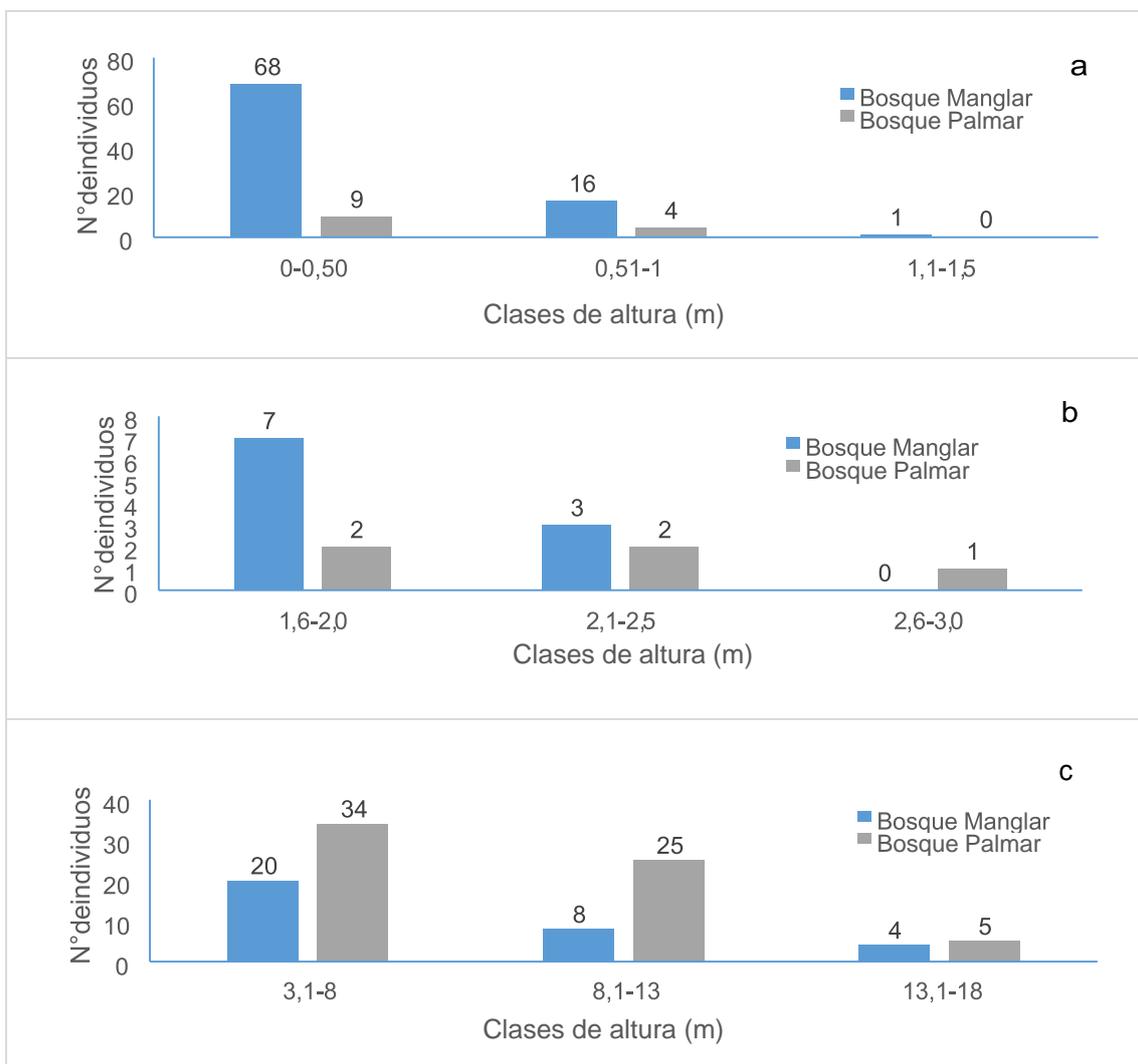
Nota. Fuente: Santander (2020)

3.5.2. Estructura Vertical

En el estrato inferior las alturas que van en el rango de 0 a 0.50 m (metro) tiene 68 individuos en el bosque de manglar y 11 en el bosque de palmas, mientras el rango que va desde 0.51 a 1 m tiene 16 individuos en el bosque de manglar y 2 en el bosque de palmas, y por último en el rango que va desde 1.1 a 1.5 m tiene 1 individuo en el bosque de manglar y 0 en el bosque de palmas (Figura 46a).

Figura 46

Clases de Alturas en los estratos de las áreas experimentales



Nota. Estrato Inferior (a), Estrato Medio (b), Estrato Superior (c). Fuente: Santander (2020).

Para el estrato medio, en el bosque de manglar encontramos 7 individuos con alturas en el rango de 1.6 a 2 m mientras que en el bosque de palmas solo se

presentan 2, en el rango que va desde 2.1 a 2.5 m, el bosque de manglar tiene 3 individuos y en el bosque de palmas 2, y por último en el rango que va desde 2.6 a 3 m no tiene individuos en el bosque de manglar y el bosque de palmas tiene 1 individuo (Figura 46b).

Por último, en el estrato superior, en el rango de 3.1 a 8 m de altura se presentan 20 individuos en el bosque de manglar y 34 en el bosque de palmas, mientras el rango que va desde 8.1 a 13 m hay 8 individuos en el bosque de manglar y 25 en el bosque de palmas, y por último en el rango que va desde 13.1 a 18 m, se detectan 4 individuos en el bosque de manglar y 5 en el bosque de palmas (Figura 46c).

3.5.3. Perfiles de la Vegetación

Mediante la elaboración de perfiles de vegetación se representó una parcela que reúna las características particulares de cada área de estudio (bosque de manglar y bosque de palmas) representando su arreglo vertical y horizontal.

En la Figura 47 se muestra la representación gráfica de cada una de las especies encontradas en las dos áreas de estudio.

Figura 47

Simbología de las especies de plantas representadas en los perfiles de vegetación

1		2		3		4	
	<i>Roystonea oleracea</i>		<i>Crinum amoenum</i>		<i>Avicennia germinans</i>		<i>Rhizophora mangle</i>
5		6		7		8	
	<i>Mimosa pigra</i>		<i>Phthirusa stelis</i>		<i>Erythroxylum glaucum</i>		<i>Cissus obliqua</i>

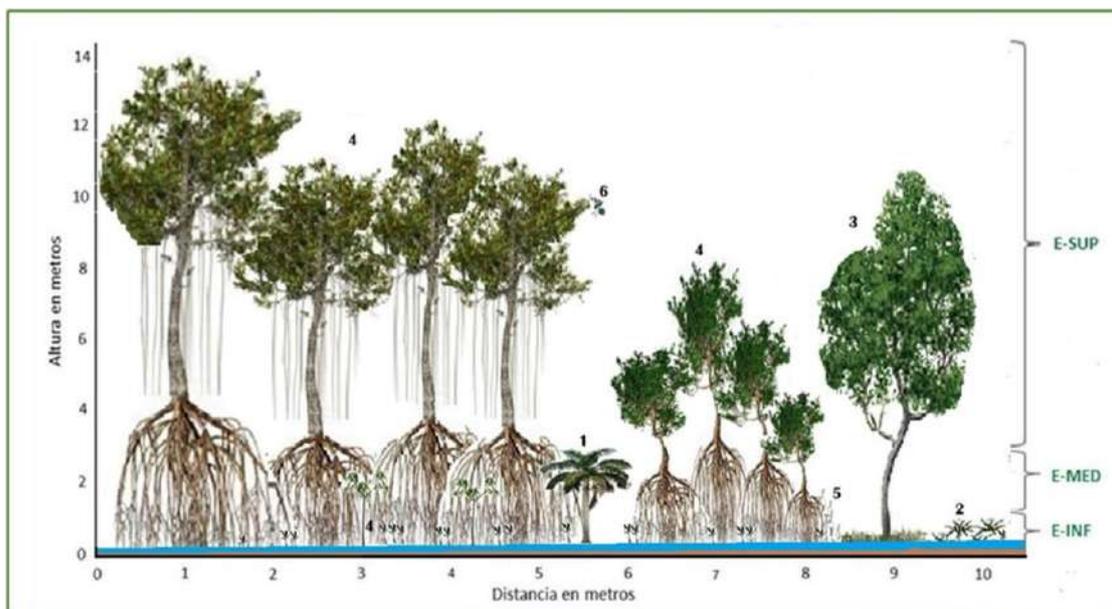
Nota. Fuente: Santander (2020)

3.5.3.1. Perfil de Vegetación del Bosque de Manglar.

El perfil de la vegetación del bosque de manglar representado en la Figura 48, muestra los tres tipos de estratos, donde en el estrato inferior las especies llegan a una altura de hasta 1.5 m, y entre ellas están plántulas de la especie *R. mangle* con altura promedio entre 0.20 y 0.60 metros distribuida a lo largo de la parcela y *C. amoenum* con 0.60 m de altura en promedio.

Figura 48

Perfil de la vegetación del Bosque de Manglar



Nota. E-Inf. (estrato inferior), E-Med. (estrato medio) y E-Sup. (estrato superior), (nivel del suelo), (nivel de agua) *R. oleracea* (1), *C. amoenum* (2), *A. germinans* (3), *R. mangle* (4), *M. pigra* (5), *P. stelis* (6). Fuente: Santander (2020).

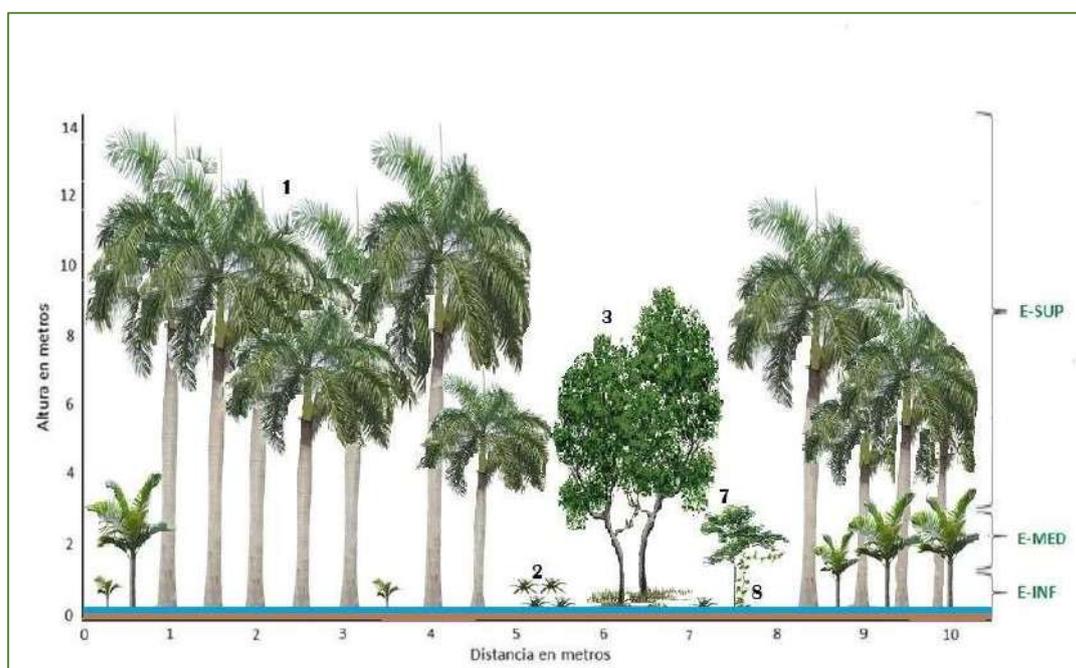
En el estrato medio se encuentran especies de hasta 3 m de altura, éstas incluyen a: *R. mangle* con altura promedio de 2 metros como especie dominante y *M. pigra* en pequeños sectores del bosque donde ha logrado prosperar. El estrato superior se encuentra *R. mangle* con individuos desde 3.5 m hasta individuos con 14.15 y 16 m con unas cuantas especies de *A. germinans* en pocos sectores con una altura promedio de 1 metro, además en las copas un *R. mangle* se encontró a *P. stelis* una especie parásita y *R. oleracea* con 3.65 m de altura.

3.5.3.2. Perfil de Vegetación del Bosque de Palmas.

En el perfil de la vegetación del bosque de palmas representado en la Figura 46, se detallan los tres tipos de estratos. En el estrato inferior las especies llegan a una altura de hasta 1.5 m, y por ser un bosque maduro este estrato cuenta con pocas especies entre ellas están las especies *R. oleracea* con altura promedio de 0.40 metros y en pequeños parches las especies *C. amoenum* con alturas promedio de 0.30 m y *A. germinans* con altura promedio de 0.10 m y por último *Cissus obliqua* el pequeño parche del bosque con una altura de 0.70 m.

Figura 49

Perfil de la vegetación del Bosque de Palmas



Nota. Leyenda: E-Inf. (estrato inferior), E-Med. (estrato medio) y E-Sup. (estrato superior), (nivel del suelo), (nivel de agua) *R. oleracea* (1), *C. amoenum* (2), *A. germinans* (3), *E. glaucum* (7), *C. obliqua* (8). Fuente: Santander (2020).

En el estrato medio se encuentran especies de hasta 3 m de altura, éstas incluyen a: *R. oleracea* con altura promedio de 2.5 m y también en pequeños parches las especies *Erythroxylum glaucum* y *Cissus obliqua* donde se encontró una especie respectivamente cada una con 2 metros. El estrato superior se encuentra dominado por *Roystonea oleracea* con alturas de palmas que van desde 3.5, 6, 9, 1 y 15 metros; también unas cuantas especies de *A. germinans*

con altura promedio de 8 metros en pequeños parches y algunas áreas donde ya está dominado por *R. oleracea*, además también en pequeños parches la especie *E. glaucum* con una especie de 3.5 metros de altura donde todavía subsiste (Figura 49).

3.5.4. Formas de Vida y Hábitos de Crecimiento

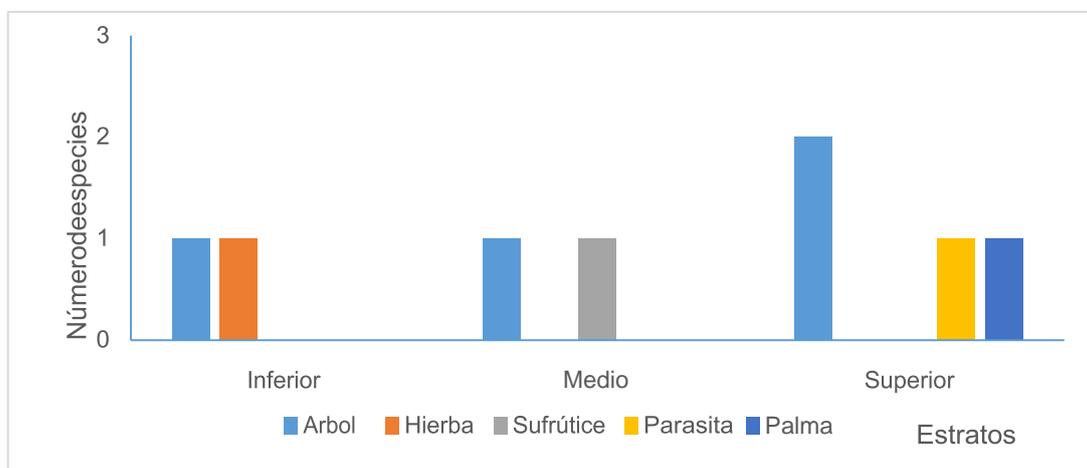
La presencia porcentual de las formas de vida establecidas por Raunkiaer y los hábitos de crecimiento son dos características de la estructura física de la vegetación.

3.5.4.1. Bosque de Manglar.

Las formas de vida encontradas en el estrato inferior son dos: una fanerófita (*R. mangle*) y un geófito (*C. amoenum*); en el estrato medio dos: una fanerófita (*R. mangle*) y una camefita (*M. pigra*); mientras que en el estrato superior solo fanerófitas (*R. mangle*, *R. oleracea*, *A. germinans* y *P. stelis*) (Figura 50).

Figura 50

Espectro de forma de vida de la vegetación del Bosque de Manglar

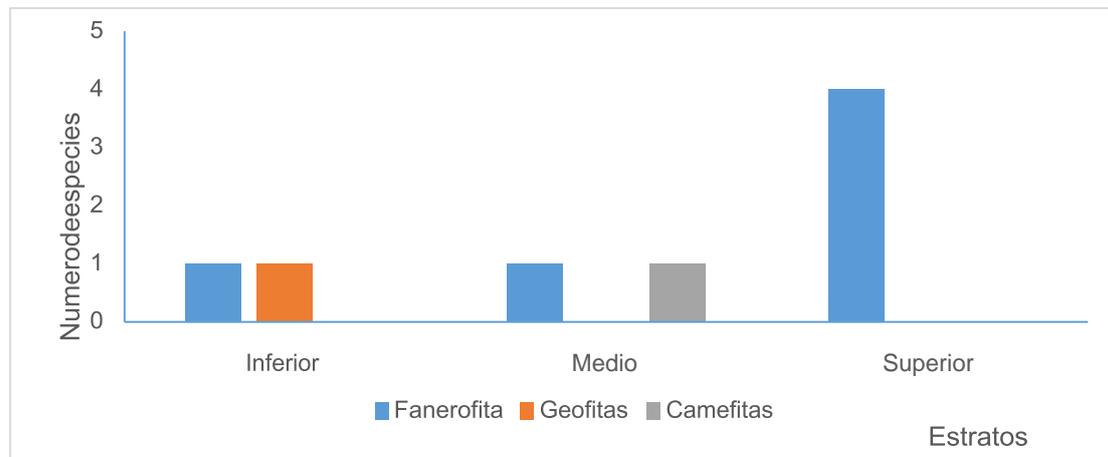


Nota. Fuente: Santander (2020)

En lo que respecta a los hábitos de crecimiento en el estrato inferior se encontró: árbol (*Rhizophora mangle*) y hierba (*Crinum amoenum*); en el estrato medio: árbol (*Rhizophora mangle*) y sufrútice (*Mimosa pigra*); por último, en el estrato superior tres hábitos como: árbol (*Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans*) parasita (*Phthirusa stelis*) y palma (*Roystonea oleracea*) (Figura 51).

Figura 51

Espectro de hábitos de crecimiento de la vegetación del Bosque de Manglar



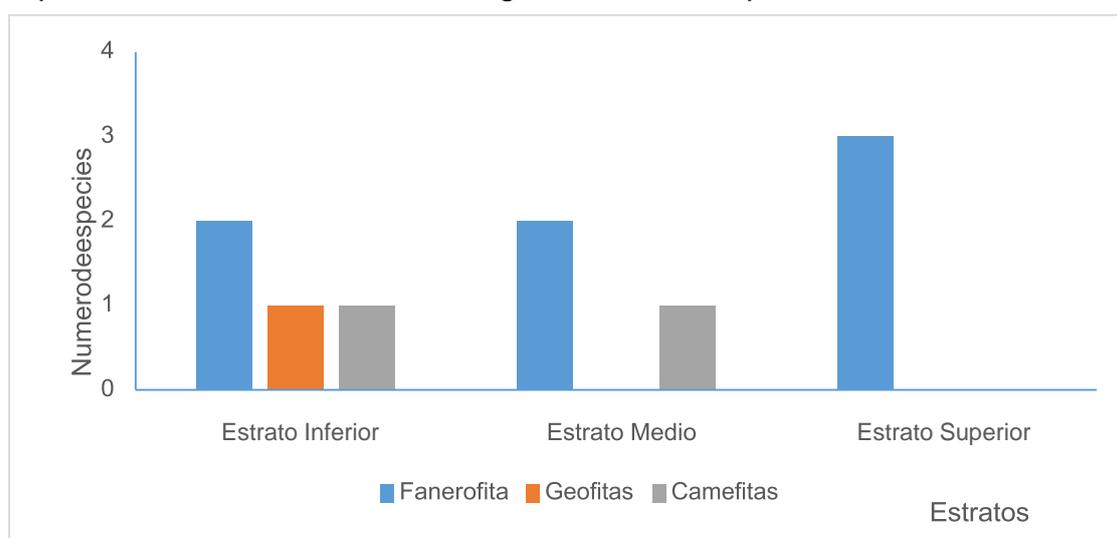
Nota. Fuente: Santander (2020)

3.5.4.2. Bosque de Palmas.

Las formas de vida encontradas en el estrato inferior son tres fanerofita (*Rhizophora mangle*, *Roystonea oleracea*); geófito (*Crinum amoenum*) y camefito (*Cissus obliqua*); en el estrato medio se registraron dos fanerofita (*Roystonea oleracea*, *Erythroxylum glaucum*) y camefito (*Cissus obliqua*); mientras que en estrato superior solo fanerofitas (*Roystonea oleracea*, *Avicennia germinans* y *Erythroxylum glaucum*) (Figura 52).

Figura 52

Espectro de forma de vida de la vegetación del Bosque de Palmas

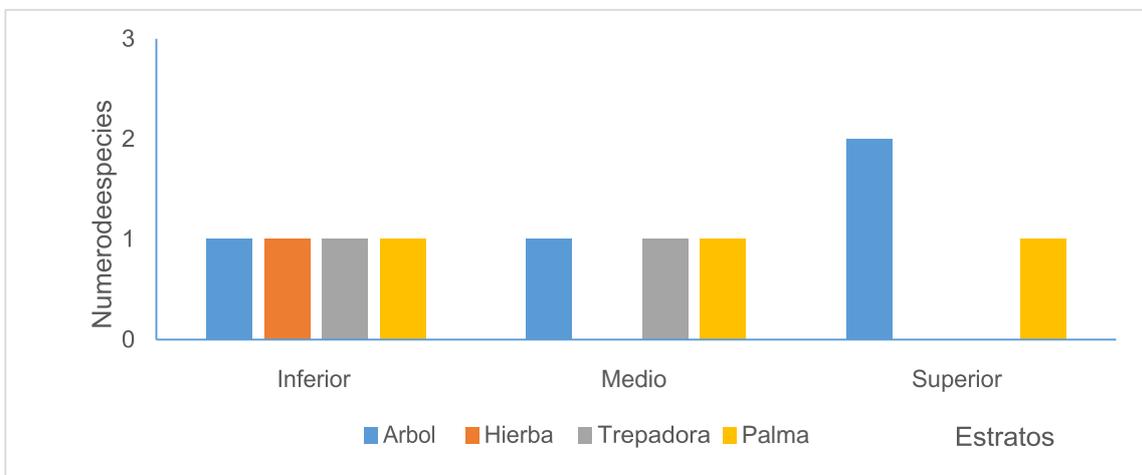


Nota. Fuente: Santander (2020)

En hábitos de crecimiento en el estrato inferior se registraron: árbol (*Avicennia germinans*), hierba (*Crinum amoenum*), trepadora (*Cissus obliqua*) y palma (*Roystonea oleracea*); en el estrato medio: árbol (*Erythroxylum glaucum*), *Cissus obliqua* (trepadora) y palma (*Roystonea oleracea*) por último en el estrato superior dos hábitos como: árbol (*Avicennia germinans* y *Erythroxylum glaucum*) y palma (*Roystonea oleracea*) (Figura 53).

Figura 53

Espectro de hábitos de crecimiento de la vegetación del Bosque de Palmas



Nota. Fuente: Santander (2020)

3.5.5. Tipo y Tamaño de las Hojas

La última característica de la estructura es el tipo, tamaño de hojas, arreglos, determinación de la forma del ápice y base de la hoja en los dos sitios de muestreo (bosque de manglar y palmas) según los tres tipos de estratos estudiados.

3.5.5.1. Tamaño de las Hojas.

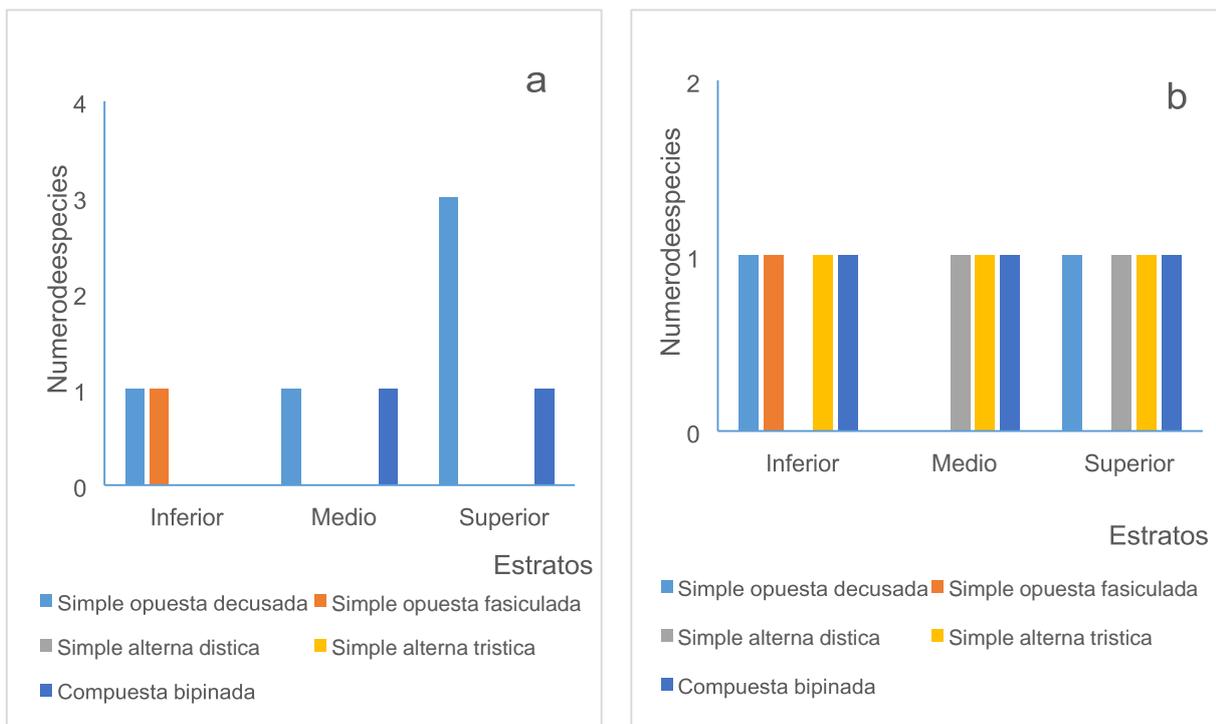
En lo que respecta al tamaño se las identifico según la clasificación de Raunkiaer y Webb en micrófila, mesófila, macrófila y megáfila. En el estrato inferior se registraron especies con hojas mesófila (*Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* y *Cissus obliqua*) macrofila (*Crinum amoenum*) y megáfila (*Roystonea oleracea*) (Figura 54).

En el estrato medio se identificó micrófila (*Erythroxylum glaucum*) mesófilas (*Rhizophora mangle*, *Mimosa pigra* y *Cissus obliqua*) y megáfila (*Roystonea*

oleracea). En el estrato superior se identificó micrófila (*Erythroxylum glaucum*) mesófila (*Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* y *Phthirusa stelis*) y megáfila (*Roystonea oleracea*) (Figura 54).

Figura 54

Espectro de tamaño de hojas de especies de plantas encontradas



Nota. Bosque de Manglar (a), Bosque Palmar (b). Fuente: Santander (2020).

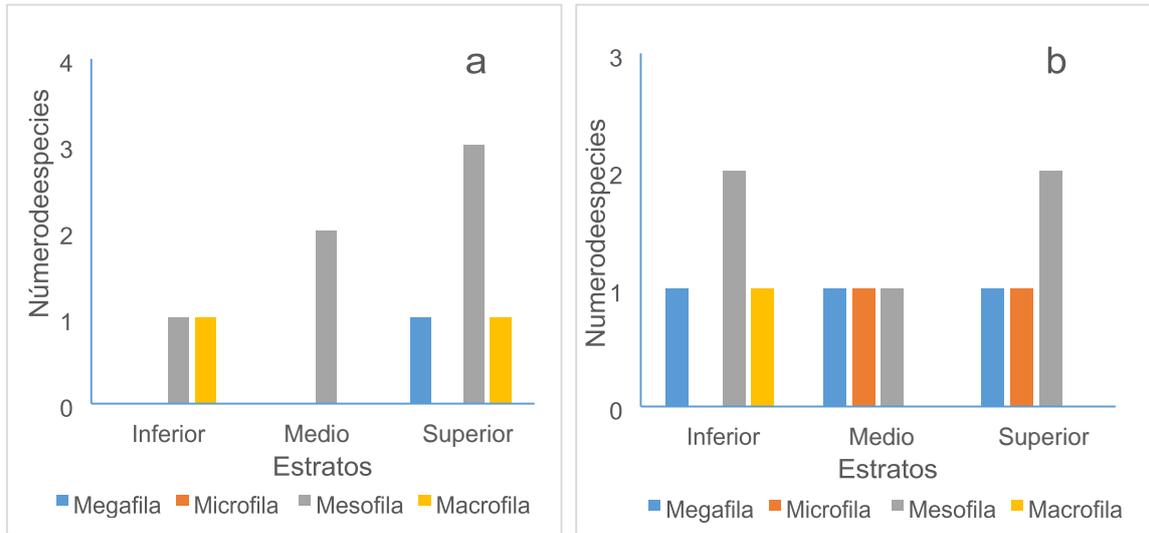
3.5.5.2. Tipo y Arreglos de las Hojas.

En lo que corresponde al tipo de hojas (simples o compuestas) y arreglo de las hojas, en el estrato inferior se registraron especies con hojas Simple opuesta decusada (*Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*) Simple opuesta Fasciculada (*Crinum amoenum*) Simple alterna trística (*Cissus obliqua*) y Compuesta bipinnada (*Roystonea oleracea*).

En el estrato medio se identificó Simple opuesta decusada (*R. mangle*), Simple alterna dística (*E. glaucum*), Simple alterna trística (*C. obliqua*) y Compuesta bipinnada (*R. oleracea* y *Mimosa pigra*). En el estrato superior se identificó Simple opuesta decusada (*R. mangle*, *A. germinans* y *P. stelis*) Simple alterna dística (*E. glaucum*), y Compuesta bipinnada (*R. oleracea*) (Figura 55).

Figura 55

Espectro de tipo y arreglos de hojas de las especies de plantas encontradas



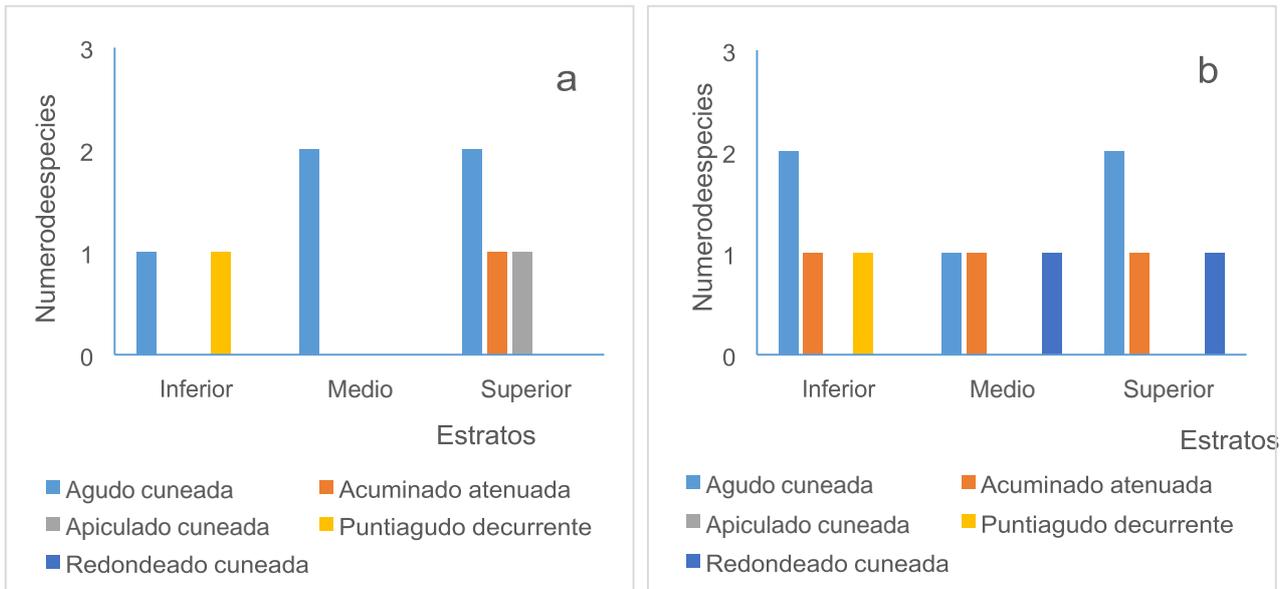
Nota. Bosque de Manglar (a). Bosque Palmar (b). Fuente: Santander (2020).

3.5.5.3. Ápice y Base de las Hojas.

Por último, se identificaron la forma del ápice y la base de las hojas de las diferentes especies registradas en los tres estratos de las dos áreas de estudio (Figura 56).

Figura 56

Espectro de tipo de Ápice y base de la hoja de las especies de plantas encontradas



Nota. Bosque de Manglar (a) y Bosque Palmar (b). Fuente: Santander (2020).

En el estrato inferior se registraron especies con hojas agudo cuneada (*Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* y *Cissus obliqua*) acuminado atenuado (*Roystonea oleracea*) y puntiagudo decurrente (*Crinum amoenum*). En el estrato medio se registraron especies con hojas agudo cuneada (*Rhizophora mangle*, *Mimosa pigra* y *Cissus obliqua*) acuminado atenuado (*Roystonea oleracea*) y redondeado cuneada (*Erythroxylum glaucum*). En el estrato superior se registraron especies con hojas agudo cuneada (*Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*) acuminado atenuado (*Roystonea oleracea*), apiculado cuneada (*Phthirusa stelis*) y redondeado cuneada (*Erythroxylum glaucum*) (Figura 56).

3.5.6. Dispersión

En la Tabla 28 se aprecia que en el estrato inferior las especies *Rhizophora mangle* tiene un valor mayor a uno (>1) lo cual indica que tiene un arreglo o patrón agregado y *Crinum amoenum* posee un valor menor a uno (<1), indicando un arreglo o patrón uniforme; en el estrato medio y superior *Rhizophora mangle* también presentó un valor mayor que uno (>1) mostrando un patrón agregado mientras *Avicennia germinans* con un valor menor a uno (<1) muestra un patrón de dispersión uniforme.

Tabla 28

Patrón de Dispersión de las especies por estrato en el Bosque de Manglar

	Estrato inferior				Estrato medio				Estrato superior			
	Dispersión		Significancia		Dispersión		Significancia		Dispersión		Significancia	
	Iδ	PAT	Iδ	PAT	Iδ	PAT	Iδ	PAT	Iδ	PAT	Iδ	PAT
<i>Rhizophora mangle</i>	24.59	Agr	69.32	1.46(SI)	16	Agr	8.11	1.59(SI)	7.08	Agr	21.93	1.88(SI)
<i>Avicennia germinans</i>									0.06	Uni	-2.24	1.88(NO)
<i>Crinum amoenum</i>	0.24	Uni	-1.22	1.46(NO)								

Nota. Patrón (PAT) Agregado (Agr), Uniforme (Uni). Fuente: Santander (2020).

En la Tabla 29 se observa que en el estrato inferior las especies *Roystonea oleracea* y *Avicennia germinans* tienen un valor mayor a uno (>1) lo cual indica que tienen un arreglo o patrón espacial agregado y *Crinum amoenum* posee un valor menor a uno (<1), lo cual muestra un arreglo o patrón espacial uniforme; en el estrato medio *Roystonea oleracea* también presentó un valor mayor que

uno (>1) lo que indica un patrón agregado al igual que en estrato superior, mientras que *Avicennia germinans* con un valor menor a uno (<1), muestra un arreglo o patrón espacial uniforme.

Tabla 29

Patrón de Dispersión de las especies por estrato en el Bosque de Palmas

Especies	Estrato inferior			Estrato medio			Estrato superior					
	Dispersión		Significancia	Dispersión		Significancia	Dispersión		Significancia			
Iδ	PAT	Iδ		PAT	Iδ		PAT					
<i>Roystonea oleracea</i>	1.15	Agr	1.06	1.46(NO)	6	Agr	2.05	1.59(SI)	8.49	Agr	53.41	1.88(SI)
<i>Avicennia germinans</i>	1.15	Agr	1.06	1.46(NO)	X	X	X	X	0.03	Uni	-5.79	1.88(NO)
<i>Crinum amoenum</i>	5.77	Agr	2.97	1.46(SI)	X	X	X	X	X	X	X	X

Nota. Patrón (PAT) Agregado (Agr), Uniforme (Uni). Fuente: Santander (2020).

3.6. Análisis Estadístico Inferencial

Se realizaron dos análisis; el primero fue comparar cada una de las variables entre las dos comunidades, para cada estrato (inferior, medio y superior) con la prueba U de Mann-Whitney, el segundo análisis fue comparar todos los estratos (inferior, medio y superior) teniendo tres tratamientos en total en cada comunidad (Bosque Manglar o Bosque Palmar), realizado con la prueba de Kruskal-Wallis.

3.6.1. Abundancia de Individuos

Según el valor de probabilidad, no existan diferencias significativas entre las medianas de la abundancia de individuos de los estratos inferior y medio entre las comunidades de Bosque de Manglar y Bosque de Palmas, mientras que las medianas de la abundancia de individuos en el estrato superior de las comunidades evaluadas, si muestra diferencia estadísticamente significativa.

La Tabla 30 indica que la prueba U de Mann-Whitney calcula un valor de probabilidad (p) superior al nivel de significancia 0.05 para los estratos inferior y medio, lo que significa que en estos dos estratos se rechaza la H_{ecol} y se acepta la H_0 , mientras que el estrato superior se calcula un valor de probabilidad (p) de 0.027 inferior al nivel de significancia 0.05 por lo que se rechaza la H_0 y se acepta la H_{ecol} .

Tabla 30
Comparación de la abundancia de individuos por estratos y total entre áreas

Estrato	Comunidad	Mediana	Valor W	Valor p
Inferior	Bosque Manglar	9	74.00	0.103
	Bosque Palmar	3		
Medio	Bosque Manglar	1	27.50	0.561
	Bosque Palmar	1		
Superior	Bosque Manglar	3.5	75.50	0.027
	Bosque Palmar	6		

Nota. Valor W: estadístico de Mann-Whitney, Valor p: Valor de probabilidad. Fuente: Santander (2020).

Según la prueba de Kruskal Wallis el valor de probabilidad muestra que existen diferencias estadísticas significativas de las medianas de la abundancia de individuos entre los tres estratos, para cada una de las comunidades de Bosque de Manglar y Bosque de Palmas respectivamente

Como se observa en la Tabla 31, la prueba de Kruskal-Wallis proyecta un valor de 0.017 de probabilidad (p) al comparar las medianas de la abundancia de individuos entre los tres estratos de la comunidad de Bosque de Manglar y un valor de 0.006 de probabilidad (p) para el Bosque de Palmas, los cuales son inferiores al nivel de significancia 0.05. Al parecer no todas las medianas de la abundancia de individuos de los estratos son iguales, lo que quiere decir que se rechaza la H_0 y se acepta la H_{ecol} .

Tabla 31
Comparación de la abundancia de individuos entre estratos de las dos áreas

Comunidad	Estratos	Mediana	gl	Valor H	Valor p
Bosque Manglar	Inferior	9	2	8.19	0.017
	Medio	1			
	Superior	3.5			
Bosque Palmar	Inferior	3	2	10.10	0.006
	Medio	1			
	Superior	6			

Nota. gl: grados de libertad, Valor H: estadístico de Kruskal Wallis, Valor p: probabilidad. Fuente: Santander (2020).

3.6.2. Densidad Relativa

Según el valor de probabilidad obtenido al comparar las medianas de la densidad de individuos presentes en las comunidades de Bosque de Manglar y Bosque de Palmas para cada uno de los estratos, no existe suficiente evidencia para concluir que la diferencia es estadísticamente significativa.

Tabla 32

Comparación de la densidad relativa de individuos por estratos entre áreas

	Comunidad	Bosque	Mediana	Valor W	Valor p
Inferior	Bosque Manglar	Manglar	50.00	8.00	0.814
	Bosque Palmar	Palmar	23.08		
Medio	Bosque Manglar	Manglar	50.00	6.00	1.000
	Bosque Palmar	Palmar	20.00		
Superior	Bosque Manglar	Manglar	5.55	16.00	1.000
	Bosque Palmar	Palmar	6.25		

Nota. Valor W: estadístico de Mann-Whitney, Valor p: Valor de probabilidad.
Fuente: Santander (2020).

La Tabla 32 indica que la prueba U de Mann-Whitney nuevamente proyecta un valor de probabilidad (p) superior al nivel de significancia 0.05 al comparar las medianas de las densidades de individuos en cada uno de los tres estratos entre las comunidades de Bosque de Manglar y Bosque de Palmas, lo que significa que se rechaza la H_{ecol} y se acepta la H_0 .

Según la prueba de Kruskal Wallis el valor de la probabilidad muestra que no existen diferencias estadísticas significativas entre las medianas de la densidad de individuos de los tres estratos de cada una de las comunidades de Bosque de Manglar y Bosque de Palmas respectivamente.

En la Tabla 33, la prueba de Kruskal-Wallis proporciona un valor de probabilidad (p) de 0.219 en el Bosque de Manglar y 0.725 en el Bosque de Palmas los cuales son superiores al nivel de significancia 0.05, por lo que no se cuenta con suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de que las medianas tanto del manglar como del palmar son todas diferentes, lo que quiere decir que se rechaza la H_{ecol} y se acepta la H_0 .

Tabla 33

Comparación de la densidad relativa de individuos entre estratos de las áreas

Comunidad	Estratos	Mediana	gl	Valor H	Valor p
Bosque Manglar	Inferior	50.00	2	3.04	0.219
	Medio	50.00			
	Superior	5.56			
Bosque Palmar	Inferior	23.08	2	0.64	0.725
	Medio	20.00			
	Superior	6.25			

Nota. gl: grados de libertad, Valor H: estadístico de Kruskal Wallis, Valor p: probabilidad. Fuente: Santander (2020).

3.6.3. Cobertura Relativa

Según el valor de probabilidad no existen suficientes evidencias para concluir que la diferencia entre las medianas de las poblaciones es estadísticamente significativa en los tres estratos donde se compara la cobertura entre el área de bosque de manglar y bosque de palmas.

La Tabla 34 muestra que la prueba U de Mann-Whitney proyecta un valor de probabilidad (p) superior al nivel de significancia 0.05 en los tres estratos, lo que representa que en los tres estratos se rechaza la H_{ecol} y se acepta la H_0 .

Según la prueba de Kruskal Wallis el valor de probabilidad donde se compara los valores de cobertura muestra que no existen diferencias estadísticas significativas en cada uno de los tres estratos entre el área de bosque de manglar, mientras que en el bosque de palmas si existen diferencias estadísticas significativas.

Tabla 34

Comparación de la cobertura relativa de individuos por estratos entre áreas

Estratos	Comunidad	Mediana	Valor W	Valor p
Inferior	Bosque Manglar	50.00	10.00	0.247
	Bosque Palmar	5.55		
Medio	Bosque Manglar	50.00	6.00	1.000
	Bosque Palmar	1.09		
Superior	Bosque Manglar	7.57	15.00	0.860
	Bosque Palmar	0.27		

Nota. Valor W: estadístico de Mann-Whitney, Valor p: Valor de probabilidad. Fuente: Santander (2020).

En la Tabla 35, la prueba de Kruskal-Wallis muestra que en el manglar se proyecta un valor de 0.673 de probabilidad (p) el cual es superior al nivel de significancia 0.05, al parecer no todas las medianas de los estratos son iguales, por este motivo se rechaza la H_{ecol} y se acepta la H_0 ; mientras que en el palmar se proyecta un valor de probabilidad (p) de 0.057 igual al nivel de significancia 0.05 encontrándose diferencias significativas según los valores que se observan en las medianas de los estratos lo que quiere decir que en este caso se rechaza la H_0 y se acepta la H_{ecol} .

Tabla 35

Comparación de la cobertura relativa de individuos entre los estratos por área

Comunidad	Estratos	Mediana	gl	Valor H	Valor p
Bosque Manglar	Inferior	50.00	2	0.79	0.673
	Medio	50.00			
	Superior	7.57			
Bosque Palmar	Inferior	5.56	2	5.73	0.057
	Medio	1.09			
	Superior	0.001			

Nota. gl: grados de libertad, Valor H: estadístico de Kruskal Wallis, Valor p: probabilidad.

Fuente: Santander (2020).

3.6.4. Frecuencia Relativa

Según el valor de probabilidad no existe suficiente evidencia para concluir que la diferencia entre las medianas de las frecuencias de aparición de las especies es estadísticamente significativa entre las comunidades de Bosque de Manglar y Bosque de Palmas para cada uno de los tres estratos.

Tabla 36

Comparación de la frecuencia relativa de individuos por estratos entre áreas

Estratos	Comunidad	Mediana	Valor W	Valor p
Inferior	Bosque Manglar	50.00	7.00	1.000
	Bosque Palmar	25.00		
Medio	Bosque Manglar	50.00	6.00	1.000
	Bosque Palmar	25.00		
Superior	Bosque Manglar	14.28	13.00	0.372
	Bosque Palmar	23.08		

Nota. Valor W: estadístico de Mann-Whitney, Valor p: Valor de probabilidad.

Fuente: Santander (2020).

Con la variable frecuencia, como se muestra en la Tabla 36 la prueba U de Mann-Whitney nuevamente proyecta un valor de probabilidad (p) superior al nivel de significancia de 0.05 al comparar entre el Bosque de Manglar y el Bosque de Palmas, las frecuencias de aparición de las especies en cada uno de los tres estratos, esto indica que en los tres estratos se rechaza la H_{ecol} y se acepta la H_0 .

Según la prueba de Kruskal Wallis el valor de probabilidad muestra que no existen diferencias estadísticas significativas de las medianas de la frecuencia de aparición de las especies entre los tres estratos de cada una de las comunidades de Bosque de Manglar y Bosque de Palmas.

Tabla 37

Comparación de la frecuencia relativa de individuos entre los estratos por área

Comunidad	Estratos	Mediana	gl	Valor H	Valor p
Bosque Manglar	Inferior	50.00	2	1.35	0.509
	Medio	50.00			
	Superior	14.29			
Bosque Palmar	Inferior	25.00	2	0.65	0.723
	Medio	25.00			
	Superior	23.08			

Nota. gl: grados de libertad, Valor H: estadístico de Kruskal Wallis, Valor p: probabilidad. Fuente: Santander (2020).

Como se observa en la Tabla 37 la prueba de Kruskal-Wallis proyecta un valor de probabilidad (p) de 0.509 en el manglar y de 0.723 en el palmar los cuales son superiores al nivel de significancia 0.05, por lo que no se cuenta con suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de que las medianas de los estratos son todas diferentes, lo que quiere decir que se rechaza la H_{ecol} y se acepta la H_0 .

3.6.5. Altura

Según el valor de probabilidad no existe suficiente evidencia para concluir que la diferencia entre las medianas de las alturas de cada estrato entre las comunidades Bosque Manglar y Bosque Palmar son estadísticamente significativas. La Tabla 38 muestra que la prueba U de Mann-Whitney proyecta

un valor de probabilidad (p) superior al nivel de significancia 0.05 en cada uno de los tres estratos lo que representa que en los tres estratos se rechaza la H_{ecol} y se acepta la H_0 .

Tabla 38

Comparación de la altura de individuos por estratos entre áreas

Estratos	Comunidad	Mediana	Valor W	Valor p
Inferior	Bosque Manglar	0.31	4319.00	0.245
	Bosque Palmar	0.25		
Medio	Bosque Manglar	1.90	67.00	0.122
	Bosque Palmar	2.25		
Superior	Bosque Manglar	7.00	1431.00	0.347
	Bosque Palmar	8.00		

Nota. Valor W: estadístico de Mann-Whitney, Valor p: Valor de probabilidad.

Fuente: Santander (2020).

Según la prueba de Kruskal Wallis, existen diferencias estadísticas significativas entre las medianas de la altura de los tres estratos para cada una de las comunidades Bosque Manglar y Bosque Palmar.

Tabla 39

Comparación de la altura de individuos entre los estratos por área

Comunidad	Estratos	Mediana	gl	Valor H	Valor p
Bosque Manglar	Inferior	0.31	2	86.22	0.000
	Medio	1.9			
	Superior	7			
Bosque Palmar	Inferior	0.25	2	42.31	0.000
	Medio	2.25			
	Superior	8			

Nota. gl: grados de libertad, Valor H: estadístico de Kruskal Wallis, Valor p: probabilidad. Fuente: Santander (2020).

En la Tabla 39, la prueba de Kruskal-Wallis proyecta un valor de probabilidad (p) de 0.000 al comparar las medianas de la altura de los tres estratos de las comunidades Bosque Manglar y Bosque Palmar, los cuales son inferiores al nivel de significancia 0.05. Al parecer no todas las medianas de los estratos son iguales, lo que quiere decir que se rechaza la H_0 y se acepta la H_{ecol} .

3.6.6. Área Basal

Según el valor de probabilidad (p), no existe suficiente evidencia para concluir que la diferencia entre las medianas de las áreas basales de los estratos inferior y medio de las comunidades de Bosque Manglar y Bosque Palmar son estadísticamente significativas. Mientras que, entre las medianas del área basal del estrato superior de ambas comunidades, si hay una diferencia estadística significativa.

Tabla 40

Comparación del área basal de individuos por estratos entre áreas

Estratos	Comunidad	Mediana	Valor W	Valor p
Inferior	Bosque Manglar	0.318	4211.00	0.974
	Bosque Palmar	0.716		
Medio	Bosque Manglar	1.99	66.50	0.109
	Bosque Palmar	13.45		
Superior	Bosque Manglar	103.21	956.50	0.000
	Bosque Palmar	581.75		

Nota. Valor W: estadístico de Mann-Whitney, Valor p: Valor de probabilidad.
Fuente: Santander (2020).

La prueba U de Mann-Whitney (Tabla 40), muestra un valor de probabilidad (p) superior al nivel de significancia 0.05 entre las medianas de las áreas basales de los estratos inferior y medio de las comunidades comparadas, lo que significa que para estos dos estratos se rechaza la H_{ecol} y se acepta la H_0 ; mientras que para el estrato superior la prueba U muestra un valor (p) inferior al nivel de significancia 0.05 lo que representa que se rechaza la H_0 y se acepta la H_{ecol} .

Por otro lado, la prueba de Kruskal Wallis muestra que existen diferencias estadísticas significativas entre las medianas del área basal de los tres estratos en cada una de las comunidades analizadas.

En la Tabla 41 la prueba de Kruskal-Wallis proyecta un valor de probabilidad (p) igual a 0 para ambas comunidades, el cual es inferior al nivel de significancia 0.05. Al parecer no todas las medianas de las áreas basales de los estratos son iguales, lo que quiere decir que se rechaza la H_0 y se acepta la H_{ecol} .

Tabla 41

Comparación del área basal de individuos entre los estratos de cada área

Comunidad	Estratos	Mediana	gl	Valor H	Valor p
Bosque Manglar	Inferior	0.318	2	72.41	0.000
	Medio	1.989			
	Superior	103.212			
Bosque Palmar	Inferior	0.716	2	41.61	0.000
	Medio	13.449			
	Superior	581.75			

Nota. gl: grados de libertad, Valor H: estadístico de Kruskal Wallis, Valor p: probabilidad. Fuente: Santander (2020).

4. Discusión

El monitoreo realizado en el bosque de palmas y manglar dio como resultado el muestreo de 8 especies de plantas distribuidas en las dos parcelas de 0.5 ha, teniendo en cuenta que el Humedal Ramsar Isla Santay es un ecosistema con intervención antropogénica se sugiere que en otras zonas en el mismo bosque de manglar menos perturbado pueden haber más especies de mangles como *Rhizophora harrisoni*, *Conocarpus erectus* y *Leguncularia racemosa* entre otras plantas que están registradas en el Plan de Manejo de Santay en 2011.

En el bosque de manglar se encontraron las especies: *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Mimosa pigra*, *Roystonea oleracea* y *Crinum amoenum* todas estas registradas en el Plan de Manejo (Jaramillo, 2002), y también reportadas por Rodríguez Villón (2015) en manglares de palmas de la Provincia de Santa Elena, Ecuador, teniendo el hallazgo de una nueva especie no registrada anteriormente como *Phthirusa stelis*.

En el bosque de palmas se registraron especies como *Roystonea oleracea*, *Avicennia germinans*, *Crinum amoenum* y *Erythroxylum glaucum* también registradas en el Plan de manejo 2011, teniendo otra vez el hallazgo de una especie no registrada anteriormente como *Cissus obliqua*.

En el bosque de manglar la abundancia relativa en el estrato superior, muestra un 84.4% para *R. mangle* y 9.4% para *A. germinans*, resultados similares son presentados por Reza Gaona et al. (2011) donde *R. mangle* es la especie con

mayor abundancia relativa con 42% y donde *A. germinans* registro valores más bajo con 5%, pero difiere con este estudio, ya que se registraron dos especies adicionales de mangles como *L. racemosa* y *C. erectus* con 29% y 24% respectivamente, una condición que se presenta en otros manglares (Kandasamy y Bingham, 2001).

R. mangle es la especie más abundante en el área de bosque de manglar, en el estrato inferior tuvo mayor número de individuos, esto demuestra su alto nivel de regeneración; Elizondo, (2011) acota haber hallado plántulas de *R. mangle* en 69 de 97 parcelas con un alto potencial de regeneración seguido por plántulas de *Laguncularia racemosa* y una baja presencia de plántulas de *Avicennia germinans*; comparándolo con este estudio donde se registró en el estrato inferior del bosque de manglar también una gran densidad de plántulas de *R. mangle* pero no se registraron presencia significativa de plántulas de otros mangles.

Además, Elizondo (2011), registró a *Conocarpus erectus* y a *Rhizophora mangle* como las especies con mayor densidad, seguida de *Laguncularia racemosa* y, por último, con una baja densidad *Avicennia germinans*. En este estudio se logró registrar a *R. mangle* como la especie de mangle más densa y *A. germinans* con una baja densidad aspectos que concuerdan con el estudio de Caracterización y Diagnóstico del Área de Manglares y Humedales de Puerto Morelos a diferencia que no se hallaron las especies *C. erectus* y *L. racemosa*.

Moreno Pavón (2018), en el manglar de la Comunidad Masa 1 ubicado en el estuario interior del Golfo de Guayaquil muy cerca a Isla Santay; sus unidades de muestreo al igual que en nuestro estudio fueron ubicadas al borde del Rio Guayas, y se registraron igual solo dos especies: *R. mangle* con una densidad relativa de 70%, una frecuencia relativa de 4% y una cobertura relativa de 87% y *A. germinans* con una densidad relativa de 30%, una frecuencia relativa de 1% y una cobertura relativa de 13%.

Lo anteriormente mencionado se asemeja a los valores obtenidos en nuestra investigación donde ya que en el estrato superior *R. mangle* presento una densidad relativa del 84,4% y una cobertura relativa de 84.9%, pero se

diferencian en la frecuencia relativa con 64.3%; mientras que *A. germinans* se asemeja con una densidad relativa de 9.39%, y una cobertura relativa del 14.9%, presentando diferencias en la frecuencia relativa con un 21.4%.

Crimun amoenum, es una especie herbácea que fue registrada con densidades significativas en el estrato inferior tanto en el bosque de manglar como en el bosque de palmas; según Castillo Elías, Gervacio Jiménez y Bedolla Solano, (2018) de la misma manera muestran resultados de densidad relativa que indican que *C. amoenum*, es la planta con mayor densidad relativa en el estrato herbáceo en un manglar donde predomina *L. racemosa* en el estrato superior.

R. oleracea fue las más abundante en el bosque de palmas, ya que en el estrato superior tuvo mayor número de individuos, en el estrato medio de igual manera, pero con solo 3 individuos y en el estrato inferior con también 3 individuos, pero superado en número de individuos por *C. amoenum*.

En lo que respecta al bosque de palmas este trabajo se aportan por primera vez las características físicas y biológicas de este tipo de ecosistema con trabajo de campo en un humedal ubicado en la región litoral del Ecuador con una densidad alta de *R. oleracea* de 59 individuos/500m² en el estrato superior, información también señalada por Herrera et al. (2017a) donde se detalla la abundancia, cobertura y densidad de *R. oleracea* por medio de imágenes satelitales usando el software Arcgis, cuantificando 5316 individuos de *R. oleracea* con un área aproximada de 43.1ha.

Además, Herrera et al. (2017a) distinguen individuos y parches pocos densos y aislados lo cual también se representa en la imagen de perfil de vegetación de la parcela representativa del área de bosque de palmas, donde se expresan pequeños parches donde prosperan aun otras especies de plantas en la parcela donde se realizó esta investigación.

En el perfil de vegetación del bosque de manglar se presentan en el estrato superior individuos con 8, 13 y 14 metros en promedios de altura, que concuerdan con el promedio de altura registrado en el Manglar Masa 1 de 13.07 metros por Moreno Pavón, (2018). Asimismo, también concuerda con el estudio

Cobertura y estructura de los bosques de mangle en la Baja Guajira, caribe colombiano por Orjuela Rojas et al. (2011) en el cual se presenta un perfil de vegetación, donde la estación de Rincón Mosquito muestra alturas entre 8 y 15 metros parecidas a las del perfil de vegetación del bosque de manglar.

Además, Zucaratto y Pires, (2014) en su estudio de “La exótica palma *Roystonea oleracea*”, registran densidades de 417 individuos / ha en la etapa inmadura, y en la etapa adulta de 152 individuos por hectárea. Estos datos contrastan con este estudio en el estrato inferior del área de bosque de palmas ya que se registró una densidad de solo 3 *R. oleracea* en un total de 30m²; mientras que en el estrato superior del mismo bosque de palmas se registran datos parecidos donde existe alta densidad de 59 *R. oleracea*.

La especie de mangle con mayor Índice de Valor de Importancia (IVI) en el bosque de manglar es *R. mangle* con 260, 275 y 235 en el estrato inferior, medio y superior respectivamente, resultado que se asemeja con los del Manglar Laguna de Gandoca, Limón, Costa Rica estudiado por Manrow y Vilchez Alvarado, (2012) donde *R. mangle* tiene en el estrato arbóreo un IVI de 229.1.

Por otra parte *A. germinans* en el bosque de manglar tiene un IVI de 44.5 en el estrato superior, este aspecto difiere con un estudio presentado por Lema Vélez & Polanía, (2007) donde *A. germinans* tiene un IVI de 125.4 y *L. racemosa* un valor de 125.8 como las especies más importantes y *R. mangle* con un valor menor de 26.8.

El índice de diversidad de Simpson, indica que el área de bosque de manglar presenta mayores valores de diversidad en comparación con el área de bosque de palmas en todos los estratos y totales, mientras que el índice de ShannonWiener indica que el bosque de palmas es más diverso en el estrato inferior, medio y total pero en el estrato superior es menos diverso que el bosque de manglar; por otra parte el índice de Margalef indica que los estratos inferior y medio tienen valores mayores en el bosque de palmas pero en el estrato superior y total el bosque de manglar es más diverso.

Según Washington, (1984) los valores de diversidad tienen un rango de 0.5 a 5, valores entre 2 y 3 se consideran normales, valores superiores a 3 son altos y valores inferiores a 2 se consideran bajos en diversidad. En este estudio se obtuvieron valores bajos de diversidad en los dos bosques estudiados, ya que los valores obtenidos en los diferentes índices son inferiores a dos. Resultados parecidos a los obtenidos por Euan Hernández (2014), comparó la diversidad en tres regiones de manglares, donde se registró diversidades bajas inferiores a dos en los tres sitios.

El índice de equidad de Simpson, indica que el área de bosque de manglar presenta mayor igualdad en todos los estratos y total que el área de bosque de palmas; los resultados del bosque de Manglar están de acuerdo con el estudio realizado por Euan Hernández (2014), ya que en el índice de equidad de Simpson los resultados fueron cercanos a 1.

Mientras que el índice de equidad de Pielou indica que en el estrato superior del bosque de manglar existe mayor equidad con un valor de 0.39, resultado que discrepa de la tesis de Villón (2015), donde el valor de equidad de Pielou fue de 0.73, un valor más cercano a 1. Además, el estrato inferior y medio y el total presentan mayores valores de equidad el bosque de palmas comparándolo con el manglar.

Por otra parte, la riqueza a partir del índice de Simpson muestra valores más altos en todos los estratos y total en el bosque de manglar al compararlos con el bosque de palmas. Mientras que la distribución de las plantas al utilizar el índice de Morisita, en las áreas de bosque de manglar y bosque de palmas, los resultados obtenidos muestran que las especies ostentan una distribución espacial agrupada en su mayoría, exponiendo parches de individuos de una sola especie, similar a lo que presenta Ayala et al. (2016) y Herrera et al. (2017a).

La estructura vertical mediante clases de alturas en el estrato inferior demuestra que el rango que tiene mayor número de individuos es el que va de 0 hasta 0.5 metros, dominado por plántulas de *R. mangle* en el bosque de manglar y el bosque de palmas registra 11 individuos, donde se cuantificaron pocos individuos de *R. oleracea*; mientras que en el estrato superior el rango que tiene

más número de individuos es el que va de 3 hasta 8 metros, con 20 individuos en el bosque de manglar y 34 en el bosque de palmas. Los resultados en el bosque de manglar son similares a los de Chicas Batres et al. (2016) donde en un manglar de la Bahía de La Unión, El Salvador se presenta al menos el 70% de árboles dentro de la clase inferior a 10 metros y donde *R. mangle* presenta el 92% de ejemplares en esa condición.

La mayor cantidad de individuos de la clase de área basal de 0 a 5 cm², se concentra en los estratos inferior y medio, mientras que en el estrato superior, obtuvimos la mayor cantidad de individuos en la clase de área basal de 200 a 500 cm² en el bosque de manglar, resultados que concuerdan con el Manejo forestal sustentable de los manglares de Tabasco por Domínguez et al. (2011) donde se muestra que las clase diamétrica con mayor número de individuos, además mayor presencia de *R. mangle* son las que van en el rango de 10 a 20 cm lo que equivale expresado en área basal de 78 a 314 cm². Por otra parte, en el estrato inferior del bosque de palmas en el rango de 0 a 5 cm² se concentra la mayor cantidad de individuos y en el estrato superior en el rango mayores que 1000 cm² se concentra la mayor cantidad de individuos.

Según Moreno-Casasola y Warner (2009), los humedales de acuerdo al tipo de vegetación pueden ser herbáceos o arbóreos. La vegetación arbórea también llamada selva inundable son ecosistemas en los que predominan arboles adaptados a vivir en sitios inundados, un ejemplo son los manglares.

De acuerdo con el tipo de comunidad vegetal, en los humedales arbóreos, se incluyen manglares, selvas y palmares inundables, que proveen servicios ambientales trascendentales de regulación como la mejora de la calidad del agua y su eficacia en el secuestro de carbono (Hernández y Moreno-Casasola, 2018).

Myers, (2013) indica que los humedales tienden a ser ricos en especies de palmas (Arecaceae) ya que son una de las familias de plantas más exitosas en regiones tropicales, específicamente en el sotobosque de bosques húmedos de llanuras inundadas amplias y en zonas bajas, donde los hidro-períodos no son

extensos para limitar el desarrollo de una única especie o de casi una única especie de palmas.

Las asociaciones más ricas en especies de palma se presentan en regiones costeras de Guyana, así como en el noreste de Venezuela, Trinidad y Tobago y en la costa Caribe de Centroamérica, donde existen varios ejemplos de pantanos en donde las palmas como *Roystonea oleracea* tienen una densidad considerable en el dosel en el cual predominan las especies leñosas (Myers, 2013).

En la Reserva UNIA, un humedal de Brasil se estudió la estructura poblacional de la palmera exótica *Roystonea oleracea* (Arecaceae), mapeando su distribución espacial e investigando su estado invasor, teniendo como resultados una tendencia hacia la expansión poblacional de la especie, además estableciendo su potencial de convertirse en invasiva en los humedales, se recomienda que el uso de esta especie como ornamental debe realizarse con mucha medida para prevenir efectos nocivos de invasión de la palma en humedales (Nascimento et al., 2013).

Altamirano (2007), en el “Estudio de Factibilidad Proyecto de Humedales Provincia de Esmeraldas en La laguna de La Ciudad, La Tola, Eloy Alfaro”; para el manejo de recursos costeros, se muestrearon las especies de árboles y arbustos superiores a 2.5cm de diámetro mediante la metodología de Gentry (1982); identificando 102 especies de plantas, correspondientes a 61 familias agrupadas en los estratos arbóreos, arbustivos, herbáceos, trepadoras, epifitas, acuáticas y especies introducidas.

Para Ayala et al. (2017), en el Humedal Isla Santay la especie invasora *Roystonea oleracea* se encuentra de forma natural sosteniendo poblaciones densas, teniendo una abundancia y cobertura considerables; en Ecuador la historia de introducción, las características de la especie y la susceptibilidad climática de la región son factores que propician el proceso de invasión de *R. oleracea* en los diferentes humedales que deben ser monitoreados para evadir los impactos negativos que causa esta especie exótica sobre los ecosistemas.

Según Herrera et al (2017a), en el estudio reporte y distribución potencial de una palma exótica ornamental (*Roystonea oleracea*) en Ecuador, se reportó la presencia de la palma imperial en la región costa la cual es altamente cultivada como planta ornamental. Mediante la utilización de imagen de satélite se estimó la abundancia y cobertura de *R. oleracea* en la Isla Santay. Además, usando BIOCLIM se realizó un modelo de distribución potencial de *R. oleracea* en Ecuador; determinando que en la Isla Santay la especie de palma esta naturalizada y envuelve un área de 43 hectáreas; por el motivo de su potencial invasivo en humedales, se recomienda prohibir su cultivo como planta ornamental en territorios aledaños a humedales en Ecuador.

5. Conclusiones

Las especies de plantas identificadas fueron ocho en las áreas de muestreo del bosque de palmas y bosque de manglar, cinco y seis respectivamente.

R. mangle es la especie más abundante en el área del bosque de manglar en todos los estratos, mientras que, en el área de bosque de palmas *R. oleracea* es la especie más abundante en el estrato superior con un número alto de individuos, de igual manera en el estrato medio pero con pocos individuos presentes y en el estrato inferior se registró a *R. oleracea* y *A. germinans* con igual número de individuos pero la especie más abundante es *C. amoenum* pero situadas en los pequeños parches donde se hallaban los individuos de *A. germinans*.

Existe mayor densidad de *R. mangle* en todos los estratos en el área de bosque de manglar, el estrato superior es el más denso en ambas áreas. En el área de bosque de palmas *R. oleracea* es la más densa en el estrato superior, mientras que en el estrato medio es la más densa pero no con una diferencia considerable; en el estrato inferior la más densa es *C. amoenum*.

En el área de bosque de palmas la especie con más cobertura en el estrato inferior es *C. amoenum*; en el estrato medio y superior la especie con más cobertura es *R. oleracea*, incluso la cobertura absoluta es mayor en el estrato superior del bosque de palmas comparándolo con el bosque de manglar.

Mientras que, en el área de bosque de manglar, *R. mangle* presenta la mayor cobertura relativa en todos los estratos.

R. mangle es la especie con mayor frecuencia en todos los estratos del área del bosque de manglar, lo que la convierte en la especie más eficiente en proceso de regeneración natural. Por otra parte, en el área de bosque de palmas, en los estratos superior y medio la especie con mayor frecuencia es *R. oleracea*. En el estrato inferior, *R. oleracea* y *C. amoenum* son las especies más frecuentes.

Las especies más importantes son *R. oleracea* y *R. mangle* en bosque de palmas y bosque de manglar respectivamente. Las especies con bajo valor de importancia son *C. oblicua* en el estrato inferior y medio y *E. glaucum* en el estrato superior de bosque de palmas. Mientras que, *C. amoenum* en el estrato inferior, *M. pigra* en el estrato medio y *P. stelis* en el estrato superior, fueron las especies con menos valor de importancia del área de bosque de manglar.

La diversidad, la riqueza y equidad de las especies de plantas en los dos bosques fue baja, a pesar, de que se registró una abundancia de individuos alta, pero con dominancias aproximadamente del 90% en una sola especie, *R. mangle* y *R. oleracea* son la causa de los resultados de estas variables.

La dispersión de las especies de plantas según el índice de Morisita indica un arreglo espacial agrupado de las especies más importantes (*R. mangle* y *R. oleracea*), estableciendo parches de aglomeración de individuos en las áreas que ocupan.

Capítulo IV. Estructura y Diversidad de la Vegetación del Bosque Seco Abierto y Herbazales

Resumen

En este capítulo se planteó establecer la estructura física y biológica de la vegetación del Bosque Abierto Disperso y del Herbazal de la isla Santay, mediante el monitoreo de su distribución vertical y horizontal para la comparación de sus características estructurales como Riqueza de Especies, densidad, densidad relativa, frecuencia, diversidad, dispersión, cobertura e importancia (I.V.I.). Para lograr esto se establecieron diez parcelas de 50 m² por cada área, dentro de ellas se determinaron tres estratos: inferior (E.I.), medio (E.M.) y superior (E.S) caracterizados por su altura, estableciendo un total de 30 subparcelas de 1 m² para el E.I., 20 sub-parcelas de 4 m² para el E.M. y 10 parcelas de 50 m² para el E.S. El resultado de la investigación arrojó un total de 3769 individuos monitoreados en ambas áreas de estudio comprendidos en 27 especies, de las cuales 26 se identificaron a nivel de género y especie, divididas en 12 familias diferentes. La familia que presentó el mayor número de especies fue Fabaceae con ocho especies. La diversidad de Margalef, Simpson (D) y Shannon-W. (H') indicaron que el Bosque Abierto Disperso presentó mayor diversidad que el Herbazal, así mismo, el Bosque Abierto Disperso presentó mayor índice de equidad que el Herbazal. Se concluyó que la especie de hierba *L. octovalvis*, reportada como maleza, fue la más frecuente, densa e importante en el área de Bosque Abierto Disperso, y la especie de hierba *C. rotundus* fue la más frecuente, densa e importante en el área de Herbazal.

Palabras clave: *bosque seco, valor de importancia, dispersión, espectro, Santay.*

1. Introducción

La historia sobre el origen de la isla Santay data a partir de la formación sedimentaria, cuyo inicio corresponde al río Guayas formando un estuario con una longitud de 60 km hasta su descarga en el Golfo de Guayaquil, recogiendo aportes de otros ríos, por lo que es considerado el estuario más grande de la costa occidental de América del Sur (Calderón, 2015).

Actualmente isla Santay es un Área Nacional de Recreación y Conservación de los ecosistemas naturales, que se encuentra bajo administración especial, brinda servicios de ecoturismo, recreación, educación ambiental, e investigación a visitantes nacionales e internacionales; con una comunidad local participativa y proactiva dispuesta a colaborar con la preservación del humedal y su biodiversidad (Loor, 2015).

La flora y fauna de la isla Santay es su principal atractivo, de allí su importancia por lo cual fue seleccionada como un Área protegida, para ello, los estudios realizados registran un sin número de especies vegetales. De acuerdo con las investigaciones realizadas, su fitodiversidad se encuentra conformada por especies vegetales nativas y exóticas o introducidas, lo cual nos permite entender el estado alarmante de vulnerabilidad del área natural debido a la acción de especies invasoras como *Roystonea oleracea* (Ayala et al, 2016; Herrera et al., 2017a, Vásquez, 2018).

La subsecretaría de Gestión Marina y Costera, del Ministerio del Ambiente, para el cumplimiento del Acuerdo Ministerial N° 21, elaboró un plan de manejo del área protegida, el cual fue el resultado de un proceso de investigación, para el uso sustentable del área nacional de recreación isla Santay, con la finalidad de preservar sus recursos naturales y funciones ecológicas, potenciar un desarrollo equitativo y armónico; que permita usarlo sustentablemente principalmente para fines recreativos y educativos (Samaniego et al, 2010).

Mediante análisis multitemporal de la cobertura de la isla Santay, Lara (2018), muestra los cambios que ha sufrido la cobertura natural en los últimos 60 años,

debido a actividades antropogénicas como la agricultura y producción pecuaria, realizadas años atrás por sus habitantes.

Los estudios sobre las especies y su distribución son necesarios ya que proporcionan información útil acerca del estado actual del tipo de vegetación, importante para diseñar sistemas de manejo forestal y así contribuir con la protección de la biodiversidad (Chaturvedia y Raghubanshi, 2014).

En el Parque de la Montaña Popa, Myanmar, Aye et al. (2014) encontraron el mayor diámetro a la altura del pecho (DAP) promedio en el Bosque Abierto Disperso de hoja perenne con 24.03 cm, mientras que en el Bosque Abierto Disperso de dipterocarpus fue de 11 cm, con una densidad media de los árboles con un DAP ≥ 5 cm, y determinaron valores del índice de diversidad de Margalef y el índice de Shannon-Wiener de 3.61 y 0.96 respectivamente.

Mani & Parthasarathy (2016), estudiaron bosques secos tropicales costeros en la India peninsular, comparando y relacionando la diversidad, área basal y densidad en rodales de la vegetación interior y costera bajo diferentes niveles de perturbación.

En Iquitos-Nauta, Loreto Perú, se evaluó la estructura y composición florística de las tipologías de vegetación, conformado por especies leñosas, aunque el conocimiento sobre arbustos es muy pobre se identificaron una estructura de arbustales, bosques, Herbazales y palmerales, así como especies más abundantes, endémicas y amenazadas, entre las comunidades vegetales más peculiares se encontraron los pantanos (Espinoza et al., 2012).

En Manantlán, México se realizó un análisis de la estructura, composición florística, y se registraron 2.086 individuos de 101 especies pertenecientes a 76 géneros y 44 familias en dos hectáreas. La semejanza florística entre las dos localidades El Durazno y La Pareja varió entre 17.8 % y 64.9 % y el área basal a 38.7 m² ha⁻¹ y 31.9 m² ha⁻¹ (Sánchez et al., 2003).

En el 2011 se realizó un estudio en la comuna Limoncito ubicado en la provincia de Santa Elena, se identificó una vegetación que pertenece a un bosque secundario con la especie *Guazuma ulmifolia* más abundante y con mayor valor

en IVF, IVI, 603 identificaciones botánicas para árboles y arbustos de los diferentes estratos del bosque en las cuales constan 43 especies, 37 géneros y 20 familias, de las 43 especies 2 % pertenecen a la vegetación endémica, 89 % de vegetación nativa y 9 % de vegetación exótica; mientras que los índices de diversidad y equidad mostraron una diferencia significativa entre el bosque poco perturbado 0.002 y bosque perturbado 0.008 (Mendoza & Jimenez, 2011).

El objetivo de este capítulo fue establecer la estructura física y biológica de la vegetación del Bosque Abierto Disperso y del Herbazal de la isla Santay, mediante el monitoreo y comparación de sus características estructurales como Riqueza de Especies, densidad, densidad relativa, frecuencia, diversidad, dispersión y cobertura, a partir de la contribución de Morán (2020).

2. Materiales y Métodos

2.1. Área de Estudio

En el Área Nacional Recreacional isla Santay y El Gayo, incluida en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Ecuador y Humedal Ramsar se consideraron para el presente estudio dos de las comunidades vegetales presentes: Bosque Abierto Disperso y Herbazal, cuyas coordenadas geográficas se detallan en la Tabla 42.

Tabla 42

Coordenadas de zonas de estudio

Zona de estudio	Latitud	Longitud
Bosque Abierto Disperso	Y: 2°12'46"S	X: 79°51'13"O
Herbazal	Y: 2°13'41"S	X: 79°51'30"O

Nota. Fuente: Morán (2020)

En la Figura 57, se representan cartográficamente la ubicación de isla Santay, así como la ubicación de las zonas de muestreo referidos en la Tabla 42.

2.2. Trabajo de Campo

Esta investigación de campo, descriptiva se basó en un análisis cualitativo y cuantitativo de las características de la vegetación del Bosque Abierto Disperso (Bosque seco) y del Herbazal presentes en isla Santay.

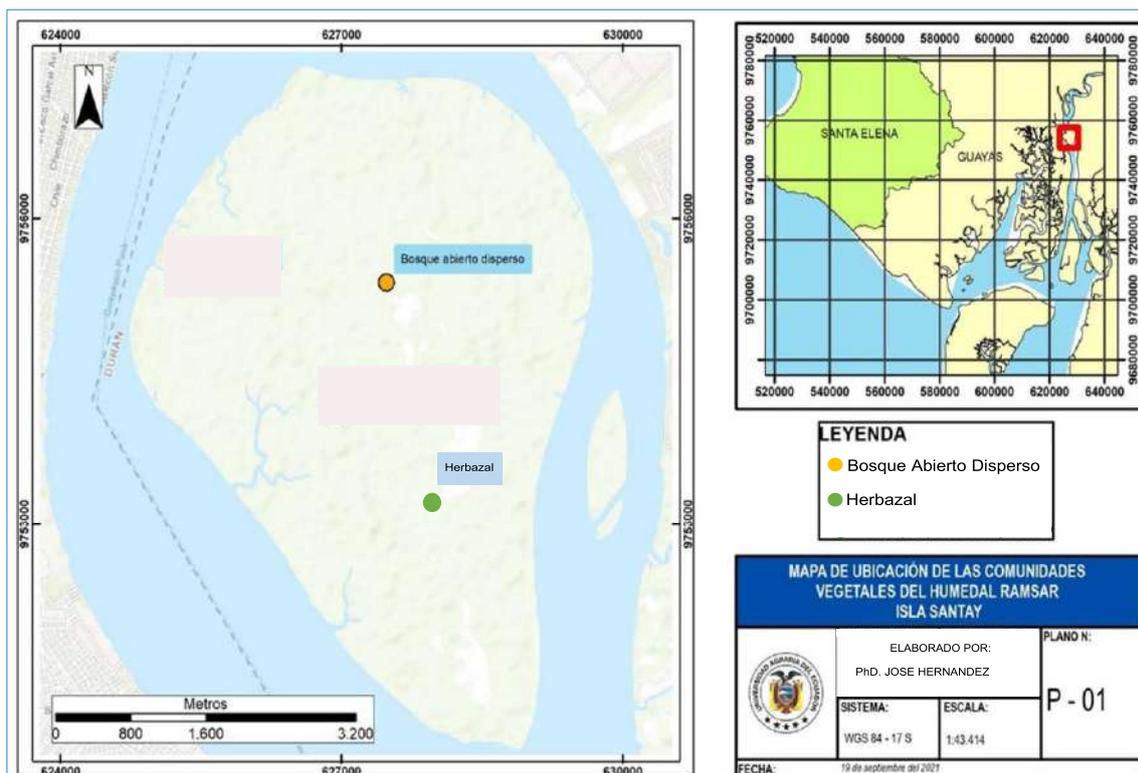
2.2.1. Metodología

2.2.1.1. Diseño Experimental.

La vegetación se estudió con un diseño de muestreo aleatorio sistemático estratificado, estableciendo dos parcelas de 0.5 ha, una para cada una de las comunidades a estudiar, en cada una se recolectaron muestras botánicas para su correcta clasificación, estudio y análisis, siguiendo la metodología presentada en el Anexo 1.

Figura 57

Ubicación espacial de las unidades de vegetación estudiadas



Nota. Fuente: Morán (2020).

2.2.1.2. Recolección de Datos.

En el levantamiento de la información en el campo, en el diario de campo, se tomaron los datos siguiendo la metodología establecida en el Anexo 1,

considerando el diseño del muestreo sistemático estratificado antes mencionado, de acuerdo con McRoberts et al. (1997).

2.2.1.3. Colección y Tratamiento de Muestras Botánicas.

En cada una de las áreas experimentales, se recolectaron muestras botánicas, para su preservación e identificación, siguiendo el protocolo indicado por Aguirre-Mendoza (2012), establecido en el Anexo 1.

2.3. Determinación de la Estructura Biológica de la Vegetación

2.3.1. Abundancia, Densidad, Cobertura, Frecuencia Absoluta y Relativa e Índice de Valor de Importancia (IVI₃₀₀) de las Especies

Una vez identificadas las especies en cada estrato se estimaron las variables dependientes: Abundancia, Densidad, Cobertura, Frecuencia Absoluta y Relativa y el Índice de Valor de Importancia (IVI₃₀₀) de especies utilizando el protocolo expuesto en el Anexo 1, señalado por Matteucci & Colma (1982):

2.3.2. Riqueza, Equidad y Diversidad de Especies

Se realizó curvas de especies área para cada área de muestreo, con las cuales se pudo estimar el número de especies vegetales máximo para una superficie de muestreo determinada. Así mismo las propiedades emergentes que definen la estructura biológica comunitaria de cada una de las áreas experimentales se obtienen aplicando los diferentes índices que se presentan en el Anexo 1.

2.4. Determinación de la Estructura Física de la Vegetación

Para la determinación y estimación de los diferentes parámetros que permiten conocer la estructura física del Bosque Abierto Disperso (Bosque Seco) y Herbazales en Santay, se implementó la metodología que se resume en el Anexo 1.

2.5. Análisis Estadístico

Una vez obtenidos los datos cuantitativos y cualitativos, se compararon entre y dentro de las áreas experimentales Bosque Abierto Disperso (Bosque Seco) y

Herbazal, mediante pruebas estadísticas que se identifican en el Anexo 1, utilizando INFOSAT (Di Rienzo et al., 2017).

3. Resultados

3.1. Estructura Biológica del Bosque Abierto Disperso (Bosque Seco) y Herbazal de Isla Santay

3.1.1. Listado de Especies Identificadas

En la Tabla 43 se presenta el listado y taxonomía de las especies halladas en las áreas de muestreo. En las áreas de Bosque Abierto Disperso (Bosque seco) y Herbazal en isla Santay se muestreó un total de 500 m² por cada zona.

Se registraron evidencias fotográficas de las diferentes especies halladas. La identificación taxonómica se realizó a partir de referencias bibliográficas como Trópicos, The International Plants Name Index (The International Plants Name Index Collaborators [IPNI], (2019) e iNaturalistEc (iNaturalist [2019]); así como de trabajos de investigación que estudiaron la flora de isla Santay.

Tabla 43

Listado y Taxonomía de las especies halladas en las áreas muestreadas

Taxonomía	Género, especie y nombre común	Imagen
Reino: Plantae	Género: Rottboellia	
Subreino:	Especie: <i>Rottboellia cochinchinensis</i>	
Tracheobionta	L.	
División:		
Magnoliophyta		
Clase: Liliopsida		
Subclase:		
Commelinidae		
Orden: Cyperales		
Familia: Poaceae		

Taxonomía	Género, especie y nombre común	Imagen
Reino: Plantae Familia: Euphorbiaceae	Género: Croton Especie: <i>Croton wagneri</i> Mull. Arg. Nombre común: Chala	
Reino: Plantae Subreino: Tracheobionta División: Magnoliophyta Clase: Magnoliopsida Subclase: Asteridae Orden: Solanales Familia: Convolvulaceae	Género Ipomoea Especie: <i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.	
Reino: Plantae División: Magnoliophyta Clase: Magnoliopsida Subclase: Asteridae Orden: Solanales Familia: Convolvulaceae	Género Ipomoea Especie: <i>Ipomoea chondrosepala</i> Hallier fil.	
Reino: Plantae División: Magnoliophyta Clase: Magnoliopsida Subclase: Asteridae Orden: Solanales Familia: Convolvulaceae	Género: Ipomoea Especie: <i>Ipomoea philomega</i> (Vell.) House	

Taxonomía	Género, especie y nombre común	Imagen
<p>Reino: Plantae División: Magnoliophyta Clase: Magnoliopsida Subclase: Asteridae Orden: Solanales Familia: Convolvulaceae</p>	<p>Género: Ipomoea. Especie: <i>Ipomoea trifida</i> (Kunth) G. Don</p>	
<p>Reino: Plantae Subreino: Tracheobionta División: Magnoliophyta Clase: Magnoliopsida Orden: Malvales Familia: Malvaceae</p>	<p>Género: Gossypium Especie: <i>Gossypium herbaceum</i> L.</p>	
<p>Reino: Plantae División: Magnoliophyta Clase: Magnoliopsida Orden: Caryophyllales Familia: Capparaceae</p>	<p>Género: Cynophalla Especie: <i>Cynophalla mollis</i> (Kunth) J. Presi</p>	
<p>Reino: Plantae Subreino: Tracheobionta División: Magnoliophyta Clase: Magnoliopsida Orden: Myrtales Familia: Combretaceae</p>	<p>Género: Terminalia Especie: <i>Terminalia catappa</i> L. Nombre común: Almendro</p>	

Taxonomía	Género, especie y nombre común	Imagen
Reino: Plantae Filo: Tracheophyta Clase: Magnoliopsida Orden: Malpighiales Familia: Erythroxylaceae	Género: <i>Erythroxylum</i> P. Browne Especie: <i>Erythroxylum glaucum</i> O.E. Schulz. Nombre común: Coquito	
Reino: Plantae División: Magnoliophyta Clase: Magnoliopsida Orden: Malvales Familia: Malvaceae	Género: <i>Malachra</i> Especie: <i>Malachra alceifolia</i> Jacq	
Reino: Plantae División: Magnoliophyta Clase: Magnoliopsida Orden: Fabales Familia: Fabaceae	Género: <i>Desmodium</i> Especie: <i>Desmodium incanum</i> DC.	
Reino: Plantae Filo: Tracheophyta Clase: Magnoliopsida Orden: Myrtales Familia: Onagraceae	Género: <i>Ludwigia</i> L. Especie: <i>Ludwigia octovalvis</i> (Jacq.) P.H. Raven	

Taxonomía	Género, especie y nombre común	Imagen
<p>Reino: Plantae División: Magnoliophyta Clase: Magnoliopsida Subclase: Asteridae Orden: Solanales Familia: Convolvulaceae</p>	<p>Género: Ipomoea Especie: <i>Ipomoea lacunosa</i> L.</p>	
<p>Reino: Plantae Subreino: Tracheobionta División: Magnoliophyta Clase: Liliopsida Subclase: Commelinidae Orden: Poales Familia: Poaceae</p>	<p>Género: Hymenachne Especie: <i>Hymenachne donacifolia</i> (Raddi) Chase</p>	
<p>Reino: Plantae División: Magnoliophyta Clase: Magnoliopsida Orden: Fabales Familia: Fabaceae</p>	<p>Género: Mimosa Especie: <i>Mimosa pudica</i> L. Nombre común: Sensitiva</p>	
<p>Reino: Plantae División: Magnoliophyta Clase: Magnoliopsida Orden: Fabales Familia: Fabaceae</p>	<p>Género: Prosopis Especie: <i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.</p>	
<p>Reino: Plantae Subreino: Tracheobionta División: Magnoliophyta Clase: Liliopsida Subclase: Commelinidae Orden: Poales</p>	<p>Género: Cyperus Especie: <i>Cyperus rotundus</i> L.</p>	

Taxonomía	Género, especie y nombre común	Imagen
<p>Familia: Cyperaceae</p> <p>Reino: Plantae División: Magnoliophyta Clase: Liliopsida Orden: Poales Familia: Poaceae</p>	<p>Género: Echinochloa Especie: <i>Echinochloa colonum</i> (L.) Link</p>	
<p>Reino: Plantae Filo: Tracheophyta Clase: Magnoliopsida Orden: Caryophyllales Familia: Amaranthaceae</p>	<p>Género: Salicornia Especie: <i>Salicornia fruticosa</i> (L.) L. Nombre común: Vidrio</p>	
<p>Reino: Plantae División: Magnoliophyta Clase: Magnoliopsida Orden: Fabales Familia: Fabaceae</p>	<p>Género: Stylosanthes Especie: <i>Stylosanthes scabra</i> Vogel</p>	
<p>Reino: Plantae División: Magnoliophyta Clase: Magnoliopsida Orden: Fabales Familia: Fabaceae</p>	<p>Género: Piptadenia Especie: <i>Piptadenia flava</i> (Spreng. Ex Dc.) Bend Nombre común: Sierrilla</p>	
<p>Reino: Plantae Filo: Tracheophyta Clase: Magnoliopsida Orden: Solanales Familia: Convolvulaceae</p>	<p>Género: Ipomoea Especie: <i>Ipomoea carnea</i> Jacq. Nombre común: Mata cabra</p>	

Taxonomía	Género, especie y nombre común	Imagen
Reino: Plantae División: Magnoliophyta Clase: Magnoliopsida Orden: Fabales Familia: Fabaceae	Género: Geoffroea Especie: <i>Geoffroea striata</i> (Jacq.) Morong	
Reino: Plantae Filo: Magnoliophyta Clase: Magnoliopsida Orden: Fabales Familia: Mimosaceae	Género: Leucaena Especie: <i>Leucaena trichodes</i> (Jacq) Benth	
Reino: Plantae Filo: Tracheophyta Clase: Magnoliopsida Orden: Lamiales Familia: Bignoniaceae	Género: Tabebuia Especie: <i>Tabebuia billbergii</i> (Bureau & Schum.) Standl.	

Nota. Fuente: Morán (2020).

Los resultados de la investigación arrojaros un total de 3769 individuos monitoreados en ambas áreas de estudio comprendidos en 27 especies, de las cuales 26 se identificaron a nivel de género y especie, divididas en 12 familias diferentes. La familia que presentó el mayor número de especies fue Fabaceae con ocho.

3.1.2. Abundancia, Frecuencia, Densidad, Cobertura e Índice de Valor de Importancia (I.V.I.)

3.1.2.1. Abundancia de Individuos por Especie.

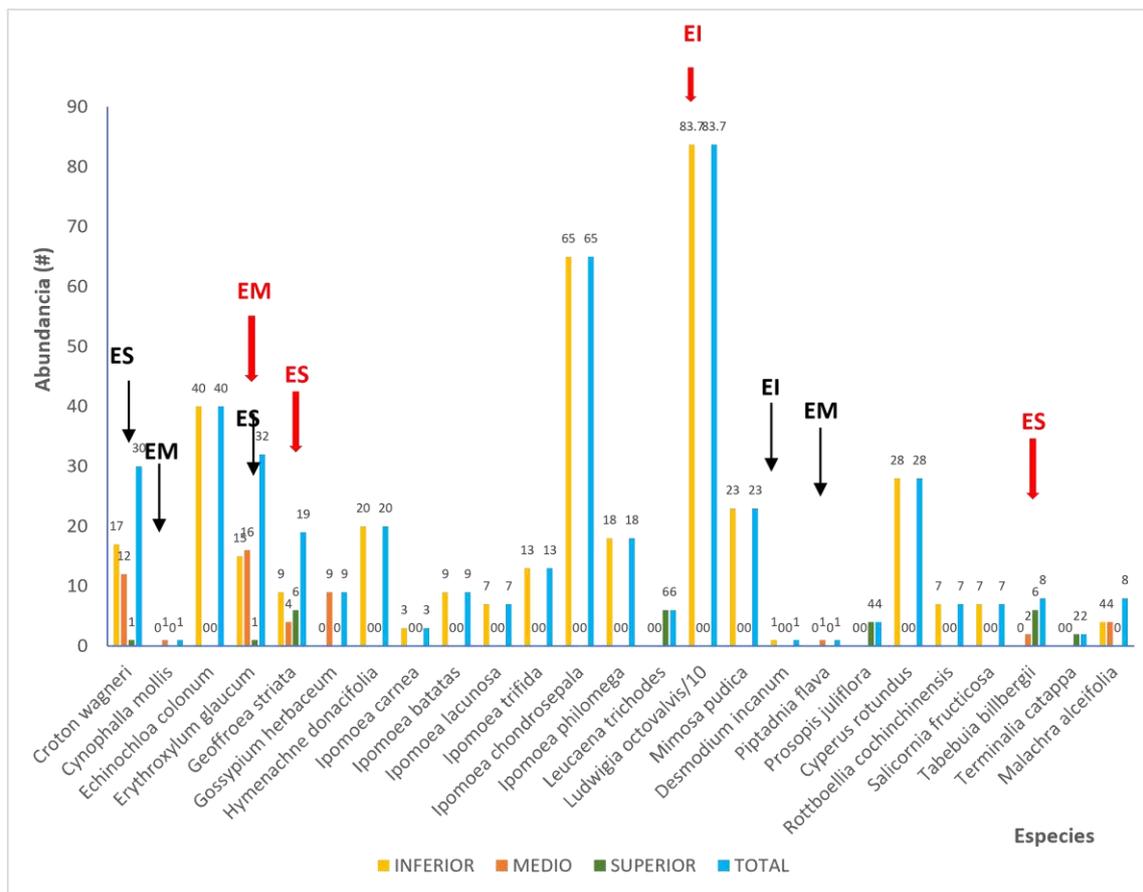
La abundancia se basó en el conteo de individuos presentados por especie, estrato y área. Se determinó que en el área de Herbazal se presentó mayor

cantidad de individuos, pero menor cantidad de especies que en el Bosque Abierto Disperso.

En la Figura 58, se muestra la abundancia de las especies identificadas en el área de Bosque Abierto Disperso (Bosque Seco) en isla Santay. En esta área se registraron un total de 1198 individuos, divididos entre los estratos: 1123 individuos en el E.I. (mayor abundancia), 48 individuos en el E.M. y 26 individuos en el E.S. Las especies más abundantes fueron *L. octovalvis* con 837 individuos seguida por *I. chondrosepala* con 65 individuos.

Figura 58

Abundancia de individuos de las especies en el Bosque Abierto Disperso



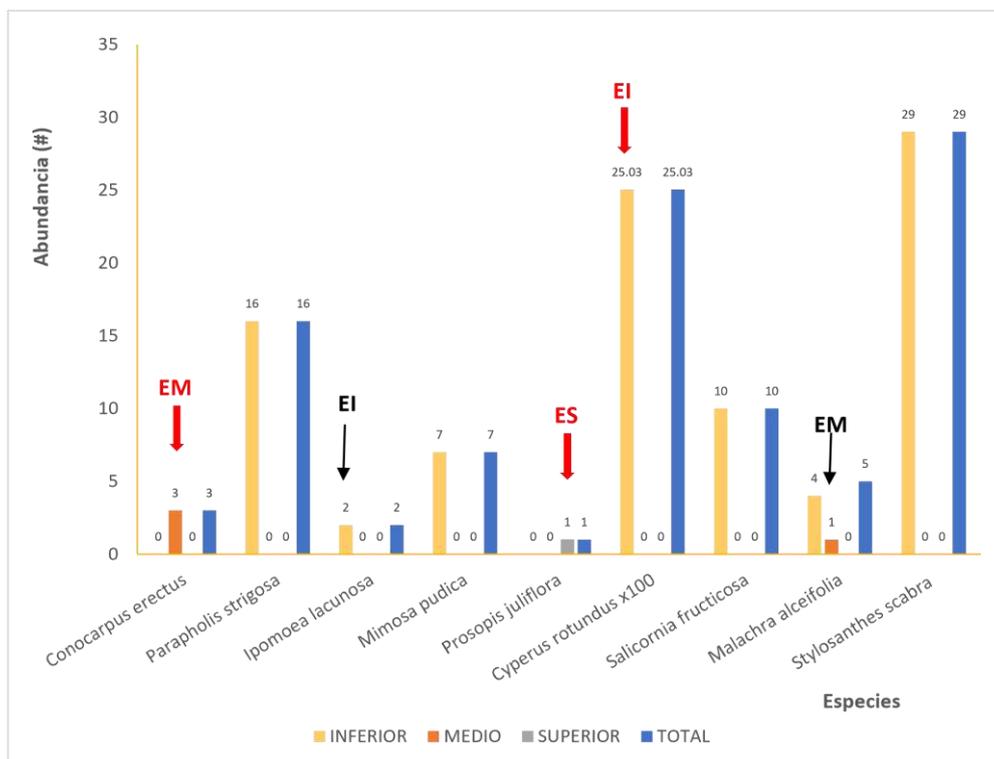
Nota. (EI: Estrato inferior, EM: Estrato medio, ES: Estrato superior. Las especies con mayor abundancia se distinguen con flechas rojas y las menos abundantes con flechas negras). Fuente: Morán (2020).

En el E.I., la especie más abundante fue *L. octovalvis* con 837 individuos, y la menos abundante fue *D. incanum* con un sólo individuo. En el E.M., la especie *E. glaucum* presentó la mayor abundancia con 16 individuos y las especies *P. flava* y *C. mollis* presentaron la menor abundancia con sólo un individuo. En el E.S., las especies más abundantes fueron *G. striata* y *T. billbergii* con seis individuos, y las especies menos abundantes fueron *C. wagneri* y *E. glaucum* con un sólo individuo.

En la ¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.3, se presenta la abundancia de las especies identificadas en el área de Herbazal en isla Santay. En esta área se registraron un total de 2576 individuos, divididos entre los estratos: 2571 individuos en el E.I. (mayor abundancia), cuatro individuos en el E.M. y un individuo en el E.S. A nivel de área la especie más abundante fue *C. rotundus* con 2503 individuos.

Figura 59

Abundancia de individuos de las especies en el Herbazal



Nota. EI: Estrato inferior, EM: Estrato medio, ES: Estrato superior. Las especies con mayor abundancia a nivel de área se distinguen con flechas rojas y las menos abundantes con flechas negras). Fuente: Morán (2020).

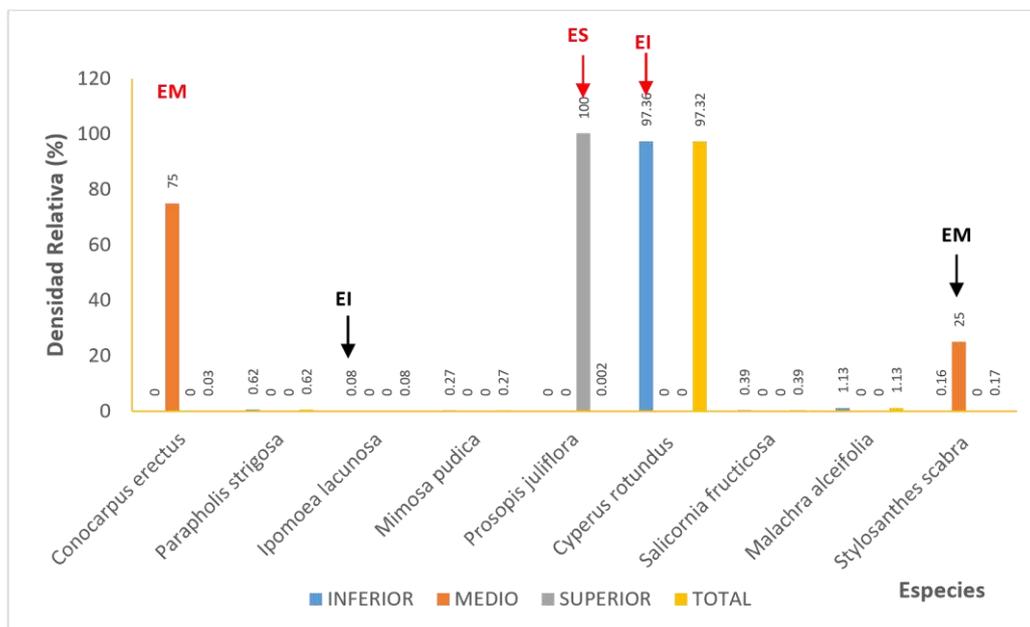
por *I. chondrosepala* con 5.77%. Las especies menos densas fueron *C. mollis* y *P. flava* con 0.02% cada una y *D. incanum* con 0.09%.

En el E.I., de las especies presentes, la más densa fue *L. octovalvis* con 75.13%, y la menos densa fue *D. incanum* con 0.05%. En el E.M., la especie *E. glaucum* presentó la mayor densidad con 32.65% y las especies *P. flava* y *C. mollii* presentaron la menor densidad con 2.04%. En el E.S., las especies más densas fueron *G. striata* y *T. billbergii* con 23.08%, y las especies menos densas fueron *C. wagneri* y *E. glaucum* con 3.85%.

En la Figura 61, se observa la densidad relativa de las especies identificadas en el área de Herbazal en isla Santay. La densidad relativa calculada arrojó que la especie más densa en el Herbazal fue *C. rotundus* con 97.32% seguida por *M. alceifolia* con 1.13%. La especie menos densa fue *P. juliflora* con 0.022%.

Figura 61

Densidad relativa de las especies en el Herbazal



Nota. EI: Estrato inferior, EM: Estrato medio, ES: Estrato superior. Las especies con mayor abundancia a nivel de área se distinguen con flechas rojas y las menos abundantes con flechas negras). Fuente: Morán (2020).

En el E.I., la especie más densa fue *C. rotundus* con 97.36%, y la menos densa fue *I. lacunosa* con 0.08%. En el E.M., la especie *C. erectus* presentó la mayor

densidad con 75% y la especie *S. scabra* fue la de menor densidad con 25%. En el E.S., se presentó sólo la especie *P. juliflora*, por tanto, representa una densidad del 100% (Figura 61).

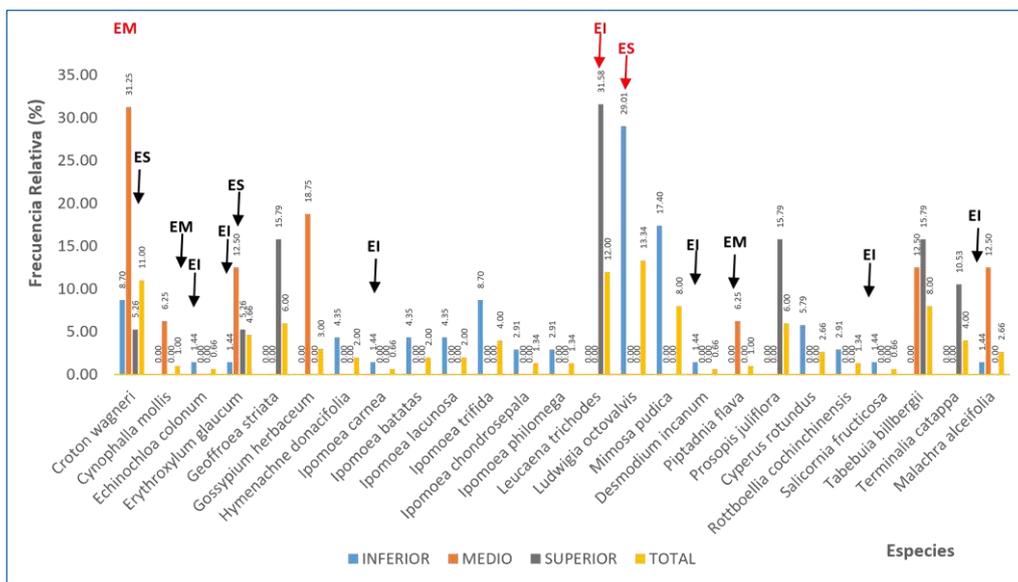
3.1.2.3. Frecuencia de Aparición Relativa de las Especies.

La frecuencia relativa de las especies por área se estimó mediante el cálculo de la frecuencia absoluta por especie dividida para la sumatoria de las frecuencias absolutas de todas las especies. La frecuencia absoluta se calculó mediante la aparición de una especie por subparcela en el caso de los estratos, y por las diez parcelas en el caso del total del área.

En la Figura 62, se presenta la frecuencia relativa de las especies identificadas en el área de Bosque Abierto Disperso (Bosque Seco) en isla Santay. La frecuencia relativa calculada arrojó que la especie más densa en el Bosque Abierto Disperso fue *L. octovalvis* con 13.34% seguida por *L. trichodes* con 12.00%.

Figura 62

Frecuencia relativa de las especies en el área de Bosque Abierto Disperso



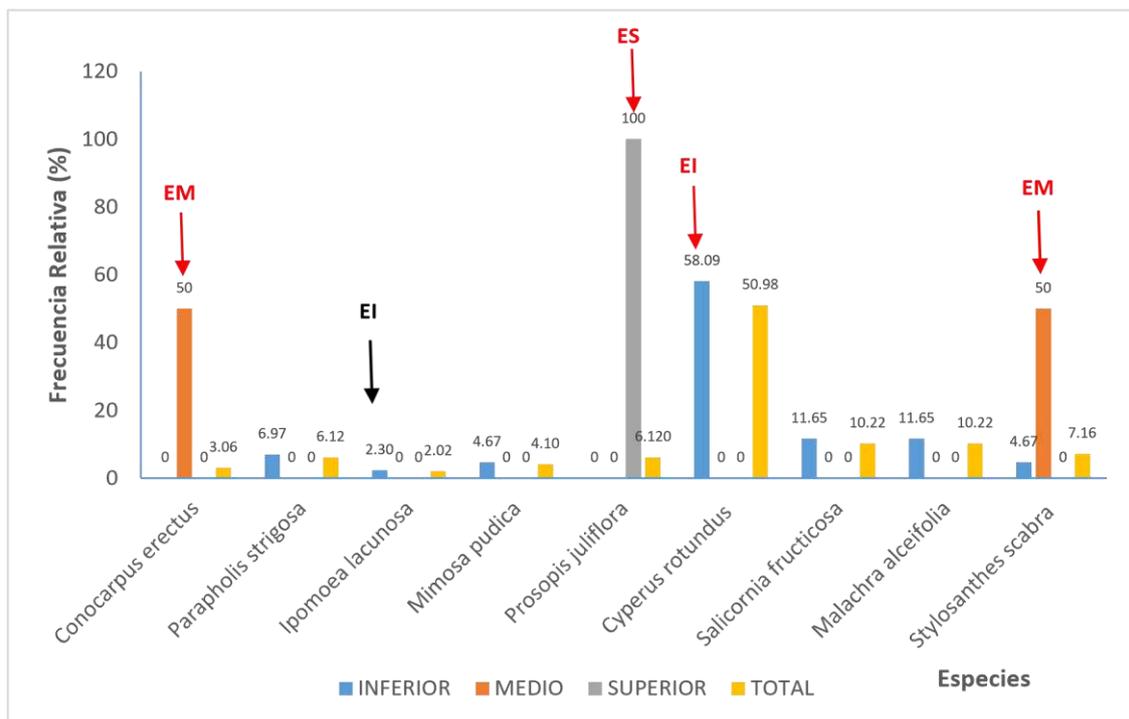
Nota. EI: Estrato inferior, EM: Estrato medio, ES: Estrato superior. Las especies con mayor abundancia a nivel de área se distinguen con flechas rojas y las menos abundantes con flechas negras). Fuente: Morán (2020).

En el E.I., la especie más frecuente fue *L. octovalvis* con 29.01%, y seis especies (*E. colonum*, *E. glaucum*, *I. carnea*, *D. incanum.*, *S. fructicosa* y *M. alceifolia*) fueron menos observadas en ambas con 1.44%. En el E.M., la especie *C. wagneri* presentó la mayor frecuente con 31.25% y las especies *P. flava* y *C. mollis* presentaron la menor frecuencia con 6.25%. En el E.S., la especie más frecuente fue *L. trichodes* con 31.58%, y las especies menos frecuentes fueron *C. wagneri* y *E. glaucum* con 5.26% (Figura 62).

En la Figura 63, se presenta la frecuencia relativa de las especies identificadas en el área de Herbazal en isla Santay. La frecuencia relativa calculada arrojó que la especie más frecuente en el Herbazal fue *C. rotundus* con 50.98% seguida por *S. fructicosa* y *M. alceifolia* con 10.22% cada una. La especie menos frecuente fue *I. lacunosa* con 2.02%.

Figura 63

Frecuencia relativa de las especies en el Herbazal



Nota. EI: Estrato inferior, EM: Estrato medio, ES: Estrato superior. Las especies con mayor abundancia a nivel de área se distinguen con flechas rojas y las menos abundantes con flechas negras). Fuente: Morán (2020).

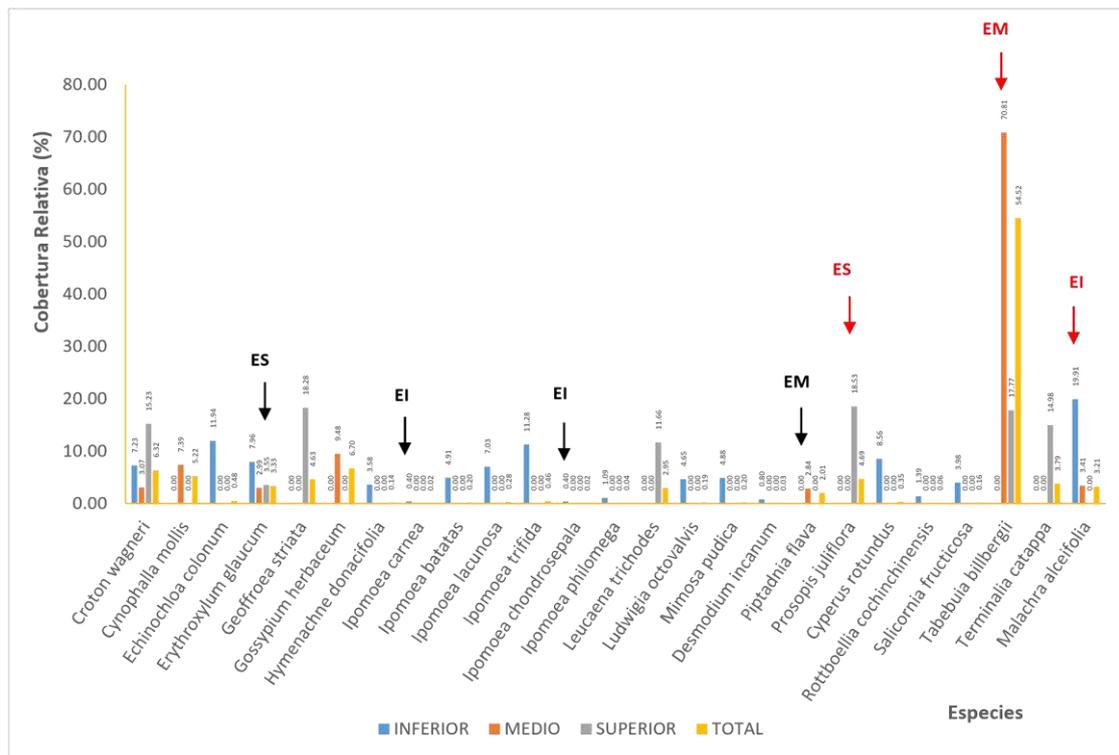
En el E.I., la especie más frecuente fue *C. rotundus* con 58.09%, y la menos frecuente fue *I. lacunosa* con 2.30%. En el E.M., las especies *C. erectus* y *P. flava* al ser las dos especies encontradas en el área presentaron una frecuencia del 50% cada una. En el E.S., se presentó sólo la especie *P. juliflora*, por tanto, representa una frecuencia del 100%.

3.1.2.4. Cobertura Relativa de las Especies.

La cobertura relativa de las especies por área se obtuvo mediante el cálculo de la cobertura absoluta por especie dividida para la sumatoria de las coberturas absolutas de todas las especies. La cobertura absoluta se estimó mediante la división del área basal (m²) por especie dividido para el área de muestreo (m²).

Figura 64

Cobertura relativa de las especies en el Bosque Abierto Disperso



Nota. EI: Estrato inferior, EM: Estrato medio, ES: Estrato superior. Las especies con mayor abundancia a nivel de área se distinguen con flechas rojas y las menos abundantes con flechas negras). Fuente: Morán (2020).

En la Figura 64, se presenta la cobertura relativa de las especies identificadas en el área de Bosque Abierto Disperso (Bosque Seco) en isla Santay. En el E.I.,

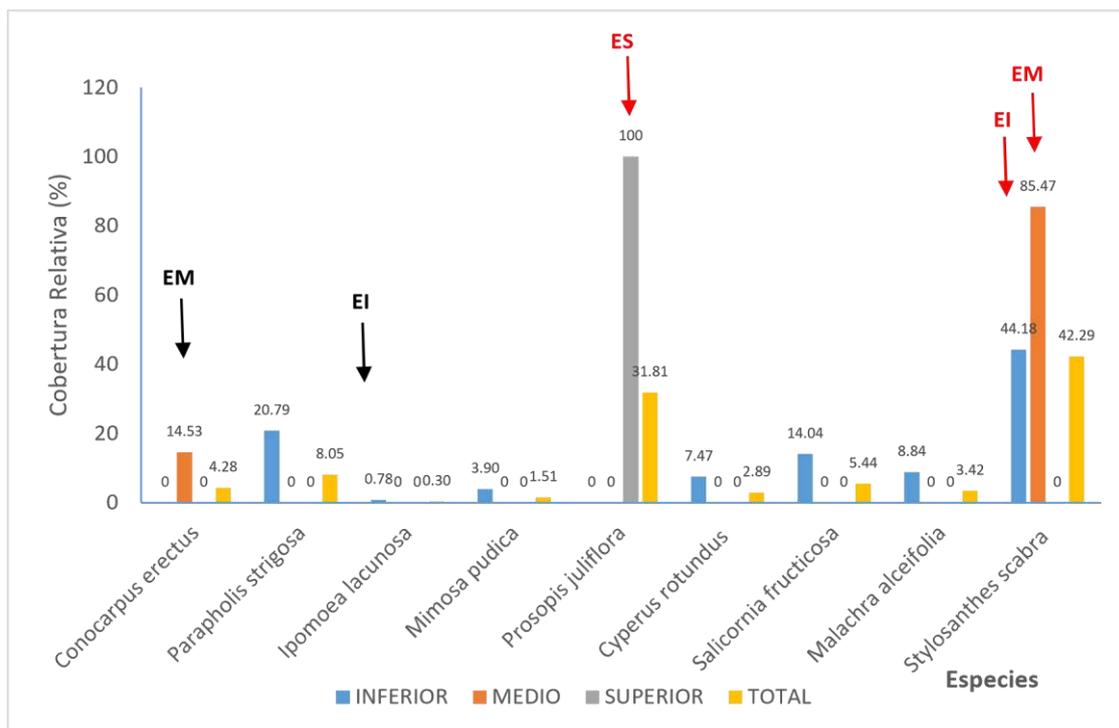
la especie de mayor cobertura fue *M. alceifolia* con 19.91%, y las especies *I. carnea* e *I. chondrosepala* presentaron la menor cobertura con 0.04%.

En el E.M., la especie *T. billbergii* presentó la mayor cobertura relativa con 70.81% y la especie *P. flava* presentó la menor cobertura con 2.84%. En el E.S., la especie de mayor cobertura fue *P. juliflora* con 18.53%, y la especie de menor cobertura fue *E. glaucum* con 3.55%.

En la Figura 65, se observa la cobertura relativa de las especies identificadas en el área de Herbazal por estratos en isla Santay. Para esta variable los valores de áreas basales marcaban diferencias notables por cada estrato afectando a la estimación de la cobertura relativa total.

Figura 65

Cobertura relativa de las especies en el área de Herbazal



Nota. EI: Estrato inferior, EM: Estrato medio, ES: Estrato superior. Las especies con mayor abundancia a nivel de área se distinguen con flechas rojas y las menos abundantes con flechas negras). Fuente: Morán (2020).

En el E.I., la especie de mayor cobertura fue *S. scabra* con 44.18%, y la especie *I. lacunosa* presentó la menor cobertura con 0.78%. En el E.M., la especie *S.*

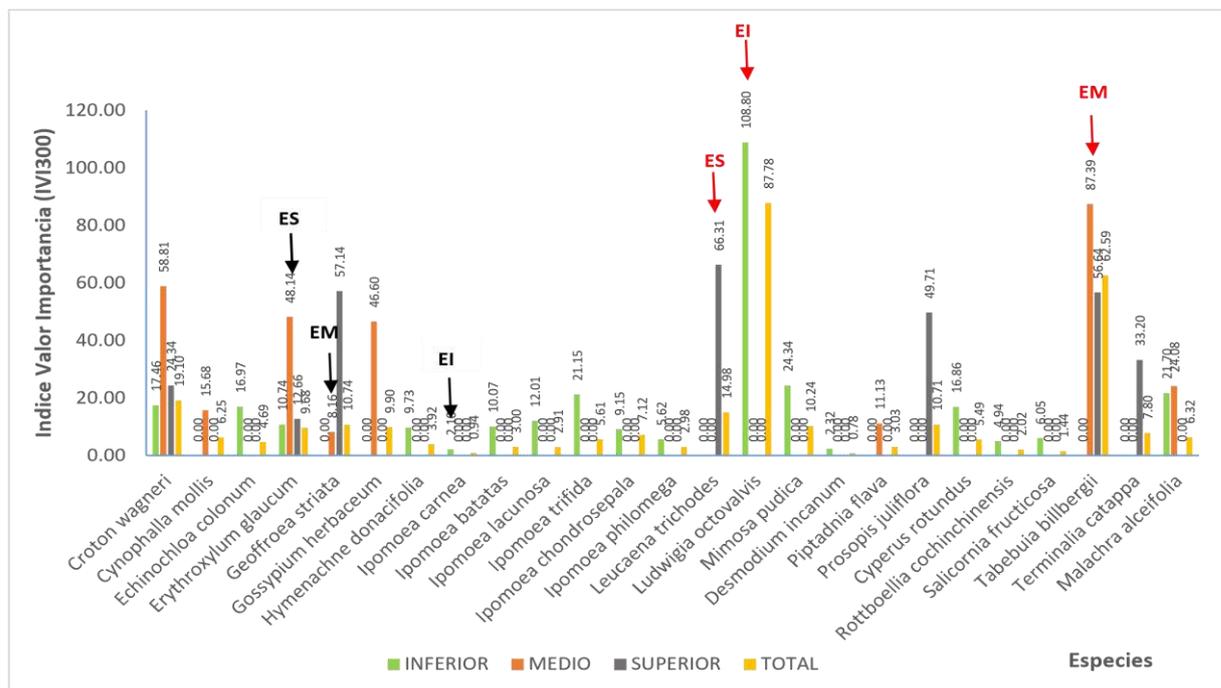
scabra presentó la mayor cobertura relativa con 85.47% y la especie *C. erectus* presentó la menor cobertura con 14.53%. En el E.S., se presentó sólo la especie *P. juliflora*, por tanto, representa una cobertura del 100%.

3.1.2.5. Índice de Valor de Importancia (I.V.I.₃₀₀) por Especie.

El I.V.I. de cada especie dentro de las áreas de estudio se calculó mediante la sumatoria de la densidad relativa, frecuencia y cobertura relativas por especie. La sumatoria de los valores de las especies es 300 por estratos y en el caso del área total es 200, ya que no se consideró la cobertura relativa en este grupo, debido a las diferencias de áreas basales que se presentan por especie en cada estrato.

Figura 66

Índice de Valor de Importancia (I.V.I.₃₀₀) de las especies en el Bosque Abierto Disperso



Nota. EI: Estrato inferior, EM: Estrato medio, ES: Estrato superior. Las especies con mayor abundancia a nivel de área se distinguen con flechas rojas y las menos abundantes con flechas negras). Fuente: Morán (2020).

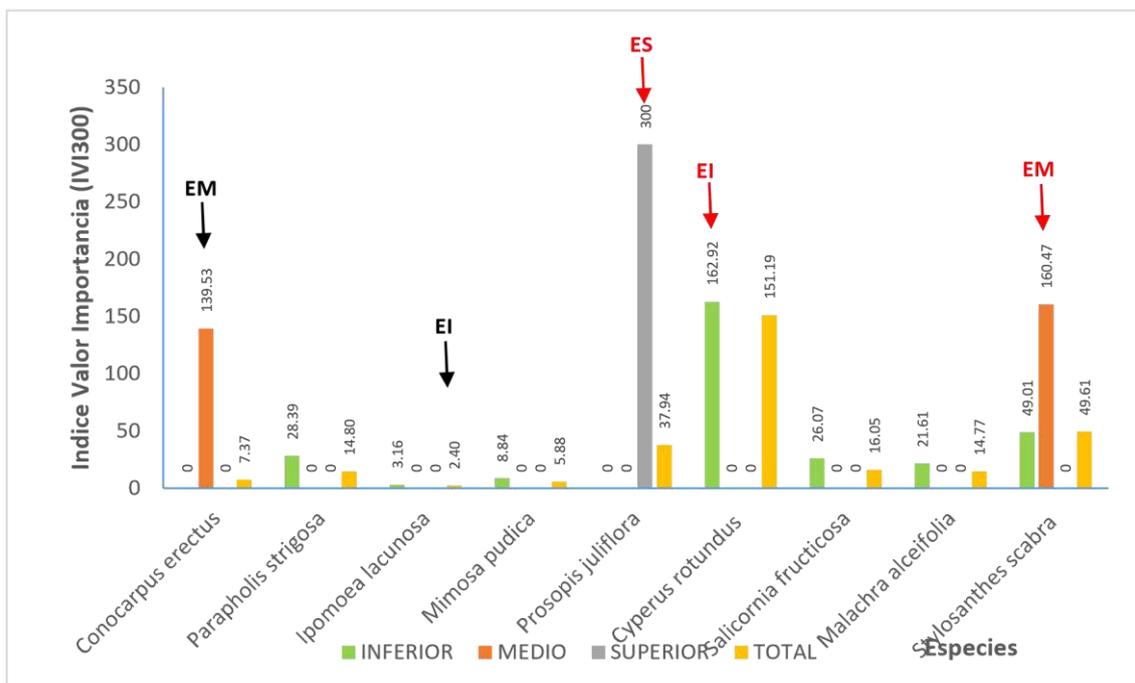
En la Figura 66, se presenta el Índice de Valor de Importancia (I.V.I.) de las especies identificadas en el área de Bosque Abierto Disperso (Bosque seco) en isla Santay. El I.V.I. calculado a través de la sumatoria de las variables arrojó

que la especie de mayor I.V.I. fue *L. octovalvis* con 87.78% seguida por *T. billbergii* con 62.59%; y las especies de menor importancia fueron *D. incanum* e *I. carnea* con 0.78% y 0.94% respectivamente.

En el E.I., de las especies presentes en el estrato, la especie con mayor valor de importancia fue *L. octovalvis* con 108.8%, y la que presento menor índice de valor de importancia fue *I. carnea* con 2.10%. En el E.M., la especie *T. billbergii* presentó el mayor I.V.I. con 87.39% y la especie *P. flava* presentó el menor I.V.I. con 11.13%. En el E.S., la especie más importante fue *L. trichodes* con 66.31%, y la especie menos importante fue *E. glaucum* con 12.66% (Figura 66).

Figura 67

Índice Valor Importancia (I.V.I.300). de las especies en el Herbazal



Nota. EI: Estrato inferior, EM: Estrato medio, ES: Estrato superior. Las especies con mayor abundancia a nivel de área se distinguen con flechas rojas y las menos abundantes con flechas negras). Fuente: Morán (2020).

En la Figura 67, se presenta el Índice de Valor de Importancia (I.V.I.) de las especies identificadas en el área de Herbazal en isla Santay. El I.V.I. calculado a través de la sumatoria de las variables arrojó que la especie de mayor I.V.I. en

el Herbazal fue *C. rotundus* con 134.20% seguida por *S. scabra* con 49.611%; y la especie de menor importancia fue *I. lacunosa* con 2.40%.

De las especies presentes en el E.I., la especie con mayor índice de valor de importancia fue *C. rotundus* con 162.92% y la que presenta menor índice de valor de importancia fue *I. lacunosa* con 3.16%. En el E.M., la especie *S. scabra* presentó el mayor I.V.I. con 160.47% y la especie *C. erectus* presentó el menor I.V.I. con 139.53%. En el E.S., se presentó sólo la especie *P. juliflora*, por tanto, representa I.V.I. del 300% (Figura 11).

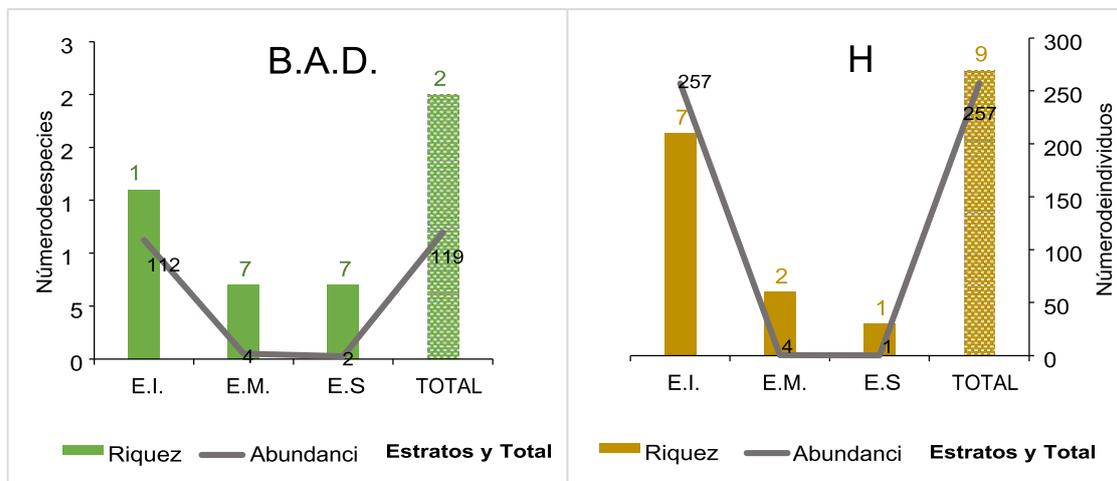
3.1.3. Abundancia, Equidad, Diversidad y Riqueza del Bosque Abierto Disperso (Bosque Seco) y Herbazal de Isla Santay

3.1.3.1. Abundancia de Individuos y Riqueza de Especies en el Bosque Abierto Disperso y Herbazal.

En la Figura 68, se presenta la abundancia de individuos y riqueza de especies en las áreas de Bosque Abierto Disperso (B.S.) y Herbazal (H) por estrato. En el eje horizontal se representan los estratos, en el eje vertical izquierdo se representa el número de especies en función de la riqueza, y en el eje vertical derecho se presenta el número de individuos en función de la abundancia de individuos.

Figura 68

Abundancia de individuos y riqueza de especies en las áreas de estudio



Nota. B.A.D.: Bosque Abierto Disperso, H: Herbazal) por estrato. (Ei: Estrato inferior, EM: Estrato medio, ES: Estrato superior). Fuente: Morán (2020).

Se observa que en el área de Bosque Abierto Disperso se identificaron 25 especies con una abundancia total de 1198 individuos, y en el área de Herbazal se identificaron nueve especies con una abundancia total de 2576 individuos. Se determinó que en el Bosque Abierto Disperso se presentó mayor variedad de especies y cantidad de individuos en todos los estratos que en el Herbazal.

En el estrato inferior de ambas áreas se halló la mayor riqueza de especies y abundancia de individuos. Mientras que en el estrato superior de ambas áreas se halló la menor riqueza de especies y abundancia de individuos.

3.1.3.2. Diversidad y Equidad de las Especies en el Bosque Abierto Disperso y Herbazal.

En la Figura 69, se presenta la diversidad y equidad de la vegetación en las áreas experimentales de Bosque Abierto Disperso (Bosque Seco, B.A.D.) y Herbazal (H) por estrato. En el eje horizontal se presentaron los estratos, en el eje vertical izquierdo se representaron los valores del Índice de los índices de diversidad (I. Margalef, Shannon (H') y Simpson), y en el eje vertical derecho se representaron los valores de los índices de equidad (I. Shannon-W y Simpson) abundancia de individuos.

Los valores de los índices de diversidad difieren en las áreas de estudio, observándose que los índices de Margalef y Shannon-W. (H') indican claramente mayor diversidad en el área de Bosque Abierto Disperso en comparación con el área de Herbazal en todos los estratos, y en el área total triplica la diversidad.

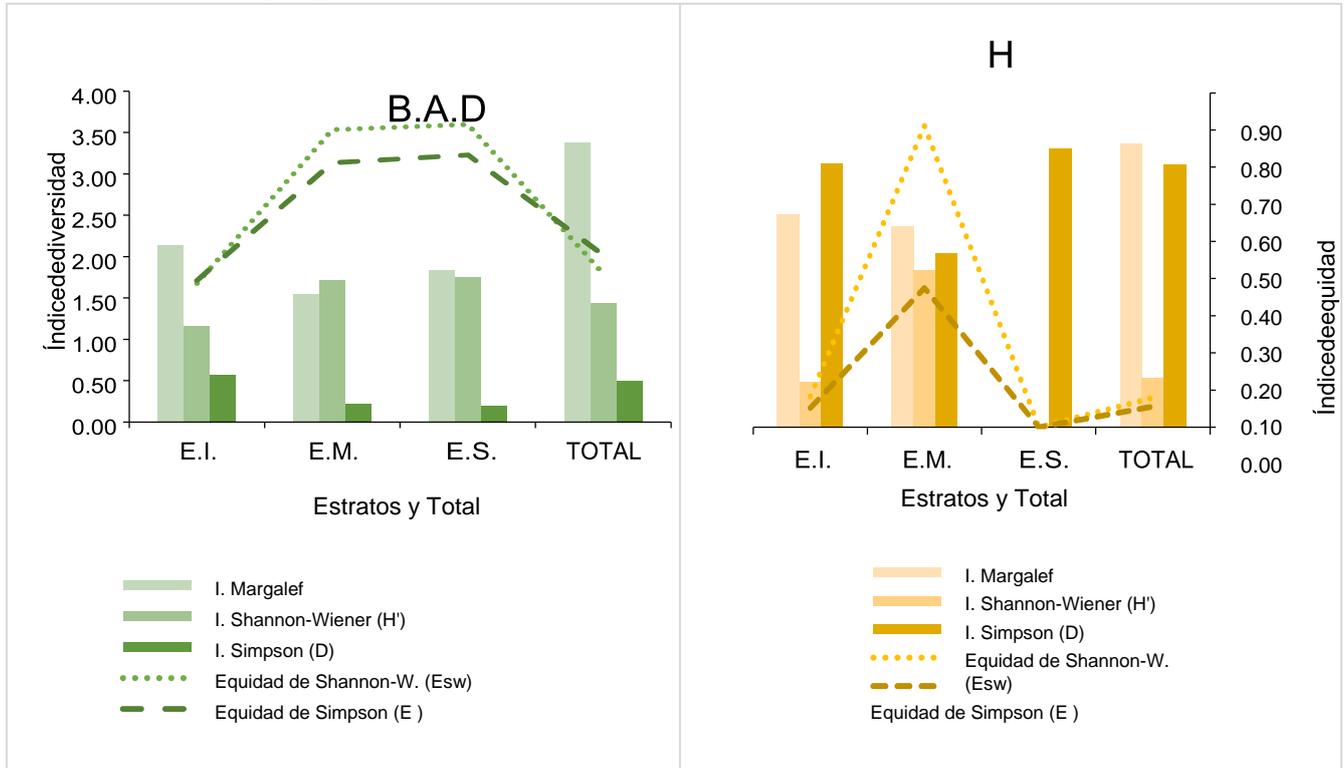
Según Smith y Smith (2012) el I. de Simpson (D), oscila entre 0 y 1, en ausencia de diversidad, donde solo hay una especie el valor de D es 1, por tanto, cuanto mayor sea el valor de D , menor es la diversidad. Esto indica que se presentó mayor diversidad en el área de Bosque Abierto Disperso dentro de cada estrato y en el área total ya que sus valores se aproximan más a cero.

El valor máximo de los índices de equidad es uno, el área de Bosque Abierto Disperso presentó mayores valores de equidad que el Herbazal. El índice de equidad de Shannon-W. (E_{sw}) reflejó valores semejantes en el estrato medio de ambas áreas y superior en los demás estratos y área total. Mientras que el I.

Simpson (E) indicó mayor equidad para el Bosque Abierto Disperso en todos los estratos y área total.

Figura 69

Diversidad y equidad en las áreas de estudio



Nota. B.A.D.: Bosque Abierto Disperso y H: Herbazal) por estratos (Ei: Estrato inferior, EM: Estrato medio, ES: Estrato superior). Fuente: Morán (2020).

3.2. Estructura Física del Bosque Abierto Disperso y del Herbazal de Isla Santay

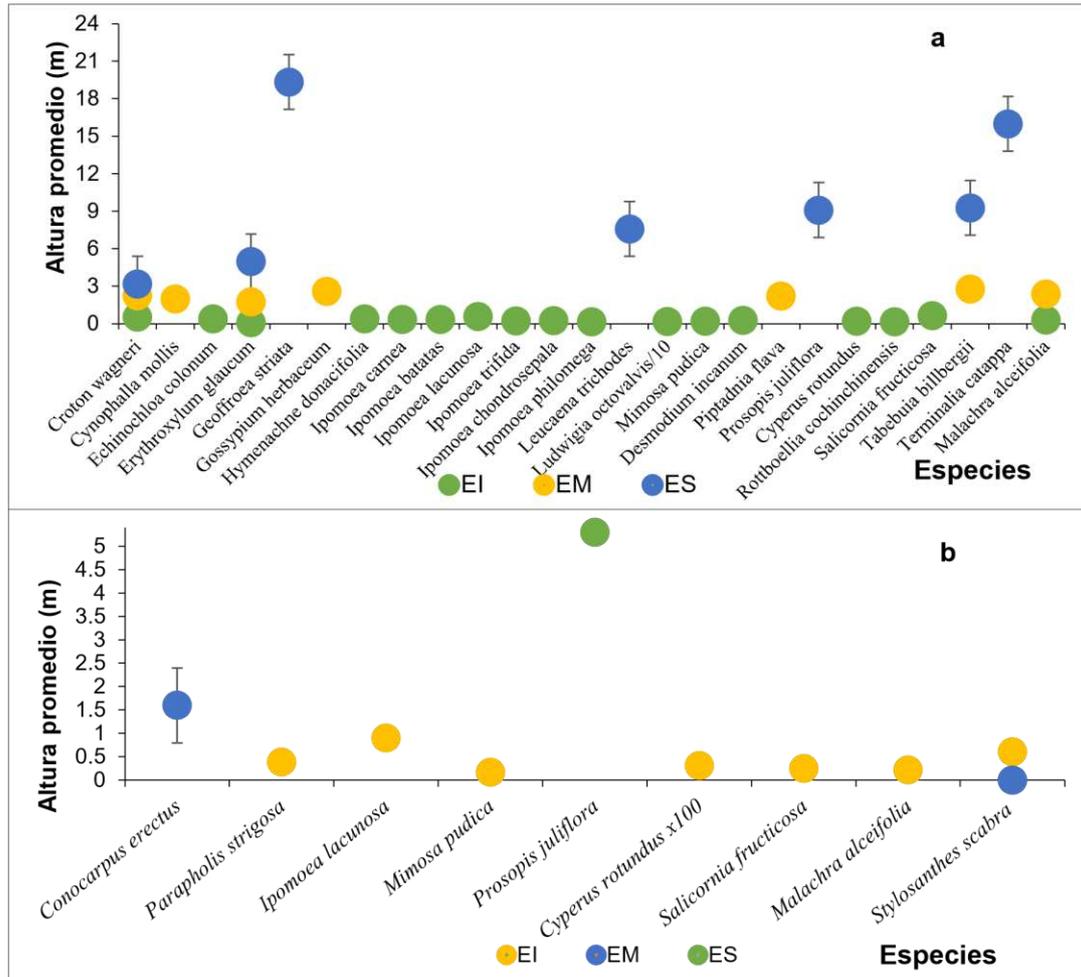
La estructura física de las áreas Bosque Abierto Disperso y Herbazal en isla Santay, se analizó a través de los espectros (histogramas) de altura promedio, clases de altura, área basal promedio, clases de área basal, hábito de crecimiento, tipo de hojas, tipo de ápice y base de la hoja. Cada histograma se elaboró conforme a los estratos muestreados por área (inferior, medio y superior). También, se evaluó la estructura física representando un perfil de la vegetación por cada área de estudio en función de los estratos.

3.2.1. Altura Promedio y Clases de Altura de las Especies en las Áreas Experimentales

En la Figura 70, se representan las alturas promedio de las especies identificadas en las áreas experimentales.

Figura 70

Alturas promedio de las especies en las áreas experimentales



Nota. Bosque Abierto Disperso (a), Herbazal (b). Estrato inferior (EI), Estrato medio (EM), Estrato superior (ES). Fuente: Morán (2020).

Se clasificaron las alturas promedio de las especies por estrato, y en el Bosque Abierto Disperso se observa en el E.I. que las especies poseen un promedio de altura inferior a un metro, su rango varió entre 0.11 – 0.55 m; en el E.M., las especies presentan un rango de altura promedio entre 2 – 2.80 m; y en el E.S. se presentan especies con altura promedio entre 3 – 19 m (Figura 14a).

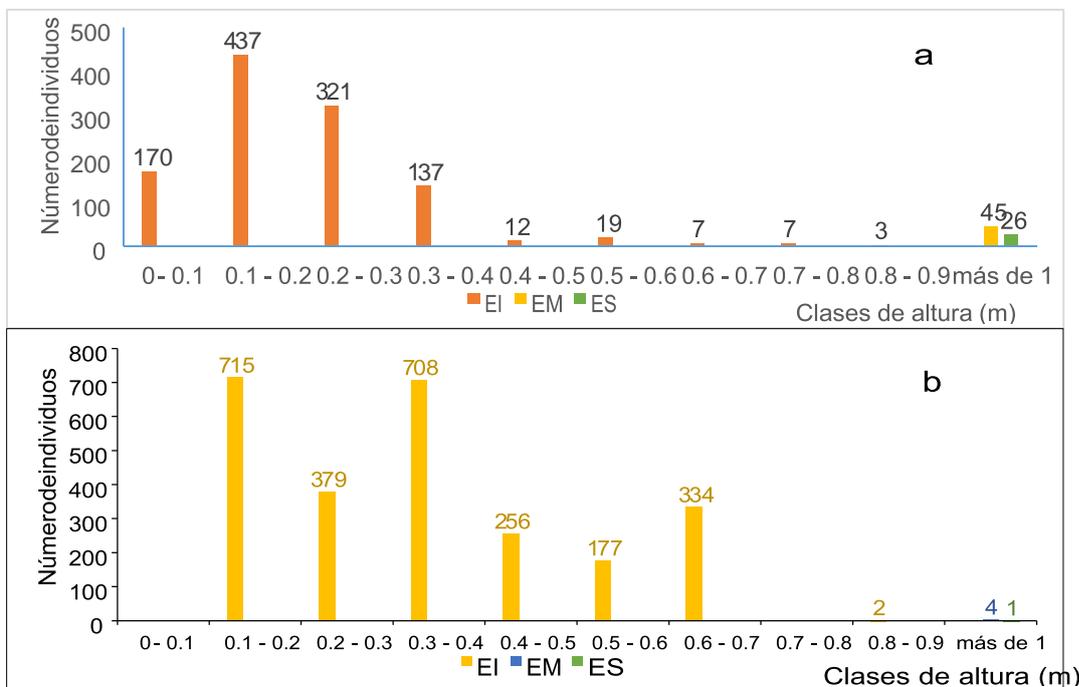
En la Figura 70b se observa que, en el Herbazal, las especies del E.I. poseen un promedio de altura inferior a un metro, su rango varió entre 0.17 – 0.90 m; en el E.M., las especies presentan un rango de altura promedio entre 1.51 – 1.60 m; y en el E.S. se presentó una especie con altura promedio de 5.3 m.

En la Figura 71, se representaron las clases de altura para la vegetación de las áreas experimentales por estratos (representados por diferentes colores), en función del número de individuos determinados en cada intervalo.

En la Figura 71a se observa que, en el Bosque Abierto Disperso, se obtuvo en el E.I. clases de altura de 0 a 0.1 m con 170 individuos, de 0.1 a 0.2 m con 437 individuos, de 0.2 a 0.3 m con 321 individuos, de 0.3 a 0.4 m con 137 individuos, de 0.4 a 0.5 m con 12 individuos, de 0.5 a 0.6 m con 19 individuos, de 0.6 a 0.7 m con 7 individuos, de 0.7 a 0.8 m con 7 individuos y de 0.8 a 0.9 m con 3 individuos. En el estrato medio y superior se presentaron individuos en la clase superior a un metro de altura con 45 y 26 individuos respectivamente.

Figura 71

Clases de altura para la vegetación de las áreas experimentales



Nota. Bosque Abierto Disperso (a), Herbazal (b). Estrato inferior (EI), Estrato medio (EM), Estrato superior (ES). Fuente: Morán (2020).

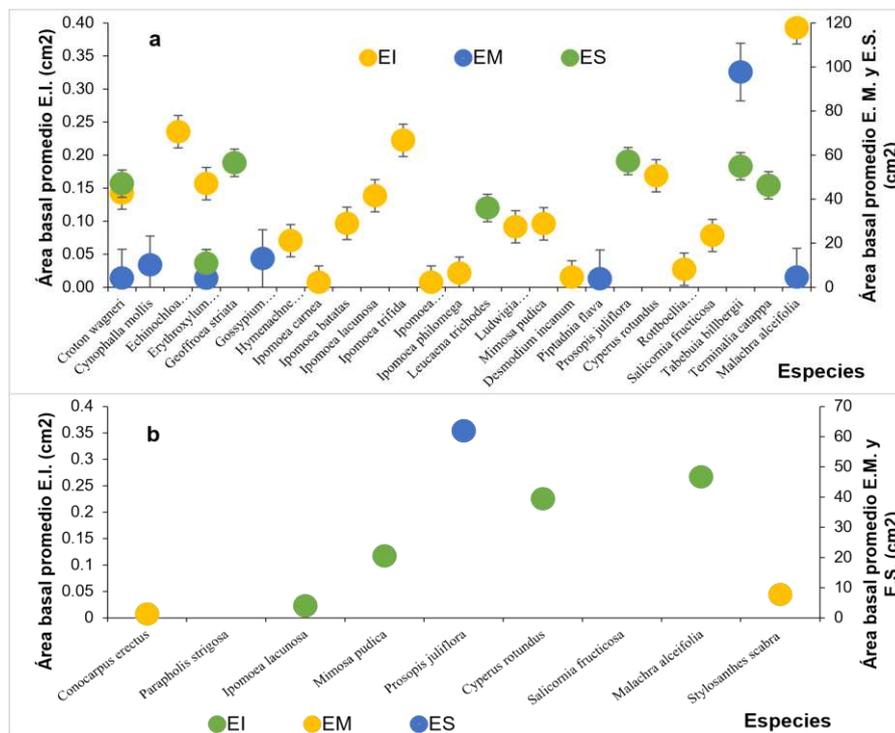
En la Figura 71b, se muestran las clases de altura para la vegetación del Herbazal por estratos, en la que se observa que el E.I. obtuvo clases de altura de 0.1 a 0.2 m con 715 individuos, de 0.2 a 0.3 m con 379 individuos, de 0.3 a 0.4 m con 708 individuos, de 0.4 a 0.5 m con 256 individuos, de 0.5 a 0.6 m con 177 individuos, de 0.6 a 0.7 m con 334 individuos y de 0.8 a 0.9 m con 2 individuos. En el estrato medio y superior se presentaron individuos en la clase superior a un metro de altura con cuatro y un individuo respectivamente.

3.2.2. Clases de Área Basal y Área Basal Promedio de las Especies por Área Experimental

En la Figura 72, se representaron las áreas basales promedio de la vegetación en el Bosque Abierto Disperso y Herbazal.

Figura 72

Áreas basales promedio de las especies en las áreas experimentales



Nota. Bosque Abierto Disperso (a), Herbazal (b). Estrato inferior (EI), Estrato medio (EM), Estrato superior (ES). Fuente: Morán (2020).

En el Bosque Abierto Disperso (Figura 72a), se observa que en el E.I. las especies poseen un promedio de área basal inferior a un cm², su rango varió

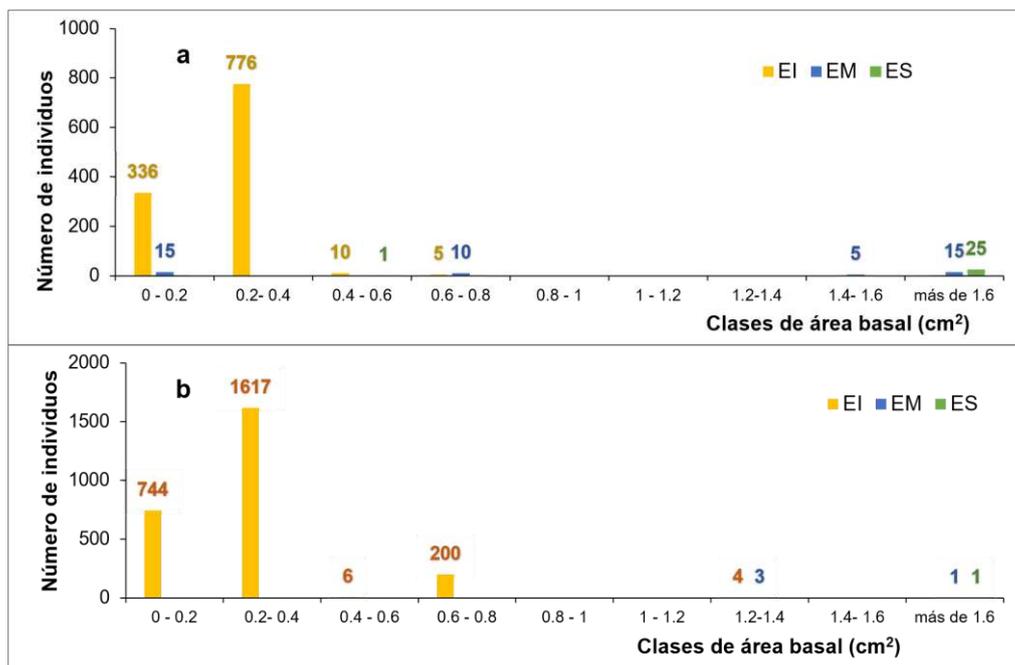
entre 0.01 – 0.39 cm²; en el E.M., las especies presentan un rango de área basal promedio entre 4.24 – 13.09 cm² E.M y S. y una especie presentó un valor extremo de área basal promedio con 97.78 cm²; en el E.S. las especies presentan un rango de área basal promedio entre 11.00 – 57.98 cm².

En el área de Herbazal (Figura 72b), la mayoría de las especies del estrato inferior presentaron un promedio de área basal inferior a un cm², su rango varió entre 0.02 – 1.33 cm²; en el E.M., el rango de área basal promedio de las especies se encontró entre 1 – 7.85 cm²; y en el E.S. se presentó una especie con área basal promedio de 62 cm².

En la Figura 73, se representan las clases de área basal para la vegetación del Bosque Abierto Disperso y del Herbazal por estratos en función del número de individuos determinados en cada intervalo.

Figura 73

Clases de área basal para la vegetación de las áreas experimentales



Nota. Bosque Abierto Disperso (a), Herbazal (b). Estrato inferior (EI), Estrato medio (EM), Estrato superior (ES). Fuente: Morán (2020).

Se observa en la Figura 73a, que en el Bosque Abierto Disperso el E.I. se obtuvieron clases de área basal de 0 a 0.2 cm² con 336 individuos, de 0.2 a 0.4

cm² con 776 individuos, de 0.4 a 0.6 cm² con 10 individuos, y de 0.6 a 0.8 cm² con 5 individuos. En el estrato medio se presentaron clases de 0 a 0.2 a con 15 individuos, de 0.6 a 0.8 con 10 individuos, de 1.4 a 1.6 con 5 individuos y en la clase de más de 1.6 cm² se presentaron 15 individuos. En el estrato superior se obtuvo un individuo en la clase de 0.4 a 0.6 y en la clase de más de 1.6 cm² se presentaron 25 individuos.

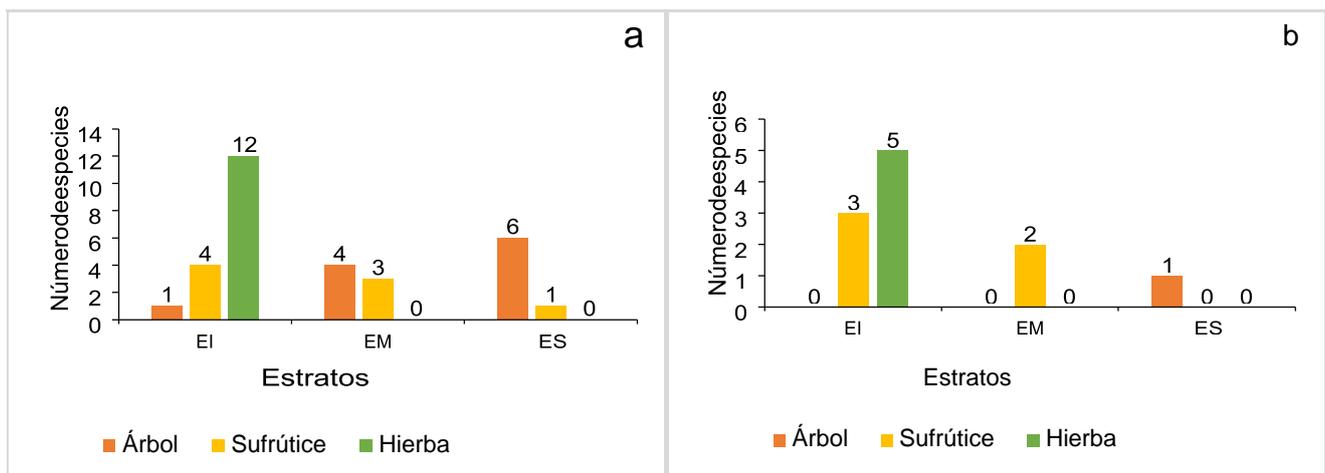
En el Herbazal se obtuvieron en el E.I., 744 individuos en la clase de área basal de 0 a 0.2 cm², 1617 individuos en la clase de 0.2 a 0.4 cm², 6 individuos en la clase de 0.4 a 0.6 cm², 200 individuos en la clase de 0.6 a 0.8 cm² y 4 individuos en la clase de 1.2 a 1.4 cm². En el estrato medio se presentaron clases de 1.2 a 1.4 a con 3 individuos, y en la clase de más de 1.6 cm² se presentó un solo individuo. En el estrato superior se presentó un sólo individuo en la clase de más de 1.6 cm² (Figura 73b).

3.2.3. Hábito de Crecimiento de la Vegetación por Área Experimental

En la Figura 74, se presenta el espectro de hábito de crecimiento en función del número de especies por estratos en cada una de las áreas de estudio (Bosque Abierto Disperso y Herbazal).

Figura 74

Espectro de hábito de crecimiento por estratos en las áreas experimentales



Nota. Bosque Abierto Disperso (a), Herbazal (b). Estrato inferior (EI), Estrato medio (EM), Estrato superior (ES). Fuente: Morán (2020).

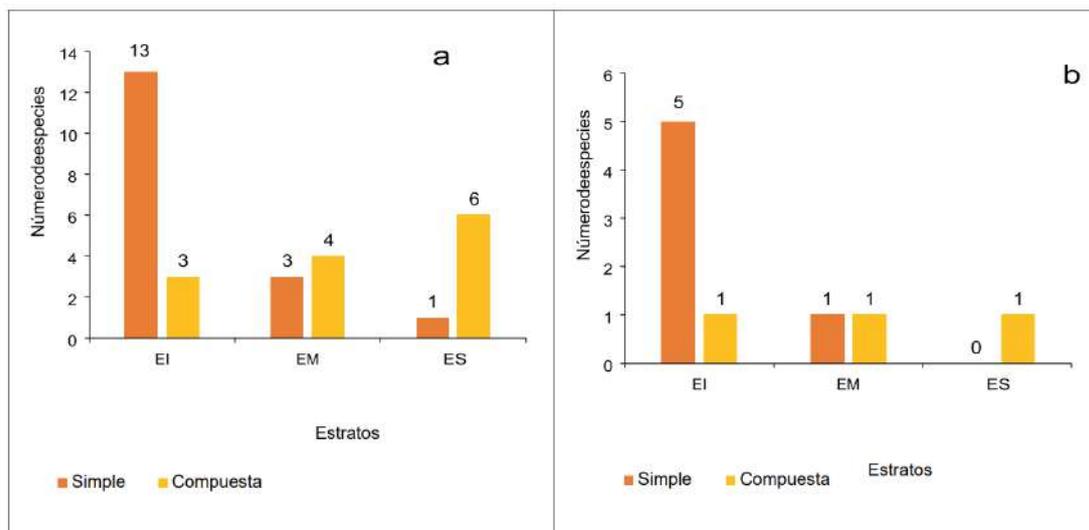
Se observa que en ambas áreas de estudio las especies de hierba predominan dentro del estrato inferior, con doce especies en Bosque Abierto Disperso y cinco en Herbazal. El hábito de crecimiento sufrútice y árbol se presentan en cada estrato del área Bosque Abierto Disperso, mientras que, en Herbazal, se presentan especies sufrútice en los estratos inferior y medio, y el estrato superior se presentó una especie de árbol.

3.2.4. Tipo de Hojas de las Especies

En la Figura 75, se presenta el espectro del tipo de hojas en función del número de especies por estratos en cada una de las áreas de estudio (Bosque Abierto Disperso y Herbazal).

Figura 75

Espectro del tipo de hojas de las especies por estratos en las áreas experimentales



Nota. Bosque Abierto Disperso (a), Herbazal (b). Estrato inferior (EI), Estrato medio (EM), Estrato superior (ES). Fuente: Morán (2020).

Se observa que en ambas áreas de estudio predomina el tipo de hoja simple dentro del estrato inferior, con trece especies en Bosque Abierto Disperso y cinco en el Herbazal. La mayor cantidad de especies con hoja de tipo compuesta se presentó en el estrato superior del Herbazal.

En la Figura 76, se presenta el espectro de tipo de ápice y base de la hoja en función del número de especies por estratos en cada una de las áreas de estudio

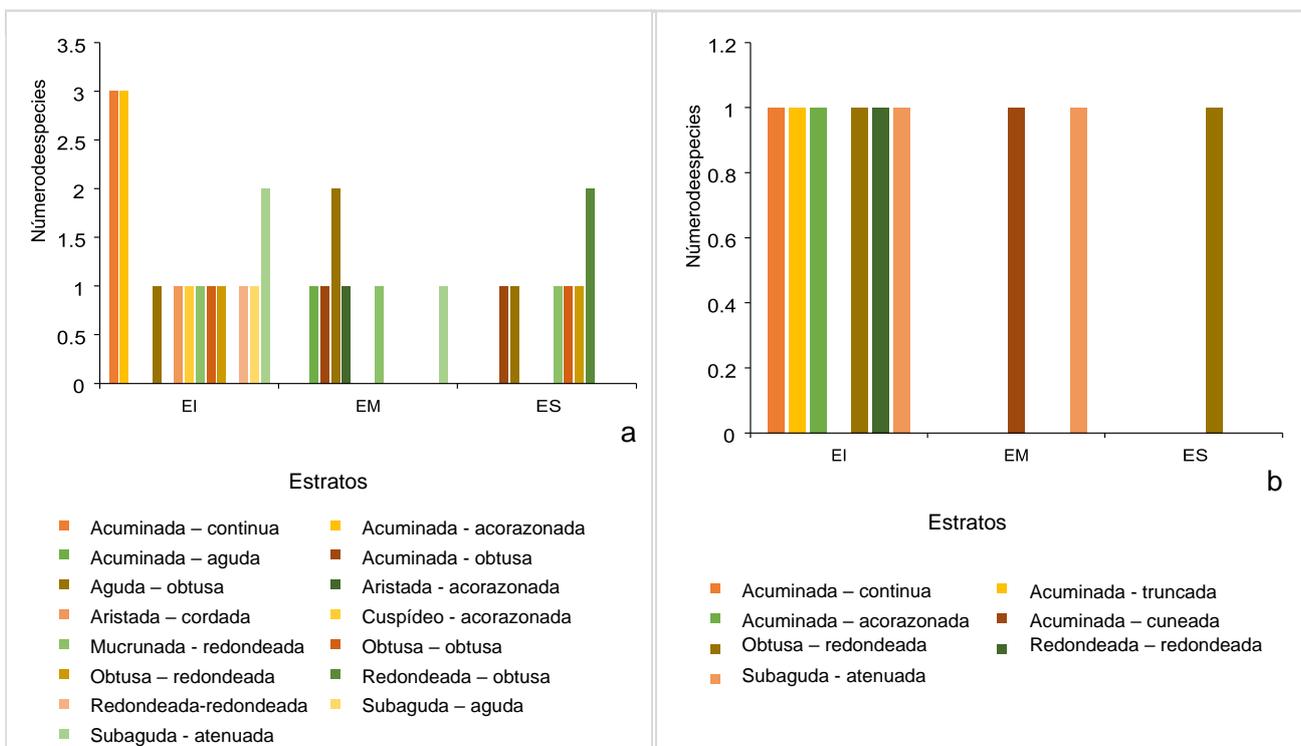
(Bosque Abierto Disperso y Herbazal). En el Bosque Abierto Disperso se identificaron quince tipos de hojas según su ápice-base mientras que en el Herbazal se identificaron nueve tipos de hojas.

En el Bosque Abierto Disperso dentro del estrato inferior se presentó la mayor variedad de tipos de hojas según su ápice-base y predominan los tipos de hoja acuminada-continua y acuminada-acorazonada presentando tres especies cada una. Los tipos subaguda – atenuada (E.I.), aguda –obtusa (E.M.) y redondeada – obtusa (E.S.) presentaron dos especies respectivamente dentro de cada estrato. El resto de tipo de tipos de hojas presentó una sola especie por tipo en todos los estratos.

En Herbazal se determinaron nueve tipos de hojas según su ápice-base, al igual que se hallaron nueve especies en esta área, por cada tipo de hoja se halló una especie.

Figura 76

Espectro de tipo de ápice y base de la hoja de las especies por estratos en las áreas experimentales



Nota. Bosque Abierto Disperso (a), Herbazal (b). Estrato inferior (EI), Estrato medio (EM), Estrato superior (ES). Fuente: Morán (2020).

3.2.5. Perfiles de Vegetación

El perfil de la vegetación representa el arreglo espacial de las especies, mediante bocetos representativos de cada una en las áreas de estudio (Figuras 78 y 79). Para la comprensión del perfil, en la Figura 77 se muestra la representación simbólica de las especies en el área de Bosque Abierto Disperso y Herbazal.

En ambas áreas se representaron las especies conforme a su altura y se consideró la representación más fiel de cada una de las áreas experimentales para la elaboración del perfil de vegetación según lo observado en campo.

Figura 77

Simbología de las especies representadas en los perfiles de vegetación

1  <i>Croton wagneri</i>	2  <i>Erythroxylum glaucum</i>	3  <i>Geoffroea striata</i>	4  <i>Leucaena trichodes</i>	5  <i>Prosopis juliflora</i>	6  <i>Tabebuia billbergii</i>
7  <i>Terminalia catappa</i>	8  <i>Gossypium herbaceum</i>	9  <i>Piptadenia flava</i>	10  <i>Malachra alceifolia</i>	11  <i>Echinochloa colonum</i>	12  <i>Hymenachne donacifolia</i>
13  <i>Ipomoea carnea</i>	14  <i>Ipomoea batatas</i>	15  <i>Ipomoea lacunosa</i>	16  <i>Ipomoea trifida</i>	17  <i>Ipomoea chondrasepala</i>	18  <i>Ipomoea philamega</i>
19  <i>Ludwigia octovalvis</i>	20  <i>Mimosa pudica</i>	21  <i>Desmodium incanum</i>	22  <i>Cyperus rotundus</i>	23  <i>Portbœllia cochinchinensis</i>	24  <i>Sacciolepis fructuosa</i>
25  <i>Stylosanthes scabra</i>	26  <i>Conocarpus erectus</i>	27  <i>Cynophalla mollis</i>			

Nota. Fuente: Morán (2020)

En la Figura 78, se presenta el perfil de vegetación del Bosque Abierto Disperso, en el E.I. se hallaron especies con una altura de hasta 0,90 m. Se hallaron

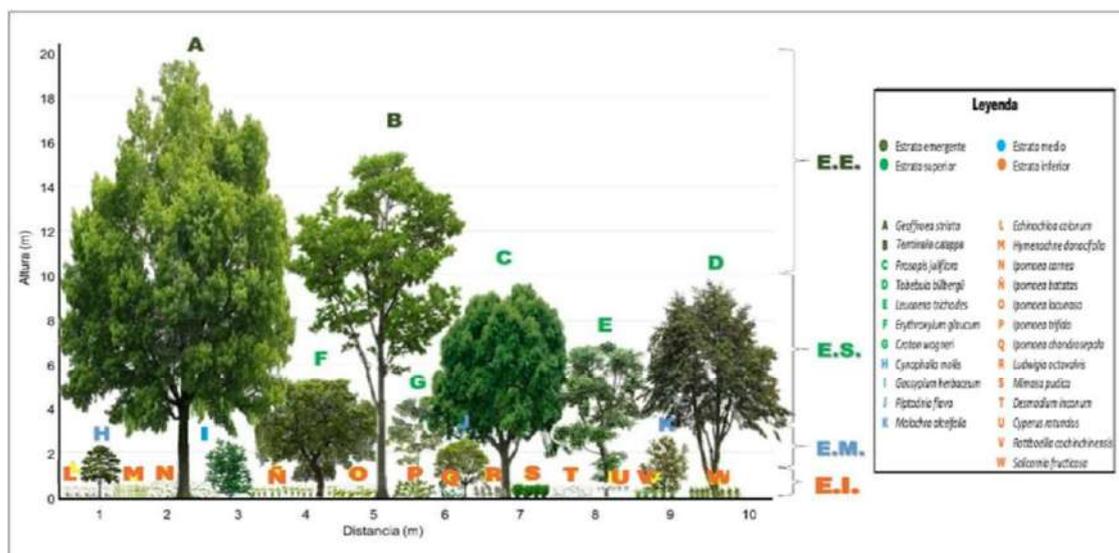
especies como *H. donacifolia*, *I. lacunosa*, *M. pudica*, *S. fructicosa*, *R. cochinchinensis* y *C. rotundus*, siendo esta última la más abundante en la parcela. Las especies se distribuyen a lo largo de la parcela en forma agrupada y en parches.

En el E.M. se representan las especies halladas en la totalidad del área de Bosque Abierto Disperso. Se identificó como la especie más abundante a *E. glaucum*. También se identificaron especies como *C. wagneri*, *G. herbaceum*, *M. alceifolia*, entre otras. Las especies en este estrato alcanzaron hasta 2.8 m de altura, los individuos se agrupaban evidenciándose uniformidad en la asociación de varias especies.

En el E.S. también se representan las especies halladas en la totalidad del área de Bosque Abierto Disperso. Se observaron especies de hasta diez metros de altura como la especie *P. juliflora*, y *T. billbergii*, siendo esta última especie, la más abundante y distribuida de forma agrupada en la parcela.

Figura 78

Perfil de la vegetación del Bosque Abierto Disperso



Nota. (EI): Estrato inferior, (EM): Estrato medio, (ES): Estrato superior; (E.E): estrato emergente. Fuente: Morán (2020).

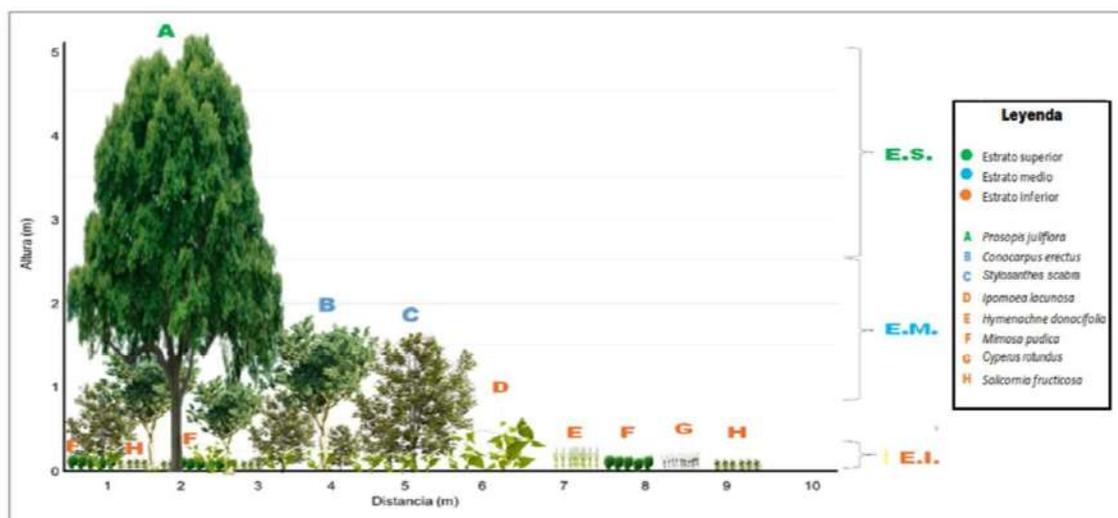
Por último, se determinó un estrato emergente que alcanzó hasta los 20 m de altura, en este estrato y en el total del área, *G. striata* obtuvo la mayor altura y

abundancia. En todas las parcelas se halló la presencia de las especies *C. wagneri* y *E. glaucum*, aunque no fueron las más abundantes. En el estrato inferior se presenta mayor abundancia en ciertas especies, siendo *L. octovalvis* la más abundante. Ninguna especie se identificó como soporte de otras.

En la Figura 79, se presenta el perfil de vegetación del Herbazal, en el E.I. se hallaron especies con una altura de hasta 0,90 m. En su mayoría, especies de tipo hierba como *H. donacifolia*, *I. lacunosa*, *S. fructicosa*, *I. lacunosa* y *C. rotundus*, siendo esta última la más abundante en la parcela, estrato y en el área total. Las especies de hierbas y sufrútice halladas se distribuyen a lo largo de la parcela en forma agrupada y en parches.

Figura 79

Perfil de vegetación del Herbazal



Nota. (E.I): Estrato inferior, (E.M): Estrato medio, (E.S): Estrato superior. Fuente: Morán (2020).

En el E.M. se presentó menor diversidad de especies que en el E.I., se hallaron dos especies dentro del perfil, *S. scabra* se registró con una altura máxima de 1.51 m y *C. erectus* con 1.60 m, esta última especie fue la más abundante. En el E.S. se halló un solo individuo, la especie *P. juliflora* con la mayor altura (5.3 m) y área basal (0.62 cm²) dentro de la parcela y área de estudio. Ninguna especie se identificó como soporte de otras.

3.2.6. Patrón de Dispersión de las Especies

En la Tabla 44, se presentan los valores obtenidos según el Índice de Morisita ($I\delta$), lo cual determinó el patrón de dispersión de las especies vegetativas identificadas en el área de Bosque Abierto Disperso en isla Santay. Según el $I\delta$ calculado para cada especie predominó el patrón de dispersión agrupada en el estrato inferior, mientras en el estrato medio y superior predominó el patrón regular.

Tabla 44

Patrón de dispersión de las especies en el Bosque Abierto Disperso

Especies	Estrato Inferior		Estrato Medio		Estrato Superior	
	$I\delta$	Patrón	$I\delta$	Patrón	$I\delta$	Patrón
<i>Croton wagneri</i> Mull. Arg.	2.87	Agrupada	2.58	Agrupada	0.00	Regular
<i>Cynophalla mollis</i> (Kunth) J.Presi	-	-	0.00	Regular	-	-
<i>Echinochloa colonum</i> (L.) Link	10.00	Agrupada	-	-	-	-
<i>Erythroxylum glaucum</i> O E. Schulz.	10.00	Agrupada	8.75	Agrupada	0.00	Regular
<i>Geoffroea striata</i> (Jacq.) Morong	-	-	-	-	4.00	Agrupada
<i>Gossypium herbaceum</i> L.	-	-	3.61	Agrupada	-	-
<i>Hymenachne donacifolia</i> (Raddi) Chase	4.32	Agrupada	-	-	-	-
<i>Ipomoea carnea</i> Jacq.	10.00	Agrupada	-	-	-	-
<i>Ipomea batatas</i> (L.) Lam.	3.93	Agrupada	-	-	-	-
<i>Ipomea lacunosa</i> L.	2.38	Agrupada	-	-	-	-
<i>Ipomea trifida</i> (Kunth) G.Don	1.41	Agrupada	-	-	-	-
<i>Ipomoea chondrosepala</i> Hallier fil.	8.56	Agrupada	-	-	-	-
<i>Ipomoea philomega</i> (Vell.) House	4.77	Agrupada	-	-	-	-
<i>Leucaena trichodes</i> (Jacq.) Benth.	-	-	-	-	0.00	Regular
<i>Ludwigia octovalvis</i> (Jacq.) P.H.Raven	0.90	Agrupada	-	-	-	-
<i>Mimosa pudica</i> L.	0.91	Agrupada	-	-	-	-
<i>Desmodium incanum</i> DC.	0.00	Regular	-	-	-	-
<i>Piptadnia flava</i> (Spreng. Ex Dc.) Bend	-	-	0.00	Regular	-	-
<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	-	-	-	-	1.67	Agrupada
<i>Cyperus rotundus</i> L.	2.33	Agrupada	-	-	-	-
<i>Rottboellia cochinchinensis</i> L.	7.14	Agrupada	-	-	-	-
<i>Saliconia fructicosa</i> L.	10.00	Agrupada	-	-	-	-
<i>Tabebuia billbergii</i> (Bureau & Schum.) Standl.	-	-	0.00	Regular	4.00	Agrupada
<i>Terminalia catappa</i> L.	-	-	-	-	0.00	Regular
<i>Malachra alceifolia</i> Jacq.	10.00	Agrupada	0.00	Regular	0.00	Regular

Nota. ($I\delta$): Índice de Morisita. Fuente: Morán (2020).

Cuando una especie presenta un I_p de 0.00 no es posible identificar su patrón de dispersión, esto se fundamenta en que la abundancia de la especie es baja, llegando a presentar incluso un individuo, por ello, aunque se aplique el cálculo su valor de I_p será cero. Esto ocurrió en todos los estratos, en el E.I., ocurrió con la especie *Mucuna sp.* que presentó un solo individuo.

En el E.M. ocurrió con cuatro especies de siete identificadas, *C. mollis*, *P. flava*, *T. billbergii* y *M. alceifolia*, que presentaron una abundancia entre uno a cuatro individuos. En el estrato superior ocurrió en cuatro de siete individuos, fueron las especies *C. wagneri*, *E. glaucum*, *L. trichodes* y *C. auriculatum*, que presentaron una abundancia entre uno a cuatro individuos.

En la Tabla 45, se presentan los valores obtenidos según el Índice de Morisita ($I\delta$), lo cual determinó el patrón de dispersión de las especies identificadas en el área de Herbazal en isla Santay. Según el I_p ($I\delta$) calculado para cada especie predominó el patrón de dispersión agrupada en el estrato inferior.

Tabla 45

Patrón de dispersión de las especies en el Herbazal

Especies	Estrato Inferior		Estrato Medio		Estrato Superior	
	$I\delta$	Patrón	$I\delta$	Patrón	$I\delta$	Patrón
<i>Conocarpus erectus</i> L.	-	-	10	Agrupada	-	-
<i>Hymenachne donacifolia</i> (Raddi) Chase	17.65	Agrupada	-	-	-	-
<i>Ipomea lacunosa</i> L.	10	Agrupada	-	-	-	-
<i>Mimosa pudica</i> L.	14	Agrupada	-	-	-	-
<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	-	-	-	-	0	Regular
<i>Cyperus rotundus</i> L.	202.1	Agrupada	-	-	-	-
<i>Saliconia fructicosa</i> (L.) L.	40.91	Agrupada	-	-	-	-
<i>Stylosanthes scabra</i> Vogel	30.07	Agrupada	-	-	-	-
<i>Malachra alceifolia</i> Jacq.	20	Agrupada	0	Regular	-	-

Nota. ($I\delta$): Índice de Morisita. Fuente: Morán (2020).

Mientras en el estrato medio, dónde solo se identificaron dos especies, la especie *C. erectus* presenta un patrón de dispersión agrupada y la especie *M. alceifolia* presentó un patrón regular o un patrón no identificado ya que obtuvo un I_p , de 0, debido a que se halló un solo ejemplar de esta especie. En el estrato superior ocurre algo similar dónde solo se halló un individuo de la especie *P. juliflora*, por tanto, su I_p fue 0 y no se determina un patrón de dispersión claro.

3.3. Análisis Estadístico Inferencial

Este análisis se aplicó a las variables independientes o características de las especies de plantas presentes en cada área experimental: abundancia, densidad, frecuencia, cobertura, I.V.I., y a las propiedades comunitarias riqueza, equidad, diversidad, clases de altura y de área basal de las comunidades de las áreas experimentales de Bosque Abierto Disperso (Bosque Seco) y Herbazal.

Se compararon las características por estratos similares entre las dos áreas de estudio mediante la prueba U de Mann-Whitney, esto sirvió para determinar las diferencias entre las áreas experimentales.

Posterior se compararon los estratos pertenecientes a cada área mediante la prueba Kruskal Wallis, esto sirvió para determinar las diferencias por estrato.

Para ambas pruebas se plantearon las siguientes hipótesis donde:

$H =$ La abundancia, frecuencia, densidad, riqueza, equidad y diversidad de especies son diferentes en ambos tipos de vegetación.

$H =$ La abundancia, frecuencia, densidad, riqueza, equidad y diversidad de especies son las mismas en ambos tipos de vegetación.

3.3.1. Prueba U de Mann-Whitney

En la Tabla 46, se presentan los resultados del análisis estadístico U de MannWhitney, se detallan los valores del estadístico de Wilcoxon (W) y del valor crítico o nivel de probabilidad que sirvieron para comparar las características de la vegetación entre áreas por estratos y total.

Tabla 46

Comparación de los atributos de la vegetación entre áreas por estratos y total

Variables	EI		EM		ES		Total	
	W	p	W	p	W	p	W	p
Abundancia	164	0.7970	148	0.6327	136	0.2586	143.00	0.5707
Densidad	141.5	0.5268	150.5	0.8975	142	0.4156	114.5	0.0928
Frecuencia	199	0.0996	158	0.9799	142	0.4156	226.00	0.0068
Cobertura	193	0.1604	157	0.9799	142	0.4159	-	-
Clases de altura	98.5	0.6217	105.5	0.9422	105.5	0.9422	-	-
Clases de área basal	81	0.7149	98.5	0.1638	90.5	0.7353	-	-
Riqueza	-	-	-	-	-	-	14.00	0.3

Nota. (EI): Estrato inferior, (EM): Estrato medio, (ES): Estrato superior, (W): estadístico de Wilcoxon; (p): valor crítico. Fuente: Morán (2020).

Según los resultados obtenidos, no existen diferencias significativas entre las áreas experimentales al comparar las variables obtenidas en cada uno de los estratos, ya que el valor de probabilidad es superior al nivel de significancia (0.05). Por tanto, se acepta la H_0 la cual indica que la abundancia, frecuencia, densidad, cobertura, clases de altura y área basal y riqueza, son las mismas en ambos tipos de vegetación comparando sus estratos.

En cuanto a la comparación de las áreas en función de sus valores totales, los resultados arrojaron en las variables abundancia y densidad, un valor crítico inferior al nivel de significancia (0.05) por tanto se rechaza H_0 la cual indica que la abundancia y densidad de especies no son las mismas en ambos tipos de vegetación.

En la Tabla 47, se presentan los resultados del análisis estadístico U de MannWhitney, se detallan los valores del estadístico de Wilcoxon (W) y del valor crítico o nivel de probabilidad que sirvieron para comparar los índices de diversidad entre áreas experimentales.

Tabla 47

Comparación de los valores de los índices de diversidad entre áreas

Variable	Área	N	Media	W	p-valor
Diversidad de Simpson	BS	3	0.33	6	0.10
	H	3	0.86		
Diversidad de Shannon-Weaver.	BS	3	1.54	15	0.10
	H	3	0.24		
Diversidad de Margalef	BS	3	0.49	15	0.10
	H	3	0.30		

Nota. (BS): Bosque Abierto Disperso, (H): Herbazal, (W): estadístico de Wilcoxon; (p): valor crítico. Fuente: Morán (2020).

Se determinó que los índices de diversidad no presentan diferencias significativas entre áreas debido a que se obtuvo un valor crítico (p-valor) de 0.10 superior al nivel de significancia 0.05. Por tanto, se acepta H_0 , la cual indicaría que la diversidad de especies es igual en ambas áreas.

3.3.2. Prueba Kruskal Wallis

En la Tabla 48, se presentan los resultados del análisis estadístico Kruskal Wallis, se detallan los valores obtenidos del estadístico H y del valor crítico o nivel de probabilidad que sirvieron para comparar las características de la vegetación entre cada estrato.

Tabla 48

Comparación de las características de la vegetación entre estratos por área

Variables	Bosque Abierto Disperso		Herbazal	
	H	p	H	p
Abundancia	13.65	0.0002	9.34	0.0020
Densidad	3	0.1528	4.6	0.0469
Frecuencia	3.4	0.1187	4.6	0.0467
Cobertura	5.56	0.0308	4.6	0.0469
Clases de altura	12.08	0.0003	8.43	0.0016
Clases de área basal	1.09	0.4835	4.15	0.0414

Nota. (H): estadístico de prueba; (p): valor crítico. Fuente: Morán (2020).

Se determinó que, en el área de Bosque Abierto Disperso, las características de vegetación densidad, frecuencia y clases de área basal no presentan diferencias

significativas entre los estratos, con un valor probabilístico (p) para estas variables mayor al nivel de significancia p de 0.05, por tanto, se acepta H_0 , la cual indica que las características densidad, frecuencia y clases de área basal son iguales entre los estratos en el área de Bosque Abierto Disperso.

Mientras que las características abundancia, cobertura y clases de altura del Bosque Abierto Disperso presentan diferencias significativas entre estratos, debido a que su valor crítico es menor al nivel de significancia p de 0.05, por tanto, se rechaza H_0 y se acepta H_a , la cual indica que las características abundancia, cobertura y clases de altura no son iguales entre los estratos en el área de Bosque Abierto Disperso.

En cuanto al área de Herbazal, según los resultados obtenidos, para todas las variables, se presentan diferencias significativas entre sus estratos, ya que el valor de probabilidad es inferior al nivel de significancia p de 0.05. Por tanto, por tanto, se rechaza H_0 y se acepta H_a , la cual indica que la abundancia, frecuencia, densidad, cobertura, clases de altura y área basal no son las mismas entre los estratos en el área experimental Herbazal.

4. Discusión

Las especies vegetales identificadas en las áreas de estudio en isla Santay son una muestra representativa de las especies presentes en el Bosque Abierto Disperso y Herbazal. Por ambas áreas se halló un total 27 especies, dónde el Bosque Abierto Disperso obtuvo la mayor riqueza de especies (25). Varias especies presentes en el Bosque Abierto Disperso también se hallaron en el Herbazal, solo la especie *C. erectus* de hábito sufrútice y la especie herbácea *S. scabra*, se hallaron únicamente en el Herbazal, así como varias especies se hallaron únicamente en el Bosque Abierto Disperso.

Herrera et al. (2018) realizaron inventario de malezas y de especies vegetales exóticas a lo largo de la ciclo-vía en isla Santay, encontrando especies que se hallaron en esta investigación como *I. carnea* (hierba), *I. lacunosa* (hierba), *P. juliflora* (árbol), *E. glaucum* (árbol), *G. striata* (árbol), *C. erectus* (árbol o arbusto), las cuales las reportan como nativas en isla Santay. De las demás especies

reportadas en este estudio no se ha hallado registro de su estatus en la zona de estudio.

Es probable que las especies *C. mollis*, *L. trichodes*, *P. flava*, *T. billbergi*, *S. fructicosa* y *M. pudica* sean nativas en isla Santay, debido a que se desarrollan en bosques secos pluvio-estacionales y se distribuyen en la provincia del Guayas. Por otra parte, las especies *C. wagneri* y *M. alceifolia* es posible que hayan sido introducidas en isla Santay, sin embargo, pueden estar ya naturalizadas.

La mayoría de especies identificadas se reconocen como nativas, esto concuerda con Herrera et al. (2018) quienes en su estudio determinaron que el 77% de las especies identificadas a lo largo de la ciclovia de isla Santay son nativas. En este estudio se identificó a las especies *L. octovalvis* (B.A.D.) y *C. rotundus*. (H y B.A.D.) reportadas como malezas, siendo además las más abundantes, frecuentes, densas y con mayor índice de valor de importancia (I.V.I.) por cada área de estudio establecida en isla Santay.

Las especies de malezas frecuentes en este estudio también difieren con las encontradas por Matamoros (2018), en áreas inundables de isla Santay sometidas a alta y baja perturbación, en las cuales reporta a *S. trilobata* como la especie de mayor I.V.I. en las dos áreas de estudio.

La cantidad de especies obtenidas e identificadas es menor a las determinadas por Sánchez-Rodríguez et al. (2003) quienes realizaron un análisis de la estructura, composición florística en un bosque mesófilo de Manantlán, México, registrando 2.086 individuos de 101 especies pertenecientes a 76 géneros y 44 familias en dos hectáreas. La riqueza de especies muestra diferencia significativa entre las áreas de estudio según el análisis inferencial

La diferencia de la abundancia de individuos obtenida entre el Bosque Abierto Disperso y el Herbazal, que, aunque estadísticamente no es significativa, sigue siendo evidente la diferencia de más de 1000 individuos entre un área y otra, siendo el área de Herbazal la que posee mayor abundancia. Sin embargo, la abundancia de individuos en los estratos pertenecientes a cada área

experimental si presentaron diferencias significativas entre sí, siendo el Herbazal dónde se presentan mayores diferencias entre estratos. Resultados similares fueron obtenidos por Matamoros (2018), evaluando la synusia de plantas exóticas en isla Santay, quien tampoco encontró diferencias significativas entre las abundancias de individuos de las dos áreas evaluadas en isla Santay, con una diferencia de 1000 individuos entre ambas, pero sí observó diferencias entre los estratos en cada área experimental.

En relación con las clases de altura registradas, la mayoría de los individuos presentan alturas inferiores a 1 m, tratándose en su mayoría de especies herbáceas del estrato inferior. Resultados similares obtuvo Matamoros (2018) y Cárdenas-Torres (2014), en áreas experimentales contrastantes, evidenciando diferencias significativas en la estructura física entre las áreas analizadas mediante el análisis de las clases de altura de las especies de plantas y el perfil de vegetación.

Raunkier (1934) sostiene que la forma de vida y de crecimiento de las especies está muy relacionado al estrato en el que se encuentran, como en las áreas de Bosque Abierto Disperso y Herbazal dónde el hábito hierba predomina en el estrato inferior, mientras que los hábitos sufrútice y árbol predominan en los estratos medio y superior.

Los índices de diversidad de Margalef, Simpson (D) y Shannon-Weaver (H') indican que el Bosque Abierto Disperso presenta mayor diversidad que el Herbazal, similares a los reportados por Espinosa et al. (2012), y el Bosque Abierto Disperso presenta mayores valores de equidad en comparación al Herbazal. En ambos casos, los valores de los índices reflejan una baja diversidad, según los criterios establecidos por Washington (1984).

Aye et al. (2014) estudio la estructura vegetal de un bosque tropical en el Parque de la Montaña Popa, Myanmar, encontrando valores del índice de diversidad de Margalef de 3.61 y del índice de diversidad de Shannon Weaver de 0.96, el primero mayor y el segundo menor a los obtenidos en Bosque Abierto Disperso. Valores de diversidad ligeramente inferiores presentó Méndez (2018), quien estudio la diversidad y abundancia de la synusia de plantas trepadoras en la isla

Santay, obteniendo un valor del índice de diversidad de Margalef 3.5 y un valor del índice de diversidad de Shannon Weaver de 0.99. Por otro lado, Vásquez et al. (2001), reportan valores de Biodiversidad en los bosques secos del suroccidente de la provincia de Loja, superiores a los encontrados en el presente estudio.

En este estudio no se presentaron diferencias significativas entre las áreas en cuanto a los índices de diversidad según el análisis inferencial, a diferencia de lo obtenido por Mendoza y Jiménez (2011), en un bosque secundario en la comuna Limoncito, Santa Elena, donde los índices de diversidad y equidad mostraron una diferencia significativa entre bosques sometidos a diferentes niveles de perturbación.

Según el índice de Morisita ($I\delta$), predominó el patrón de dispersión agrupada para las especies de las dos áreas, principalmente en el estrato inferior. Esto concuerda con lo reportado por Matamoros (2018) y Méndez (2018), quienes evidencian que en sus áreas de estudio (alta y baja perturbación en isla Santay) las especies presentaban principalmente un patrón de dispersión agrupado.

5. Conclusiones

Se determinó que existen diferencias estructurales importantes entre las áreas de estudio respecto al arreglo espacial considerando promedio de altura de las especies presentado en el perfil de vegetación, siendo el Bosque Abierto Disperso dónde se presentan especies de mayor altura y en mayor cantidad. El hábito de crecimiento, tipo y tamaño de las hojas de las especies estudiadas, principalmente en el Bosque Abierto Disperso, son diversos y están muy relacionados con el estrato en que se desarrollan.

La especie *L. octovalvis*, reportada como maleza, es la más frecuente, densa e importante en el área de Bosque Abierto Disperso seguida por la especie *T. billbergii*. Mientras que la especie de hierba *C. rotundus* es la más frecuente, densa e importante en el área de Herbazal seguida por la especie *S. scabra*.

La riqueza, diversidad y equidad de ambas comunidades analizadas son bajas. La abundancia de individuos fue alta en ambas áreas, pero concentrada

alrededor del 70% en la especie *L. octovalvis* en el Bosque Abierto Disperso, y en el Herbazal la abundancia se concentró alrededor del 97% en la especie *C. rotundus*.

El patrón de dispersión de las especies en las comunidades vegetales Bosque Abierto Disperso y Herbazal de acuerdo con el Índice de Morisita es agrupado, ciertas especies forman parches con densidad moderada y alta, principalmente en el Bosque Abierto Disperso.

Capítulo V. Estructura y Diversidad de la Vegetación de Bosques de Palmas en Isla Santay Bajo dos Niveles de Perturbación con Énfasis en las Plantas Trepadoras

Resumen

Las trepadoras juegan un papel importante en el proceso de sucesión y restauración de áreas naturales, después de la intervención antrópica. En el humedal Ramsar isla Santay, se estudió la synusia de plantas trepadoras, presentes durante los meses de febrero a junio del año 2017. El objetivo fue evaluar la estructura física y biológica, bajo dos intensidades de perturbación. Los datos fueron recolectados mediante un muestreo aleatorio sistemático estratificado, estableciendo 2 parcelas de 0.5 ha. Se consideraron plantas trepadoras todas aquellas que no pueden sostenerse por sí mismas y que requieren de un soporte para su desarrollo, además mantienen sus raíces en el sustrato. Dentro del área de alta perturbación, se encontraron 6 especies de trepadoras de un total 20 especies de plantas, la más importante fue *Paullinia pinnata*. En el área de baja densidad, se encontraron 9 especies de trepadoras de un total de 29 especies, la más importante fue *Entada polystachya*. Hubo mayor diversidad por los índices calculados en el área de menor perturbación, la equidad y el índice de biodiversidad de Margalef fueron mayores en el estrato medio del área más perturbada. Además, los histogramas diamétricos y altimétricos sugieren que con menor perturbación las trepadoras dejan el grosor del tallo por alcanzar el dosel. Isla Santay transita por un estado de sucesión temprana en la recuperación natural, por lo cual una herramienta eficiente para la gestión de la conservación de la biodiversidad es tomar parte de los estudios realizados.

Palabras claves: *Lianas, humedal, perturbación, recuperación, distribución*

1. Introducción

América Latina y el Caribe son la región con la mayor diversidad biológica en el planeta y hospeda a varios de los países megadiversos del mundo, posee casi la mitad de los bosques tropicales del mundo (United Nations Environment Programme, 2010, UNEP-WCMC, 2016). Estas zonas tropicales y adyacentes al Ecuador son abundantes en recursos florísticos, donde las plantas herbáceas, trepadoras y epífitas se encuentran ampliamente distribuidas.

El Ecuador es uno de los diecisiete países megadiversos del mundo, con grandes recursos naturales (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo [SENPLADES], 2013), además según El informe del Estado de la biodiversidad del Programa De Las Naciones Unidas Para El Medio Ambiente (PNUMA) (2016) “El Ecuador ocuparía el primer lugar en el listado de países de mega diversidad si se hiciera una relación entre el número de especies por unidad de superficie”.

Entre las áreas que contribuyen con la mega diversidad del Ecuador, tenemos la isla Santay, catalogada como un humedal Ramsar el año 2000, debido a su alta biodiversidad y demás recursos naturales, paisajísticos, e incluso su valor histórico y cultural. Su declaratoria como humedal RAMSAR, la convierte en un área de interés mundial y prioritario para la conservación (Ministerio del Ambiente de Ecuador [MAE], 2010).

El Ministerio del Ambiente del Ecuador, confirmó la existencia de 53 de las 61 especies anteriormente observadas por Jaramillo et al. (2002), y registraron 10 especies nuevas, en el Estudio de Alternativa de Manejo para la Declaratoria de Área Protegida Isla Santay (MAE, 2010)

En concreto quedan registradas 65 especies confirmadas mediante observación directa, además de este levantamiento florístico elaborado por un grupo consultor de biólogos no existen más estudios preliminares sobre el componente florístico en Isla Santay. La poca información y su aparente desactualización limitan la comprensión de la dinámica de las especies de organismos presentes en la isla, así como el entendimiento, la toma de decisiones y la gestión de la biodiversidad presente en isla Santay.

En el reconocimiento de la flora de Isla Santay, en función de la recuperación de su vegetación, resulta interesante un grupo especial de plantas que ha llamado la atención de muchos investigadores desde el tiempo de Darwin (Parthasarathy et al., 2015), conocidas como “trepadoras”.

Las plantas trepadoras han sido estudiadas a lo largo del tiempo, obteniendo su clasificación, identificación y sistemática, evidenciando su influencia sobre la estructura, dinámica y ecología de los ecosistemas donde se encuentran. Es así que los estudios más recientes van más allá de la identificación.

Nielsen (2001), evaluó la distribución y diversidad de Lianas (Trepadoras) en la selva neotropical del Parque Nacional Yasuní, Ecuador, donde encontró un total de 606 individuos / ha., distribuidos en 138 especies de 43 familias, 10 de las cuales con 85 especies o el 62% de las mismas son las más ricas en especies. Al considerar individuos con un diámetro a la altura del pecho (DAP) superior a un rango entre 1.0 cm y 2.5 cm, la familia Fabaceae (Leguminosae) presentó mayor número de especies, prevaleciendo el mecanismo de enredaderas de tallo.

Cuando se consideraron todas las trepadoras de todas las clases de tamaños, el mecanismo más abundante fue enredaderas de tallo, seguido de las trepadoras con zarcillos y trepadoras de ramificaciones. Por otro lado, Parthasarathy et al. (2015) realizan un censo de las trepadoras en Eurasia, el norte de África y otras zonas adyacentes, dividiendo la zona en 19 regiones y 221 distritos, y encontraron que Oceanía es la región con menos riqueza de especies. En su estudio se excluye las especies introducidas y cultivadas, considerando como trepadoras la división de lianas y vides.

Parthasarathy et al. (2015), también señalan que la clasificación de cada especie dependerá de la información que se tenga, ya que existe una falta de claridad para definir las Trepadoras, cuando estas son herbáceas o leñosas y vides o lianas. La diversidad disminuye desde las bajas latitudes hasta las altas, desde la costa árida hasta las áreas húmedas continentales, por lo que los factores responsables de estos gradientes de diversidad se sugieren que son el agua y la energía solar.

Durigon et al. (2013) estudiaron la presencia de las trepadoras con raíces adventicias en áreas con alta precipitación y baja estacionalidad en bosques de todo el mundo, observando un patrón de distribución y abundancia de lianas contrario a los comunes, según Durán et al. (2011) y Jiménez-Castillo et al. (citado por Durigon et al., 2013). Registraron 116 especies de lianas con este mecanismo para treparse en un soporte; presentándose en 79 de las 174 parcelas muestreadas. Las trepadoras con raíces adventicias se encontraron positivamente asociadas con alta precipitación media anual y con una relación negativa con la duración de la estación seca a través de los bosques de todo el mundo; así mismo encontraron los mismos patrones para los bosques tropicales.

Villagra et al. (2013) estudiaron en un bosque Atlántico al sureste de Brasil la diversidad y abundancia de las trepadoras, sugiriendo que la composición de la comunidad de trepadoras se ve influenciada por los claros naturales, los gradientes de elevación y turbulencias atmosféricas. también afirmaron que la abundancia de trepadoras indica áreas perturbadas, incluyendo áreas en estado medio – avanzado de recuperación. Las trepadoras han sido estudiadas en diferentes partes del mundo debido a su importancia y rol dentro del ecosistema de manera general.

Luttege (1997), plantea que las trepadoras en su mayoría se encuentran adyacentes a los claros y los sitios perturbados por el hombre, y parece que estas formas de vida necesitan alta irradiación para su establecimiento y desarrollo. A pesar de que las trepadoras son muy comunes en claros o en los márgenes de los bosques, sus semillas pueden germinar y los semilleros pueden establecerse bajo una profunda sombra (Sanches y Valio, 2009).

Durigon y Luiz (2011) señalan también mayor riqueza de especies, en ecosistemas de condiciones climáticas tropicales, con estaciones secas bien definidas, lo cual contribuye al éxito de las trepadoras. Contrario a la disminución de diversidad debido a condiciones climáticas mesotérmicas o templadas donde el número de especies y la abundancia son más restringidas (Schnitzer y Bongers, 2002), fueron estudiadas las características biogeográficas que sostienen el alto rango ecológico para algunas especies.

Desconocemos la diversidad y abundancia de grupos taxonómicos de plantas en Isla Santay, a pesar de que es una isla con un área no muy extensa y el tiempo que tiene la vegetación recuperándose no es muy prolongado, no serán los únicos factores para una determinada riqueza de especies, ya que la mayor cantidad de hábitats favorece la relación área – especie en islas más grandes, con la existencia de más especies (Gotelli, 2001).

Las trepadoras juegan un papel importante en los bosques, desde su aporte a la diversidad de especies según Dodson y Gentry (1991), esto en cuanto a la riqueza de estas y a la facilitación que generan para la aparición de otras especies no trepadoras. Según Phillips et al. (2005), aportan a la producción primaria del bosque, principalmente como biomasa aérea (hojas), con las que alcanzan altas tasas fotosintéticas; invirtiendo esta energía en la formación de hojas, flores y frutos. También son muy importantes en la dinámica del bosque según Schnitzer et al. (2000), ralentizando o acelerando el desarrollo de otras plantas (citado por Kusumoto et al., 2008).

Otros estudios sugieren que las Trepadoras en un bosque tropical ejercen una contribución sustancial en la diversidad de plantas en general (Nielsen, 2001), ya que son un grupo más diverso al acercarse al ecuador climático, donde hay más bosques tropicales húmedos y secos.

Las trepadoras aparecen como especies pioneras en la sucesión temprana, precedida de una intervención antrópica o disturbio ecológico, donde empieza una comunidad nueva, con alto potencial de dispersión, rápido crecimiento, entre otras características. Pueden alterar el ambiente físico del parche, modificar las condiciones del suelo, provocar sombra, agregar nutrientes cuando mueren o se descomponen, esto en su conjunto abre el paso al siguiente grupo de plantas, mientras hace del ambiente menos propicio para el grupo original (Gotelli, 2001).

El proceso de sucesión en el bosque es modificado cuando las trepadoras afectan negativamente las especies arbóreas, a medida que proceden modifican la estructura del bosque, de esta manera se alteran los caminos de recuperación. La dinámica de la comunidad forestal puede recuperarse más lento o estancarse

por la abundancia de trepadoras. La principal forma es por medio de la competencia por recursos e interferencia mecánica (Paul & Yavitt, 2011).

Al suprimir el crecimiento de ciertos árboles y bloquear el reclutamiento, las trepadoras mantienen una ruta de sucesión única, pero no todos los árboles son afectados de igual forma, muchos se adaptan y penetran las marañas para llegar al dosel. Se podría producir un bosque bajo y arbustivo o por otro lado si árboles pioneros penetran el matorral, crecen verticalmente y cierran el dosel haciendo más difícil que las trepadoras se desarrollen y se hará necesario competir con otras plantas por luz solar.

Es importante hacer estudios de trepadoras en sitios donde hay perturbación antrópica, para conocer el grado de intervención del ecosistema, como está alterando o modificando el proceso de restauración natural, y las medidas que deban tomarse para colaborar con el proceso de sucesión en la dinámica y estructura de los ecosistemas.

En los claros de la Isla Santay se esperaría encontrar abundancia de plantas trepadoras, en zonas perturbadas por el hombre como asentamientos e infraestructura y especialmente alrededor de las áreas ocupadas por la palma *Roystonea oleracea*. Es probable que sean más diversas que abundantes en zonas ajenas a la perturbación antrópica, además de que sea evidente su competencia con otros grupos por la irradiación.

El objetivo de este capítulo fue establecer la estructura física y biológica, de la comunidad de bosque de palmas con énfasis en la synusia de plantas trepadoras, bajo dos intensidades de perturbación: alta y baja densidad de palma imperial, para evaluar la importancia de estas plantas en la recuperación de la vegetación de la isla Santay, utilizando los aportes de Méndez (2018).

2. Materiales y Métodos

2.1. Área de Estudio

Para el presente estudio se consideraron dos áreas de las comunidades vegetales presentes en el Área Nacional Recreacional isla Santay y El Gallo,

para recolectar la información de este capítulo, cuyas coordenadas geográficas se detallan en la Tabla 49.

Tabla 49

Ubicación geográfica de los sitios de muestreo

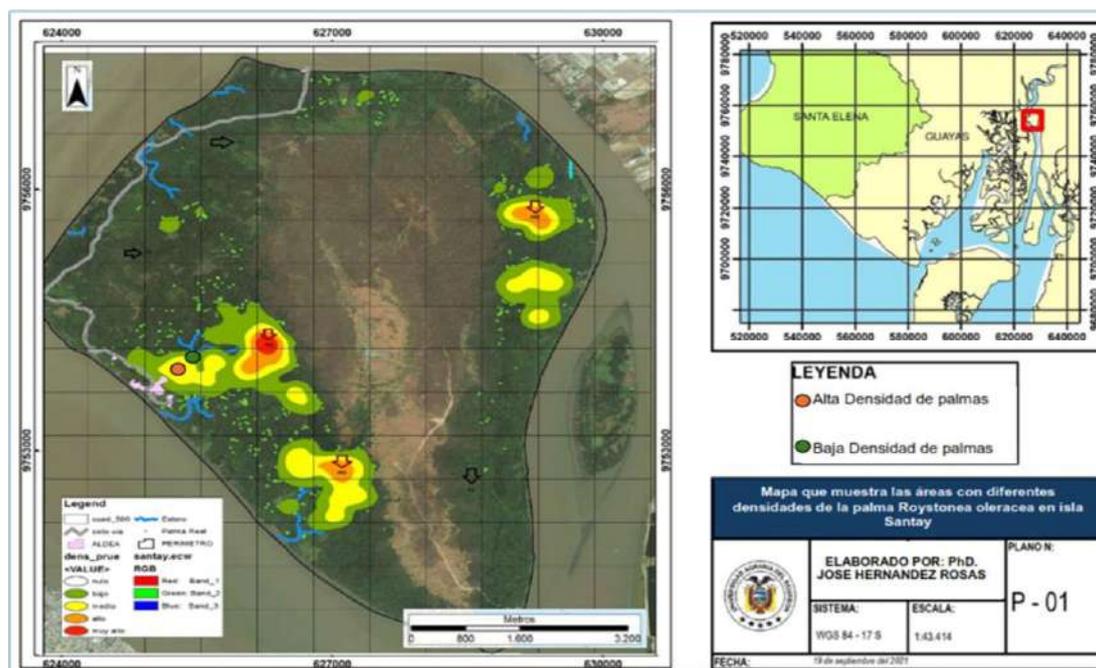
N°	Latitud (S)	Longitud (W)	Descripción
1	02°13'31.36"	079°52'02.24"	Bosque Palmar muy denso
2	02°13'45.30"	079°51'46.90"	Bosque Palmar poco denso

Nota. Fuente: Méndez (2018)

En la Figura 80, se representa cartográficamente la ubicación de isla Santay, y la ubicación de los puntos de muestreo referidos en la Tabla 50.

Figura 80

Ubicación de las áreas de estudio



Nota. Modificado. Fuente: Ayala et al (2016)

2.2. Trabajo de Campo

En esta investigación de campo descriptiva, Méndez (2017), toma los datos primarios, directamente del sujeto y en censos de muestras poblacionales, sin

alterar las variables. Al mismo tiempo en esta investigación se obtienen datos secundarios de referencia de la bibliografía.

2.2.1. Metodología

2.2.1.1. Tamaño del Área Muestral y Tipo de Muestreo.

Para seleccionar a los individuos a analizar se realizó un muestreo estratificado, donde la vegetación fue separada en niveles o estratos que representan un grupo bien definido y se realizó el muestreo independientemente de los grupos (Quinn & Keough, 2002). Se tomaron las muestras en dos áreas representativas de isla Santay, en base al disturbio o perturbación principal a evaluarse: diferentes densidades de palma imperial (Tabla 50).

Se muestrearon dos áreas, una de ellas con alta presencia de palma imperial y otra con baja densidad o ausencia de Palma Imperial, como sugiere Masumbuko et al., (2012) cuando estudio las influencias de trepadoras leñosas en la estructura del bosque de montaña en el Parque Nacional Kahizi – Biega, Congo, estableciendo en cada sitio de muestreo un lugar dominado por trepadoras y otro no invadido.

Tabla 50

Áreas para el muestreo y análisis de vegetación en isla Santay

Áreas	Determinación	Recurso
Alta perturbación	Determinado por alta densidad en la palma imperial	Obtenido mediante sistemas de información geográfica
Baja perturbación	Determinado por la baja densidad de palma imperial	Obtenido mediante sistemas de información geográfica

Nota. Fuente: Méndez (2018)

Muthuramkumar & Parthasarathy (2000) y Muthumperumal y Parthasarathy (2013), investigando la diversidad, distribución y recursos de las trepadoras leñosas en el bosque tropical de sureste de Ghats (India); utilizaron áreas de muestreo de 5m x 1000m (0.5 ha) y luego en unidades más pequeñas para facilitar el muestreo. En estudios de ecología de bosques, el área de la mayoría de investigaciones se corresponde con 0.5 h., de manera que los resultados

puedan ser comparables (M. Lowman y Nadkarni, 2004), la cual es la utilizada en el presente estudio.

Para este estudio se seleccionaron áreas con diferentes densidades de palmas presentes en isla Santay, descritas por Ayala et al. (2016) y Herrera et al. (2017a), y en cada una de ellas se realizó un muestreo sistemático estratificado, siguiendo la metodología explicada en el Anexo I.

2.2.1.2. Recolección de Datos.

Se consideraron como plantas trepadoras, que son el objeto del presente estudio, a las plantas que no son capaces de crecer al menos 1m de altura sin soporte propio, las cuales regularmente usan otras plantas o estructuras para alcanzar altura. Se excluyen las especies que regularmente sus raíces no son más altas a 0.5 m (Burnham y Santanna, 2015) además según Nielsen (2001) todas las que se consideren trepadoras deben permanecer con sus raíces en el suelo.

Se tomaron todos los parámetros y medidas que se establecen en el Anexo 1 tanto para las plantas trepadoras, sus soportes y la vegetación asociada (Nielsen, 2001

La colección de muestras botánicas se realizó siguiendo la metodología establecida en el Anexo 1, al igual que el proceso de su identificación.

2.2.1.3. Determinación de la Estructura Biológica de la Vegetación.

La determinación y estimación de los diferentes atributos que permiten identificar la estructura biológica de la vegetación se presenta en el Anexo 1, así como las herramientas matemáticas utilizadas para ello.

2.2.1.4. Determinación de la Estructura Física de la Vegetación.

Se establecieron los patrones de distribución vertical y horizontal; área que ocupan las plantas trepadoras en Isla Santay, mediante histogramas por categorías de altura y de diámetro a la altura del pecho (DAP). Otros histogramas que pueden obtenerse corresponden al hábito trepador, forma, tamaño y tipo de hoja.

La determinación y estimación de los diferentes atributos que permiten identificar la estructura física de la vegetación se presenta en el Anexo 1, así como las herramientas matemáticas utilizadas para ello.

2.2.1.5. Análisis Estadístico.

Para el análisis de los datos recolectados en campo se usó un test de comparación para más de dos medias con tendencia central, como sugiere Quinn y Keough (2002), con el cual se identifica si la diferencia entre las medidas es por el muestreo al azar o diferencias reales entre los grupos comparados. Para la relación se utiliza una variable cualitativa (variable independiente) de más de casos con una variable cuantitativa (variable dependiente).

Para este estudio principalmente se determinó si existen diferencias significativas en varios de los atributos como la abundancia, frecuencia, I.V.I., diversidad, etc. de plantas trepadoras entre las dos áreas definidas como: con alta densidad de palmas y otro lugar con baja densidad de palmas, y entre los estratos de cada área.

Para este estudio es apropiado utilizar la prueba no paramétrica de Kruskal – Wallis, al comparar más de dos grupos de datos, o la prueba de U de Mann – Whitney cuando se comparan solo dos grupos de datos, como se muestra en el Anexo 1.

3. Resultados

3.1. Estructura Biológica de la Vegetación de Dos Áreas Perturbadas con Énfasis en la Synusia de Plantas Trepadoras

3.1.1. Listado de Especies Encontradas

En isla Santay, durante el muestreo, se logró coleccionar 32 especies de plantas en total, de las cuales 9 se corresponden con la synusia de plantas trepadoras; reconocidas por su mecanismo de sostén (Tabla 51).

En la parcela de alta perturbación (determinado por la alta densidad de *R. oleracea*), se encontraron 20 especies de plantas, de las cuales 6 fueron trepadoras y en la parcela de baja perturbación (determinado por la baja

densidad de *R. oleracea*) se encontraron 29 especies de plantas, de las cuales 9 fueron trepadoras. A continuación, en la Tabla 51, se detalla las especies encontradas.

Tabla 51

Listado de especies encontradas durante el muestreo

Nombre científico	Familia	Habito de crecimiento	Nombre común
<i>Sphagneticola trilobata</i> (L.) Pruski	Asteraceae	Hierba	Wedelia
<i>Mimosa pigra</i> L.	Fabaceae	Arbusto	Mimosa vergonzosa
<i>Roystonea oleracea</i> (Jacq.) O.F. Cook	Arecaceae	Palma	Palma imperial
<i>Eugenia uniflora</i> L.	Myrtaceae	Arbusto	Eugenia
<i>Erythroxylum glaucum</i> O.E. Schulz	Erythroxylaceae	Arbusto	Coquito
<i>Albizia multiflora</i> (Kunth) Barneby & J.W. Grimes	Mimosaceae	Árbol	Compoño
<i>Avicennia germinans</i> (L.) Stearn	Acanthaceae	Árbol	Mangle negro
<i>Psidium</i> sp.	Myrtaceae	Arbusto	
<i>Coccoloba ruiziana</i> Lindau	Polygonaceae	Árbol	
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Malvaceae	Árbol	Guasmo
<i>Triplaris cumingiana</i> Fisch. & C.A. Mey.	Polygonaceae	Árbol	Fernan Sánchez
<i>Erythrina fusca</i> Lour.	Fabaceae	Árbol	Palo prieto
<i>Crinum amoenum</i> Roxb.	Amaryllidaceae	Hierba	Amancay
<i>Geoffroea spinosa</i>	Fabaceae		
<i>Stigmaphyllon ellipticum</i> (Kunth) A. Juss.	Malpighiaceae	Trepadora	Huasca sisa
<i>Paullinia pinnata</i> L.	Sapindaceae	Trepadora	Azucarito
<i>Sarcostemma clausum</i> (Jacq.) Schult.	Apocynaceae	Trepadora	Bejuco de leche
<i>Entada polystachya</i> (L.) DC.	Fabaceae	Trepadora	Bejuco de agua
<i>Cissus verticillata</i> (L.) Nicolson & C.E. Jarvis	Vitaceae	Trepadora	Uvilla
<i>Ipomoea</i> sp.	Convolvulaceae	Trepadora	
Sp.4	Gentianaceae		
<i>Pseudosamanea guachapele</i> (Kunth) Harms	Fabaceae	Árbol	Guachapelí
Sp.5			
<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	Fabaceae	Arbusto	Algarrobo
<i>Samanea samán</i> (Jacq.) Merr.	Fabaceae	Árbol	Samán
<i>Passovia pedunculata</i> (Jacq.) Kuijt	Loranthaceae	Parasita	
Sp.6	Poaceae		
Sp.7			
<i>Cyperus rotundus</i> L.	Cyperaceae	Hierba	Chufa purpura
<i>Ipomoea carnea</i> Jacq.	Convolvulaceae	Trepadora	Mata cabra
<i>Solanum lanceifolium</i> Jacq.	Solanaceae	Trepadora	Naranjilla silvestre
<i>Merremia umbellata</i> (L.) Hallier f.	Convolvulaceae	Trepadora	Bejuco manso

Nota. Fuente: Méndez (2018).

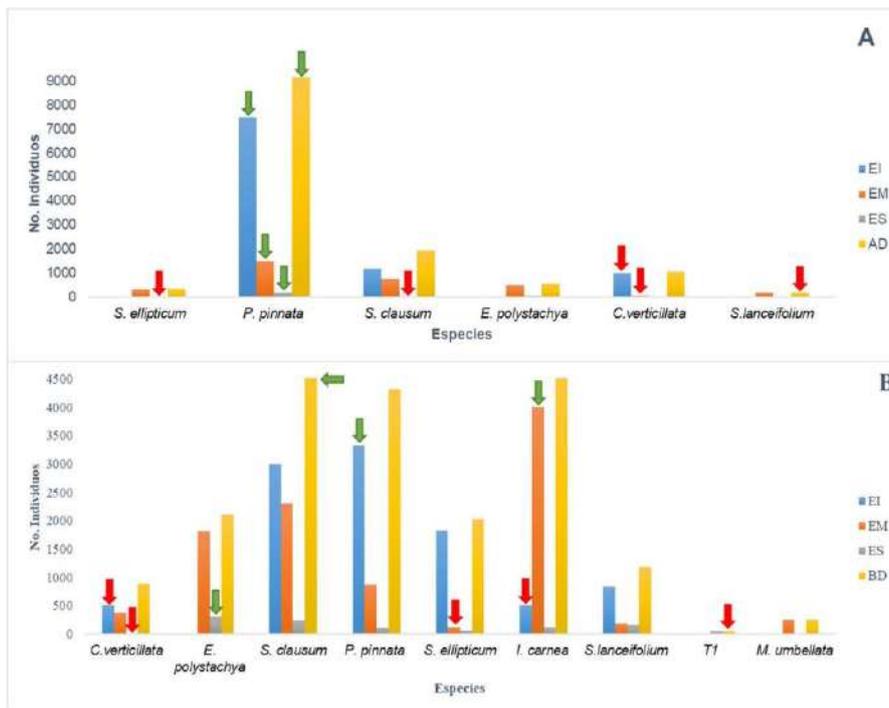
3.1.2. Abundancia, Frecuencia, Densidad, Cobertura e Índice de Valor de Importancia

3.1.2.1. Abundancia de Individuos.

En el área de alta perturbación (0.5 ha, determinada por alta densidad de palma imperial), se contó un total de 13229 individuos de plantas trepadoras; distribuidos entre los estratos: 9667 individuos en el estrato inferior; 3313 individuos en el estrato medio y 250 individuos en el estrato superior. Mientras que, en el área de baja perturbación (determinada por la baja densidad de palma imperial) se encontró un total de 20987.5 individuos distribuidos entre los estratos: 10000 individuos en el estrato inferior; 9937.5 individuos en el estrato medio y 1050 individuos en el estrato superior, solo en plantas trepadoras como se muestra (Figura 81).

Figura 81

Abundancia de individuos de las especies de plantas trepadoras por estrato

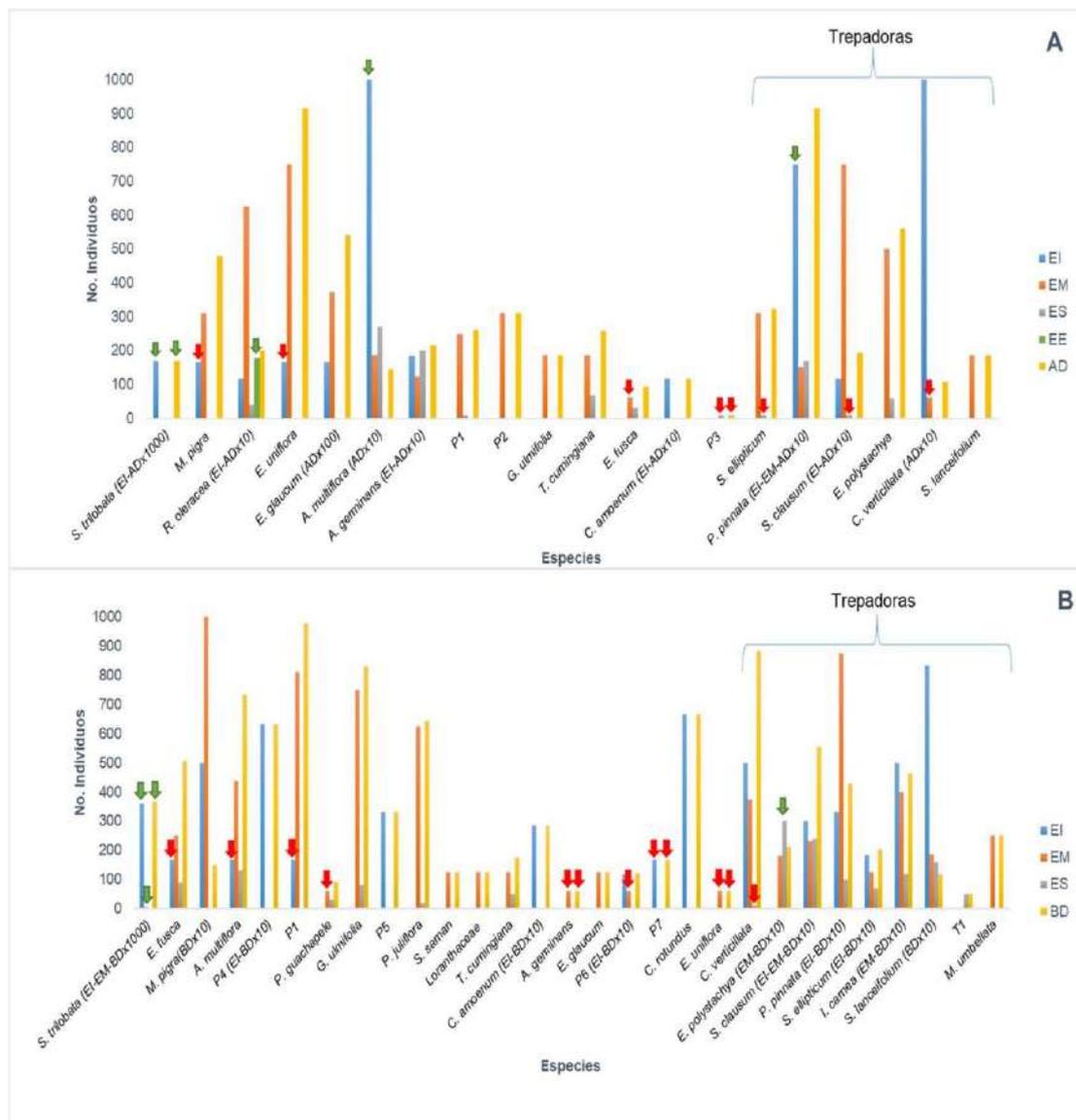


Nota. Estrato inferior (EI), Estrato medio (EM), ↓ Estrato superior (ES) y Total, por nivel de perturbación: Alta perturbación (A) y Baja perturbación (B). Las especies más abundantes se señalan con flechas verdes y las menos abundantes con flechas rojas ↓. Fuente: Méndez (2018).

En el área de alta perturbación, *P. pinnata* fue la más abundante en el estrato inferior con 7500 individuos, en el estrato medio con 1500 individuos y en el estrato superior con 170 individuos. Las especies menos abundantes fueron *C. verticillata* con 1000 individuos en el estrato inferior, la misma especie con 63 individuo en el estrato medio y *S. ellipticum* y *S. clausum* con 1 individuo cada una en el estrato superior.

Figura 82

Abundancia de individuos del total de las especies de plantas por estrato



Nota. Estrato inferior (EI), Estrato medio (EM), Estrato superior (ES) y Total, por nivel de perturbación: Alta perturbación (A) y Baja perturbación (B). Las especies

más abundantes se señalan con flechas verdes ↓ y las menos abundantes con flechas rojas ↓). Fuente: Méndez (2018).

Mientras que, para el área de baja perturbación, *P. pinnata* fue la más abundante en el estrato inferior con 3333.33 individuos, *I. carnea* para el estrato medio con 4000 individuos y *E. polystachya* en el estrato superior con 300 individuos. Las especies menos abundantes fueron *I. carnea* y *C. verticillata* cada una con 500 individuos en el estrato inferior, *S. ellipticum* con 125 individuos en el estrato medio y *C. verticillata* con 10 individuos en el estrato superior.

Al considerar todos los estratos en cada una de las áreas, en el área de alta perturbación, las más abundantes fueron *P. pinnata* con 9170 individuos seguida de *S. clausum* con 1927 individuos y la menos abundante fue *S. lanceifolium* con 188 individuos. Mientras que en el área de baja perturbación *I. carnea* fue la más abundante con 4308.33n individuos y la menos abundante fue T1 con 50 individuos.

Cuando se consideraron todas las especies de plantas incluyendo las trepadoras, presentes en el área de alta perturbación, se registraron 3´616,464.6 individuos, de los cuales en el estrato inferior se presentan 185500 individuos, en el estrato medio 6687.5 individuos, en el estrato superior 880 individuos y en el estrato emergente 180 individuos, pertenecientes a 20 especies (Figura 82).

En el área de baja densidad se registraron un menor número de individuos totales, registrando 405679.17 individuos; de estos se cuantificaron para el estrato inferior 383666.67 individuos, en el estrato medio 20562.50 individuos y en el estrato superior 1450 individuos, distribuidos en 29 especies. En esta área no se obtuvieron individuos pertenecientes al estrato emergente.

Al considerar todas las plantas presentes, sin excluir las trepadoras, en el área de alta perturbación las especie más abundantes fueron *S. trilobata* con 170166.66 individuos seguido de *P. pinnata* con 7500 individuos en el estrato inferior, *P. pinnata* con 1.500 individuos seguido de *S. clausum* y *E. uniflora* cada una con 750 individuos en el estrato medio y *A. multiflora* con 270 individuos seguido de *A. germinans* con 200 individuos en el estrato superior.

Las especies menos abundantes fueron *M. pigra*, *E. uniflora* y *E. glaucum* con 166.66 individuos cada una en el estrato inferior, *E. fusca* y *C. verticillata* con 62.5 individuos cada una en el estrato medio, P1, P3, *S. clausum* y *S. ellipticum* cada una con 10 individuos en el estrato superior. En el área de baja perturbación las especies más abundantes fueron *S. trilobata* con 361166.66 individuos seguido de P4 con 6333.33 individuos en el estrato inferior, *S. trilobata* con 6000 individuos seguido de *I. carnea* con 4000 individuos en el estrato medio y *E. polystachya* con 300 individuos seguido de *S. clausum* con 240 individuos en el estrato superior.

Las especies menos abundantes fueron *E. glauca*, *A. multiflora* y p7 con 166.66 individuo cada una en el estrato inferior, *A. germinans*, *E. glaucum*, *E. uniflora* con 62.5 individuos cada una en el estrato medio y *C. verticillata* en el estrato superior con 10 individuos.

En el área de alta perturbación, al considerarse todos los estratos en cada una las áreas, las especies más abundantes fueron *S. trilobata* con 170166.66 seguida de *A. germinans* con 2158.33 individuos, la especie menos abundante fue P3 con 10 individuos. Mientras que, en el área de baja densidad, *S. trilobata* con 367166.67 individuos seguida de P4 con 6333.33 individuos, la especie menos abundante fue T1 con 50 individuos.

En la Figura 82 se observa un mayor número de especies en el área de baja perturbación, en relación con el área de alta perturbación, así mismo, se observa el mayor número de individuos en el área de baja perturbación. Tanto en el área de alta como baja perturbación, las trepadoras presentan altas abundancias en todos los estratos y en toda el área, solamente siendo superadas por *S. trilobata*.

3.1.2.2. Frecuencia Relativa de Aparición de las Especie.

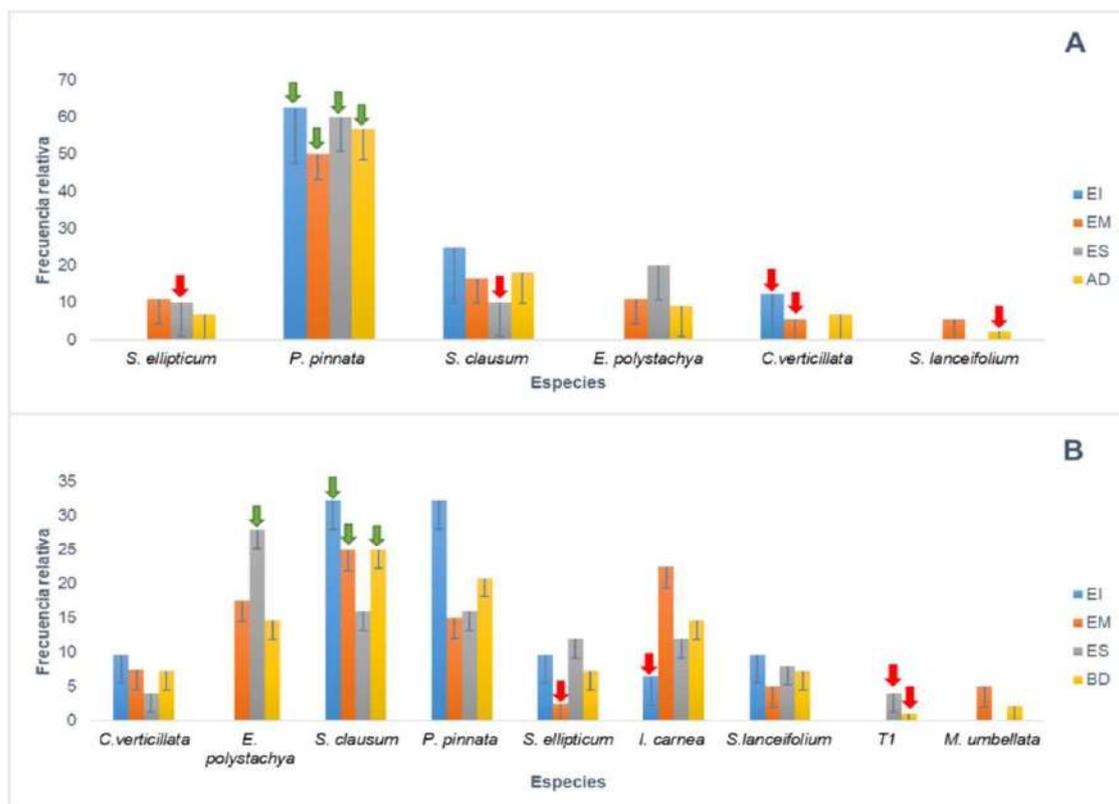
En el área de alta perturbación, las trepadoras con mayor frecuencia relativa fueron *P. pinnata* con 62.5%, seguida de *S. clausum* con 25% en el estrato inferior. En el estrato medio, *P. pinnata* con 50% y *S. clausum* con 16.67% son las especies que presentaron mayor frecuencia relativa, mientras que *P. pinnata* con 60% seguida de *E. polystachya* con 20%, son las especies que presentan la mayor frecuencia relativa en el estrato superior. Las trepadoras con menor

frecuencia relativa fueron *C. verticillata* con 12.50% en el estrato inferior, *C. verticillata* y *S. lanceifolium* con 5.56% cada una en el estrato medio, *S. ellipticum* y *S. clausum* ambas con 10% en el estrato superior (Figura 83).

Mientras que, en el área de baja perturbación, las trepadoras con mayor frecuencia relativa fueron *P. pinnata* y *S. clausum* ambas con 32.26 % en el estrato inferior, *S. clausum* con 25% seguida de *I. carnea* con 22.5% en el estrato medio y *E. polystachya* con 28% seguida de *S. clausum* y *P. pinnata* ambas con 16% en el estrato superior. Las trepadoras con menor frecuencia relativa fueron *I. carnea* con 6.45% en el estrato inferior, *S. ellipticum* con 2.5% en el estrato medio y *C. verticillata* con T1 con 4% cada una en el estrato superior.

Figura 83

Frecuencia relativa de las especies de plantas trepadoras por estrato



Nota. Estrato inferior (EI), Estrato medio (EM), Estrato superior (ES) y Total, por nivel de perturbación: Alta perturbación (A) y Baja perturbación (B). Las especies más abundantes se señalan con flechas verdes ↓ y las menos abundantes con flechas rojas ↓). Fuente: Méndez (2018).

Al considerar todos los estratos en cada una de las áreas, en el área de alta perturbación, las trepadoras con mayor frecuencia relativa fueron *P. pinnata* con 56.82% seguida de *S. clausum* con 18.18%. La trepadora con menor frecuencia relativa fue *S. lanceifolium* con 2.27%. Mientras que, en el área de baja perturbación, las trepadoras con mayor frecuencia relativa fueron *S. clausum* con 25% y *P. pinnata* 20.83% y la especie con menor frecuencia relativa fue T1 con 1.04%.

P. pinnata fue la especie más frecuente de alta perturbación en todos los estratos, pero perdió frecuencia en baja perturbación, donde fue superada por *S. clausum* en el estrato medio y en el estrato inferior obtuvieron la misma frecuencia, en el estrato superior fue superada por *E. polystachya*.

Cuando se consideró todas las especies de plantas, en el área de alta perturbación, las especies de mayor frecuencia relativa fueron *S. trilobata* con 29.55% y *P. pinnata* con 22.73% en el estrato inferior, *P. pinnata* con 16.07% y *E. uniflora* con 14.29% en el estrato medio y *A. multiflora* con 23.53% seguida de *A. germinans* con 20.59% en el estrato superior.

También hubo un estrato emergente para *R. oleracea* con 100% la cual mostró el valor más alto de frecuencia relativa al ser la única especie (Figura 5). Las especies de menor frecuencia relativa fueron *M. pigra*, *E. fusca*, *E. glaucum* y *C. amoenum* cada una con 2.27% en el estrato inferior, *E. glauca*, *C. verticillata* y *S. lanceifolium* todas con 1.79% en el estrato medio y *R. oleracea*, P1, P3 *S. ellipticum* y *S. clausum* todas con 2.94% en el estrato superior.

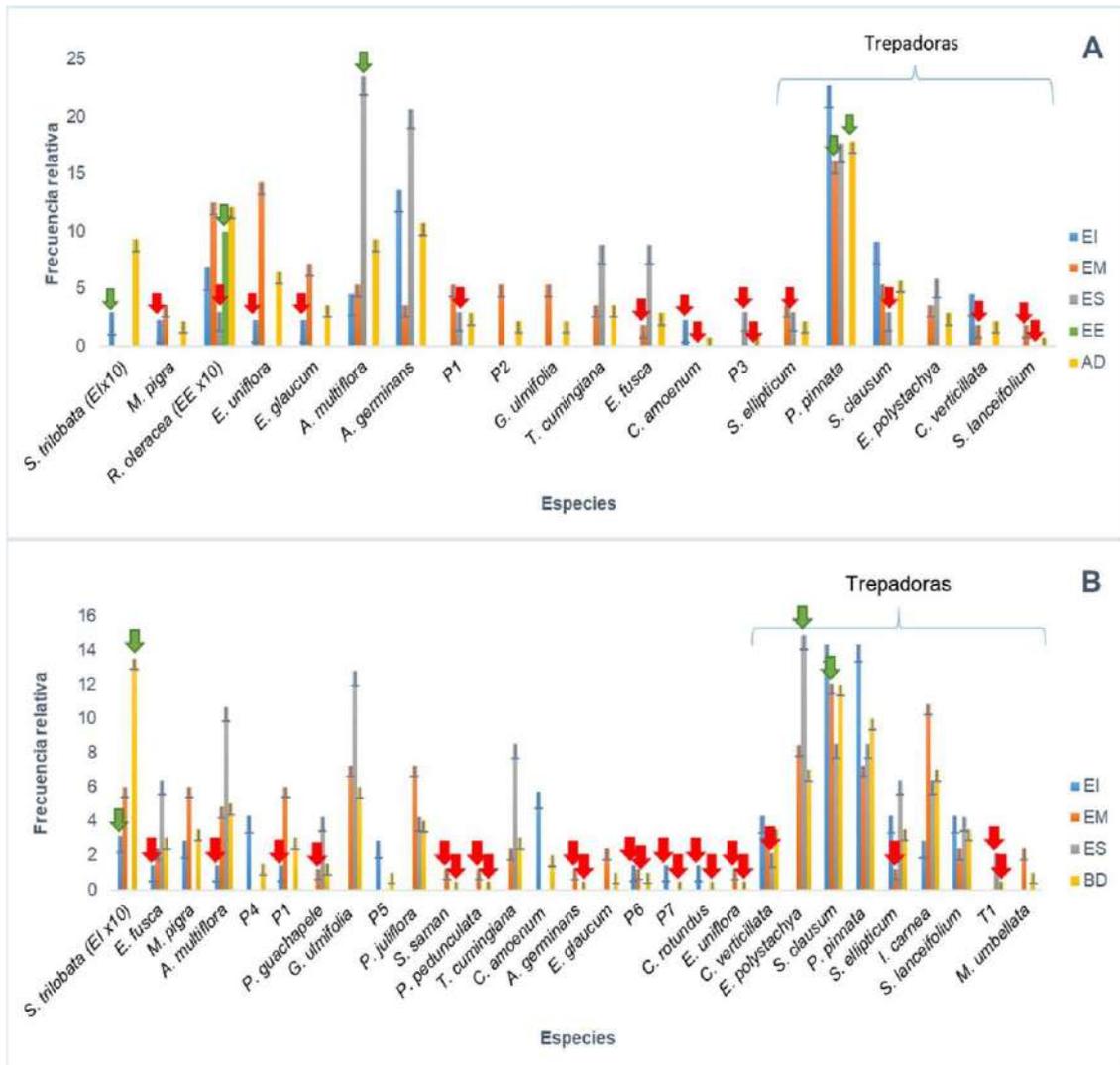
Mientras que, en el área de baja perturbación, las especies de mayor frecuencia relativa fueron *S. trilobata* con 31.43% seguida de *P. pinnata* y *S. clausum* ambas con 14.29% en el estrato inferior, *S. clausum* con 12.20% e *I. carnea* con 10.98% en el estrato medio y *E. polystachya* con 14.89% y *G. ulmifolia* con 12.77% en el estrato superior.

Las especies de menor frecuencia relativa fueron *E. uniflora*, P1, P6, P7 y *C. rotundus* todas con 1.43% en el estrato inferior, *P. guachapele*, *S. samán*, *P. pedunculata*, *A. Germinans*, P6, *E. uniflora* y *S. ellipticum* todas con 1.22% en el

estrato medio y *C. verticillata* seguida de *S. lanceifolium* ambas con 2.13% en el estrato superior (Figura 84).

Figura 84

Frecuencia relativa del total de las especies de plantas por estrato



Nota. Estrato inferior (EI), Estrato medio (EM), Estrato superior (ES) y Total, por nivel de perturbación: Alta perturbación (A) y Baja perturbación (B). Las especies más abundantes se señalan con flechas verdes  y las menos abundantes con flechas rojas . Fuente: Méndez (2018).

Al considerar todos los estratos en cada una de las áreas, en el área de alta perturbación, las especies de mayor frecuencia relativa fueron *P. pinnata* con

17.86% y *R. oleracea* con 12.14%. Las especies de menor frecuencia relativa fueron *S. lanceifolium*, P3 y *C. amoenum* cada una con 0.71%.

Mientras que, en el área de baja perturbación, las especies de mayor frecuencia relativa fueron *S. trilobata* con 13.5% y *S. clausum* con 12%. Las especies de menor frecuencia relativa fueron *S. samán*, *P. pedunculata*, *A. germinans*, P7, *C. rotundus*, *E. uniflora* y *S. lanceifolium* cada una con 0.5%.

En la Figura 84 observamos que *S. trilobata*, presenta la mayor frecuencia relativa entre todas las especies en ambas áreas de muestreo en el estrato inferior. En el área de alta perturbación, *P. pinnata* mostró una alta frecuencia relativa en la mayoría de los estratos entre las trepadoras, así como, en comparación con el resto de la vegetación. En el área baja perturbación las trepadoras de manera general presentaron frecuencias relativas de mayor magnitud en relación con la totalidad de las especies.

Especialmente en el estrato medio, *S. clausum* e *I. carnea* mostraron una frecuencia importante en el estrato medio, y al solo considerar el área *S. clausum* y *P. pinnata* superan en frecuencia el resto especies, exceptuando *S. trilobata*.

3.1.2.3. Densidad Relativa de Individuos por Especie.

Considerando solo las plantas trepadoras, en el área de alta perturbación, las especies *P. pinnata* con 77.59% y *S. clausum* con 12.07%, fueron las trepadoras de mayor densidad relativa en el estrato inferior. Así mismo, en el estrato medio, *P. pinnata* con 45.28% y *S. clausum* con 22.64% fueron las trepadoras con mayor densidad relativa, mientras que, en el estrato superior son *P. pinnata* con 68% y *E. polystachya* con 24% (Figura 85).

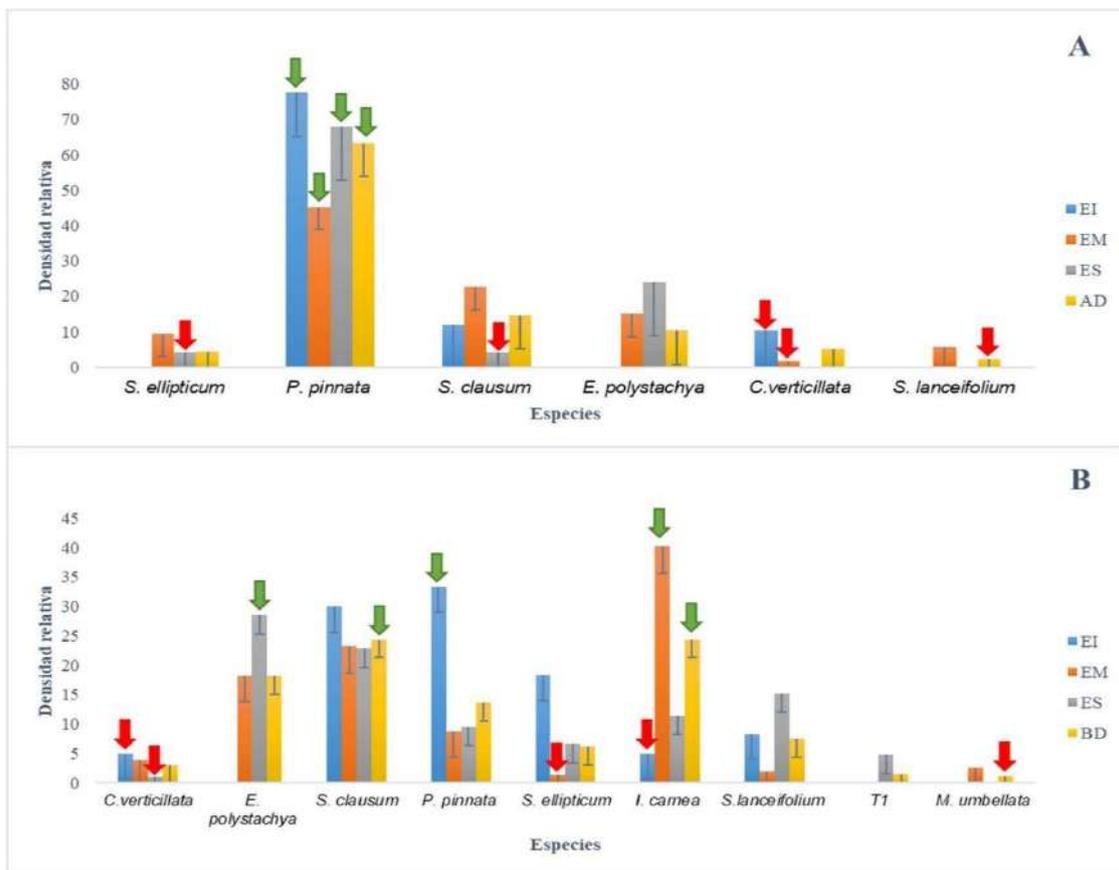
Las trepadoras de menor densidad relativa fueron *C. verticillata* con 10.34% en el estrato inferior y en el estrato medio con 1.89%, *S. clausum* y *C. verticillata* con 4% en el estrato superior.

En el área de baja perturbación, las trepadoras de mayor densidad relativa fueron *P. pinnata* con 33.33% y *S. clausum* con 30% en el estrato inferior, *I. carnea* con 40.25% y *S. clausum* con 23.27% en el estrato medio, *E. polystachya* con 28.57% y *S. clausum* con 22.86% en el estrato superior. Las trepadoras de

menor densidad relativa fueron y *I. carnea* con 5% en el estrato inferior, *S. ellipticum* con 1.26% en el estrato medio y *C. verticillata* con 0.96% en el estrato superior.

Figura 85

Densidad relativa de las especies de plantas trepadoras por estrato



Nota. Estrato inferior (EI), Estrato medio (EM), Estrato superior (ES) y Total, por nivel de perturbación: Alta perturbación (A) y Baja perturbación (B). Las especies más abundantes se señalan con flechas verdes ↓ y las menos abundantes con flechas rojas ↓). Fuente: Méndez (2018).

Al considerarse todos los estratos en cada una de las áreas, las trepadoras de mayor densidad relativa en toda el área de alta perturbación fueron *P. pinnata* con 63.24%, seguida de *S. clausum* con 14.71%. La trepadora de menor densidad fue *S. ellipticum* con 4.41%. Mientras que, en el área de baja densidad, las trepadoras de mayor densidad relativa fueron *I. carnea* y *S. clausum* ambas

con 24.38%. La trepadora de menor densidad relativa fue *M. umbellata* con 1.23%.

En la Figura 85 se observa que *P. pinnata* presenta la mayor densidad en el área de alta perturbación, mientras que en la baja perturbación solo es la más densa en el estrato inferior. En el estrato medio *I. carnea* tuvo mayor densidad y *E. polystachya* tuvo mayor densidad en el estrato superior sobre las otras especies, considerando toda el área de baja densidad *S. clausum* es la más densa.

En la Figura 86 se representa la densidad relativa de todas las especies de plantas en el área de alta perturbación. Las especies de mayor densidad relativa fueron *S. trilobata* con 91.73% y *P. pinnata* con 4.04% en el estrato inferior, *P. pinnata* con 22.43%, *E. uniflora* y *S. clausum* ambas con 11.22% en el estrato medio y *A. multiflora* con 30.68% y *A. germinans* con 22.73% en el estrato superior.

Las especies con menor densidad fueron *M. pigra*, *E. uniflora*, *E. glaucum* cada una con 0.09% en el estrato inferior, *E. fusca* y *C. verticillata* ambas con 0.94% en el estrato medio y PSp1, P3, *S. clausum* y *S. ellipticum* cada una con 1.14% en el estrato superior. Se presenta un estrato emergente representado solo por *R. oleracea*, con el 100% de densidad relativa (Figura 86).

En el área de baja densidad, las especies con mayor densidad relativa fueron *S. trilobata* con 94.14% y P4 con 1.65% en el estrato inferior, *S. trilobata* con 29.18% seguida de *I. carnea* con 19.45% en estrato medio, y *E. polystachya* con 20.69% seguida de *S. clausum* con 16.55% en el estrato superior.

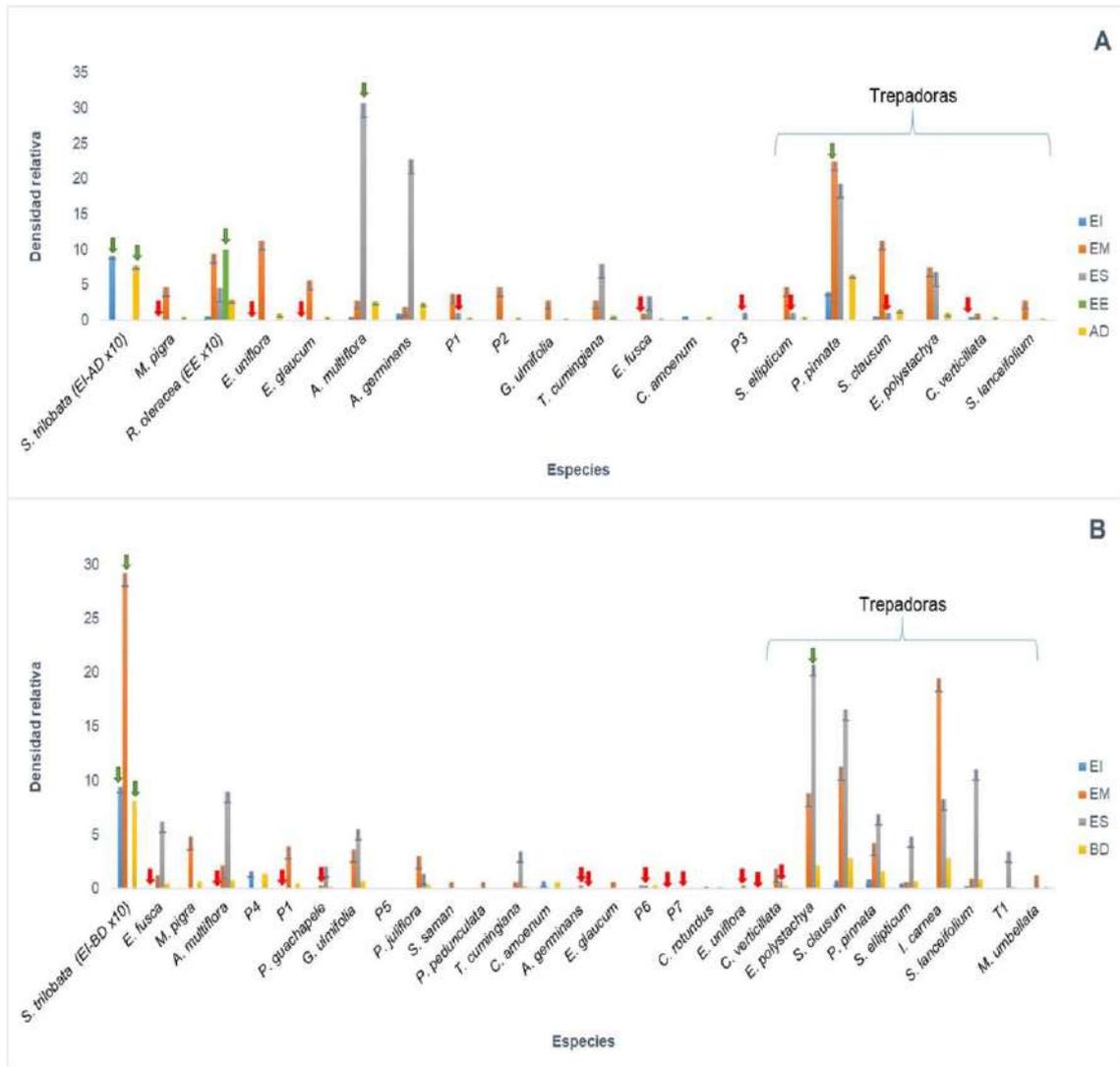
Las especies con menor densidad fueron *E. fusca*, P1, P7 y *A. multiflora* cada una con 0.04% en el estrato inferior, *P. guachapele*, *A. germinans*, P6 y *E. uniflora* cada una con 0.30% en el estrato medio, *C. verticillata* con 0.69% en el estrato superior.

Al considerarse todos los estratos en cada una de las áreas, en el área de alta perturbación, las especies con mayor densidad relativa fueron *S. trilobata* con 76.99% y *P. pinnata* con 6.49%. La especie con menor densidad relativa fue P3 con 0.08. Mientras que, en el área de baja perturbación, las especies con mayor

densidad relativa fueron *S. trilobata* con 81.52% seguida de *S. clausum* e *I. carnea* ambas con 2.85%. Las especies con menor densidad relativa fueron *A. germinans*, P7 y *E. uniflora* cada una con 0.04% (Figura 86).

Figura 86

Densidad relativa del total de las especies de plantas por estrato



Nota. Estrato inferior (EI), Estrato medio (EM), Estrato superior (ES) y Total, por nivel de perturbación: Alta perturbación (A) y Baja perturbación (B). Las especies más abundantes se señalan con flechas verdes ↓ y las menos abundantes con flechas rojas ↓). Fuente: Méndez (2018).

En la Figura 86 se observa que *S. trilobata* fue la especie con mayor densidad relativa cuando se consideran todas las especies de plantas en ambas áreas de

perturbación, luego en el estrato emergente *R. oleracea* al ser la única especie presente. En ambas áreas las trepadoras tienen una densidad importante, en el estrato medio y superior en buena parte de las especies presentes.

A. multiflora superó en densidad al resto de trepadoras en el estrato superior en alta perturbación, seguida de *P. pinnata* que superó al resto de especies en el estrato medio. En baja perturbación, *I. carnea* superó en densidad al resto de especies en el estrato medio, *E. Polystachya* y *S. clausum* superaron al resto de la vegetación en el estrato superior.

3.1.2.4. Cobertura Relativa de Especies.

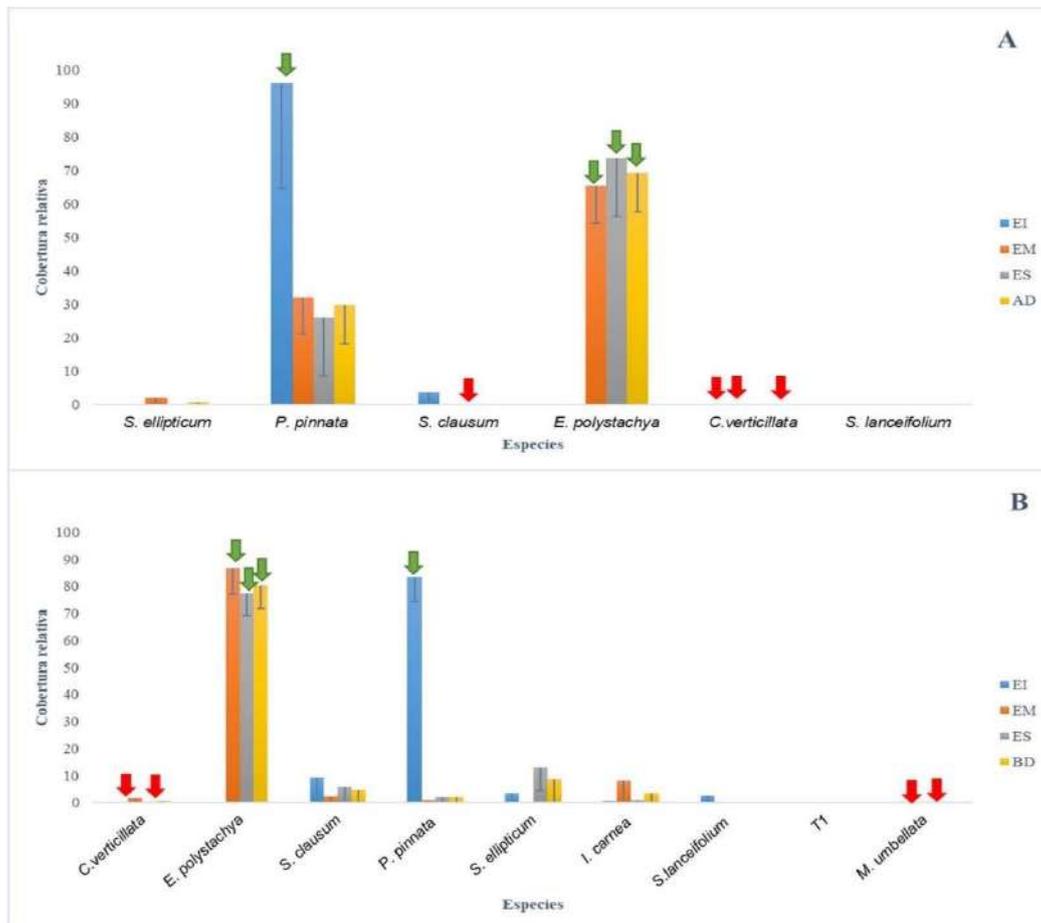
Las especies de plantas trepadoras de mayor cobertura relativa en el área de alta perturbación fueron *P. pinnata* con 96.12% y *S. clausum* con 3.80% en el estrato inferior, *E. polystachya* con 65.33% y *P. pinnata* con 32.23% en el estrato medio y *E. polystachya* con 73.79% y *P. pinnata* con 26.09% en el estrato superior. Las especies de menor cobertura relativa fueron *C. verticillata* con 0.09% en el estrato inferior y 0.002% en el estrato medio y *S. clausum* en el estrato superior con 0.0006% (Figura 87).

En el área de baja perturbación, las trepadoras de mayor cobertura relativa fueron *P. pinnata* con 83.39% y *S. clausum* con 9.20% en el estrato inferior, *E. polystachya* con 86.62% e *I. carnea* con 8.06% en el estrato medio, y *E. polystachya* con 77.59% y *S. ellipticum* con 12.89% en el estrato superior. Las especies de menor cobertura relativa fueron *C. verticillata* con 0.41% en el estrato inferior, *M. umbellata* con 0.04% en el estrato medio y T1 con 0.04% en el estrato superior.

Al considerarse todos los estratos en cada una de las áreas, en el área de alta perturbación, las trepadoras de mayor cobertura relativa fueron *E. polystachya* con 69.34% y *P. pinnata* con 29.79%. La especie de menor cobertura relativa fue *C. verticillata* con 0.003. Mientras que, en el área de baja perturbación, las trepadoras de mayor cobertura relativa fueron *E. polystachya* con 80.31% y *S. ellipticum* con 8.60%. La especie de menor cobertura relativa fue *M. umbellata* con 0.01%.

Figura 87

Cobertura relativa de las especies de plantas trepadoras por estrato



Nota. Estrato inferior (EI), Estrato medio (EM), Estrato superior (ES) y Total, por nivel de perturbación: Alta perturbación (A) y Baja perturbación (B). Las especies más abundantes se señalan con flechas verdes ↓ y las menos abundantes con flechas rojas ↓). Fuente: Méndez (2018).

En la Figura 87 se observa que *E. polystachya* mostró en ambas áreas la mayor cobertura relativa en el estrato medio y superior y *P. pinnata* muestra mayor cobertura relativa en el estrato inferior de ambas áreas, *C. verticillata* mantiene una de las coberturas más bajas en ambas condiciones (alta y baja perturbación).

En el área de alta perturbación, tomando en cuenta la totalidad de la vegetación, las especies de mayor cobertura relativa fueron *S. trilobata* con 82.43% y *P. pinnata* con 15.38% en el estrato inferior, *E. glaucum* con 30.01% y *E.*

polystachya con 29.06% en el estrato medio, *A. multiflora* con 42.56% y *R. oleracea* con 25.86% en el estrato superior y en el estrato emergente *R. oleracea* con 100% al ser la única especie. Las especies de menor cobertura relativa fueron *E. glaucum* con 0.003% en el estrato inferior, *C. verticillata* con 0.001% en el estrato medio y *S. clausum* con 0.00009% en el estrato superior (Figura 88).

Mientras que, en el área de baja perturbación, las especies de mayor cobertura relativa fueron *C. amoenum* con 99.96% seguida de *S. trilobata* con 0.04% en el estrato inferior, *G. ulmifolia* con 74.76% seguida de *E. fusca* con 9.50% en el estrato medio, *E. fusca* con 36.81% y *G. ulmifolia* con 29.78% en el estrato superior. Las especies de menor cobertura relativa fueron *C. rotundus*, *S. ellipticum* y *S. lanceifolium* cada una con 0.000001% en el estrato inferior, *P. pedunculata* seguida de *M. umbellata* cada una con 0.002% en el estrato medio y *S. lanceifolium* con 0.003% en el estrato superior.

Al considerarse todos los estratos en cada una de las áreas, en el área de alta perturbación las especies de mayor cobertura relativa fueron *R. oleracea* con 58.17% y *A. multiflora* con 19.88%, la especie con menor cobertura relativa fue *S. lanceifolium* con 0.001%. En el área de baja perturbación, las especies de mayor cobertura relativa fueron *C. amoenum* con 99.83% y *G. ulmifolia* con 0.06%, las especies con menor cobertura relativa fueron *M. pigra*, *T. cumingiana* y *S. ellipticum* cada una con 0.001%.

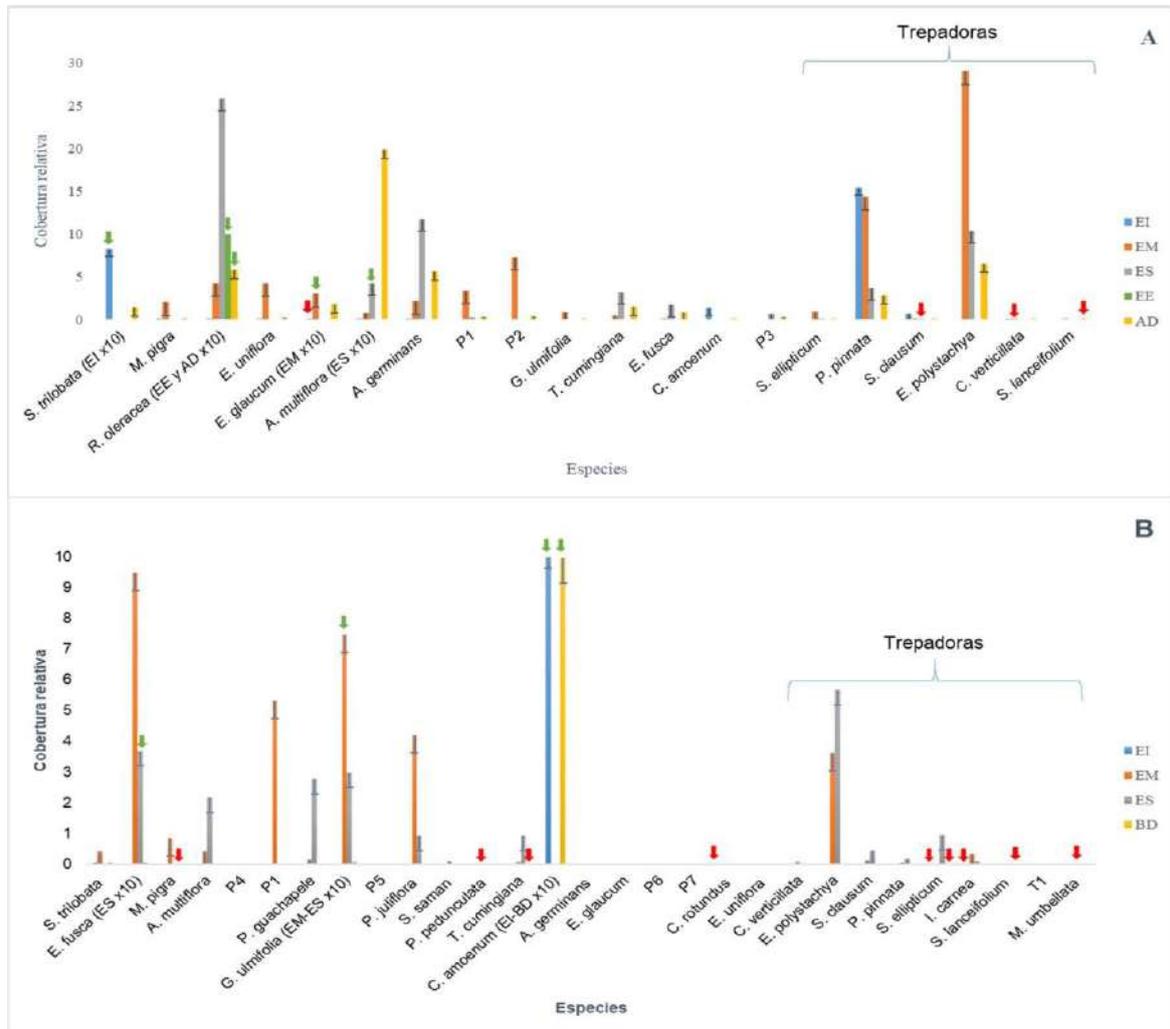
En la Figura 88 se muestra la disminución en la cobertura relativa de las especies en baja perturbación, que, aunque en dicha área hay más especies presentes y más número de individuos no incrementa la cobertura relativa.

E. glauca y *A. multiflora* en el estrato superior, *G. ulmifolia* en el estrato medio y superior, y *C. amoenum* en el estrato inferior en el área de baja perturbación, presentan mayor cobertura relativa. En el área de alta perturbación estas

especies presentan menor cobertura relativa, exceptuando *A. multiflora* en el estrato superior, y *G. ulmifolia* que no tuvo individuos en el estrato superior.

Figura 88

Cobertura relativa del total de las especies de las especies por estrato



Nota. Estrato inferior (EI), Estrato medio (EM), Estrato superior (ES) y Total: Alta densidad (AD) y Baja densidad (BD), por nivel de perturbación: Alta perturbación (A) y Baja perturbación (B). Las especies más abundantes se señalan con flechas verdes ↓ y las menos abundantes con flechas rojas ↓). Fuente: Méndez (2018).

3.1.2.5. Índice de Valor de Importancia.

El índice de valor de importancia (IVI) es adimensional e indica que especie toma el rol principal bajo un tratamiento. El IVI fue calculado en las dos áreas con alta

y baja perturbación, determinado por la densidad de palma imperial, en todos los estratos y en toda el área. Este índice fue determinado para el grupo de plantas trepadoras (Figura 88) y para toda la vegetación (Figura 89).

Las plantas trepadoras más importantes, en el área de alta perturbación, fueron *P. pinnata* con 236.20 y *S. clausum* con 40.87 en el estrato inferior, *P. pinnata* con 127.51 y *E. polystachya* con 91.53 en el estrato medio y *P. pinnata* con 154.09 seguida *E. polystachya* con 117.79 en el estrato superior. La trepadora menos importante fue *C. verticillata* con 22.93 en el estrato inferior y con 7.44 en el estrato medio y *S. lanceifolium* con 4.48 en el estrato superior (Figura 89).

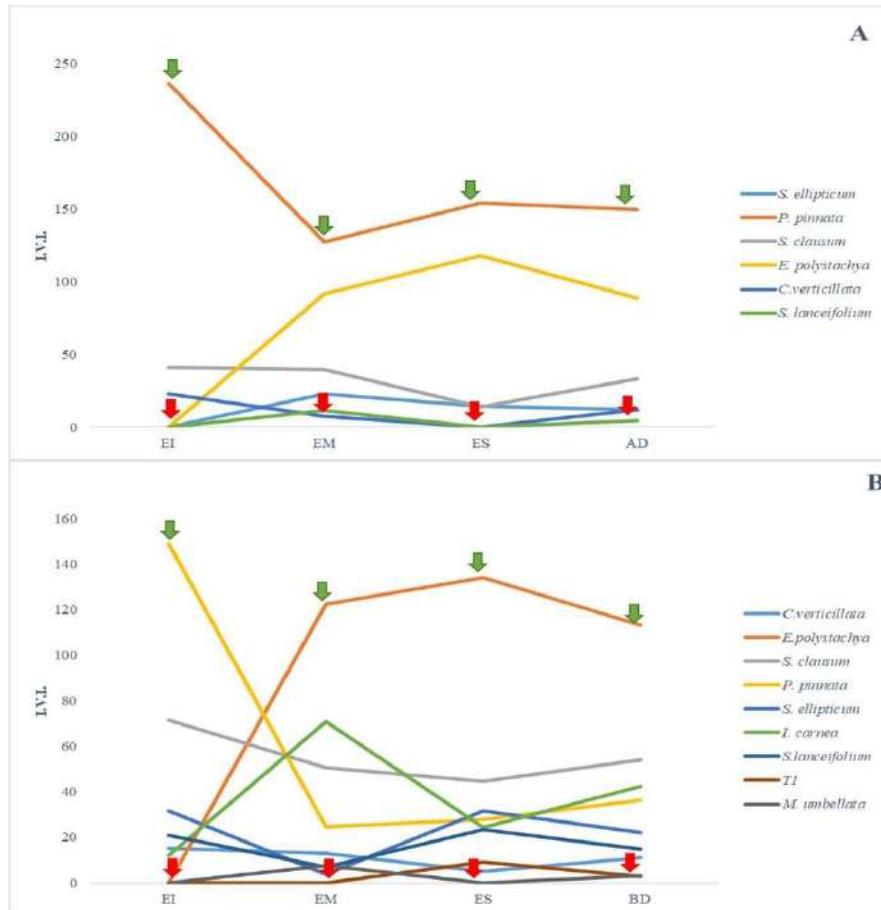
Mientras que, en el área de baja perturbación, las trepadoras más importantes fueron *P. pinnata* con 148.98 seguida de *S. clausum* con 71.45 en el estrato inferior, *E. polystachya* con 122.36 seguida de *I. carnea* con 70.80 en el estrato medio y *E. polystachya* con 134.16 seguida de *S. clausum* con 44.65 en el estrato superior. Las trepadoras menos importantes fueron *I. carnea* con 12 en el estrato inferior, *S. ellipticum* con 3.86 en el estrato medio y *C. verticillata* con 4.96 en el estrato superior.

Al considerarse todos los estratos en cada una de las áreas, en el área de alta perturbación, las especies más importantes fueron *P. pinnata* con 149.84 seguida de *E. polystachya* con 88.72. La especie menos importante fue *S. lanceifolium* con 4.49. Mientras que, en el área de baja perturbación, las especies más importantes fueron *E. polystachya* con 134.16 seguida de *S. clausum* con 54.07. La especie menos importante fue T1 con 2.82.

En la Figura 89 se observa que *P. pinnata* fue la especie más importante en el área de alta densidad, en baja densidad sigue siendo importante, en el estrato inferior. En los demás estratos *E. polystachya* fue la más importante e incluso cuando se consideró toda el área sin estratos. En ambas áreas, *P. pinnata* y *E. polystachya* son las especies más importantes entre los estratos y al considerar todos los estratos.

Figura 89

Índice de Valor de Importancia de las especies de trepadoras por estrato



Nota. Estrato inferior (EI), Estrato medio (EM), Estrato superior (ES) y Total, por nivel de perturbación: Alta perturbación (A) y Baja perturbación (B). Las especies más abundantes se señalan con flechas verdes ↓ y las menos abundantes con flechas rojas ↓). Fuente: Méndez (2018).

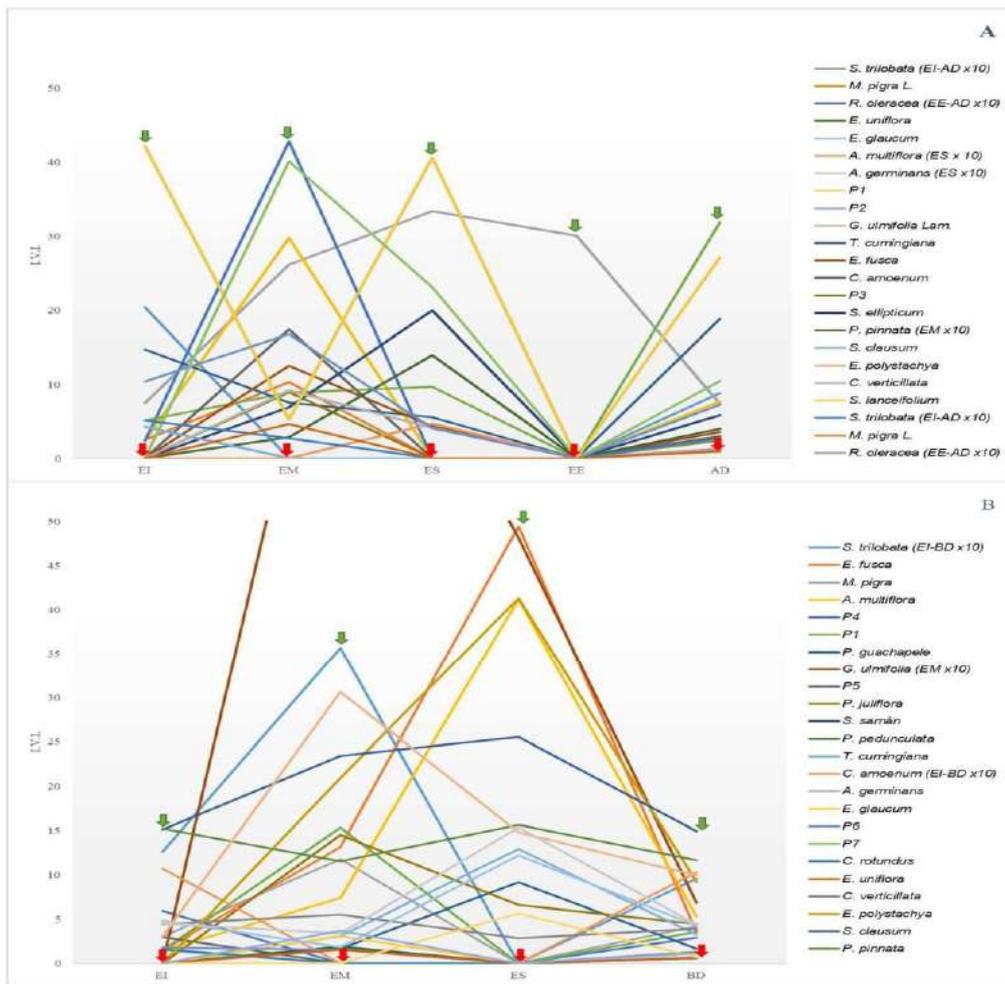
En relación con toda la vegetación, en el área de alta perturbación, las especies más importantes fueron *S. trilobata* con 203.71 seguida de *P. pinnata* con 42.15 en el estrato inferior; *E. glaucum* con 42.83 seguida de *P. pinnata* con 52.84 en el estrato medio; *A. multiflora* con 96.77 seguida *A. germinans* con 55.05 en el estrato superior; y, *R. oleracea* con 300 en el estrato emergente (Figura 90).

Las especies menos importantes fueron *E. glaucum* con 2.37 en el estrato inferior; *C. verticillata* con 2.72 en el estrato medio y *S. clausum* con 4.08 en el estrato superior. Mientras que, en el área de baja perturbación las especies más

importantes fueron *S. trilobata* con 125.60 seguida de *C. amoenum* con 106.42 en el estrato inferior, *G. ulmifolia* con 85.64 seguida de *S. trilobata* con 35.61 en el estrato medio y *E. fusca* con 49.40 seguida de *G. ulmifolia* con 48.06 en el estrato superior. Las especies menos importantes fueron *E. glauca*, *A. multiflora*, P1 y P7 todas con 1.47 en el estrato inferior, Sp.6 con 1.51 en el estrato medio y *C. verticillata* con 2.82 en el estrato superior.

Figura 90

Índice de Valor de Importancia del total de las especies de plantas por estrato



Nota. Estrato inferior (EI), Estrato medio (EM), Estrato superior (ES) y Total: Alta densidad (AD) y Baja densidad (BD), y por nivel de perturbación: Alta perturbación (A) y Baja perturbación (B). Las especies más abundantes se señalan con flechas verdes ↓ y las menos abundantes con flechas rojas ↓. Fuente: Méndez (2018).

Al considerarse todos los estratos en cada una de las áreas, en el área de alta perturbación, las especies más importantes fueron con *S. trilobata* 87.68 seguida de *R. oleracea* con 73.25. La especie menos importante fue *S. lanceifolium* con 0.94. Mientras que, en el área de baja perturbación, las especies más importantes fueron *C. amoenum* con 102.45 seguida de *S. trilobata* con 95.15. Las especies menos importantes fueron *A. germinans*, *P7*, *E. uniflora* todas con 0.54.

En la Figura 90 se observa que, en el área de alta perturbación, para ningún estrato las especies trepadoras son las más importantes, aunque de todas ellas *P. pinnata* fue la que presentó mayor IVI. En el área de baja perturbación se mantuvo este comportamiento, con *I. carnea*, *E. polystachya* y *S. clausum* como las trepadoras que poseen IVI mayores entre las trepadoras.

En el área de alta perturbación, en el estrato medio, se observa que las especies alcanzan mayor valor de importancia, mientras que, en el área de baja perturbación, el estrato superior muestra mayor valor de importancia en sus especies. Finalmente, se observa, un patrón marcado en el estrato inferior; donde hay varias especies con menor valor de importancia y una sola especie (*S. trilobata*) destacando sobre las demás en todos los estratos.

3.1.3. Estructura Biológica. Diversidad, Riqueza, Equidad.

Se calculó el índice de diversidad de Simpson, basado en la dominancia, otorgando mayor peso a las especies más abundantes, el índice de diversidad de Shannon Wiener; basado en la equidad de las especies, el índice de diversidad de Margalef y la riqueza para las dos áreas bajo perturbación; determinada por alta o baja densidad de palma imperial.

Se calcularon los índices de diversidad de Simpson, Shannon Wiener, el índice de equidad de Simpson y el de Pielou, la diversidad de Margalef y la riqueza para el grupo de plantas trepadoras, en alta y baja perturbación. Los resultados del área de alta perturbación se muestran en la Tabla 52 y los resultados del área de baja perturbación en la Tabla 53.

En el área de alta perturbación, el índice de diversidad de Simpson fue 1.59 en el estrato inferior, 3.43 en el estrato medio y 1.91 en el estrato superior. El índice de equidad de Simpson tuvo valores de 0.53 en el estrato inferior, 0.57 en el estrato medio y 0.48 en el estrato superior.

Tabla 52

Índices de diversidad de Simpson y de Shannon Wiener, Índice de equidad de Simpson y de Pielou, índice de diversidad de Margalef y Riqueza de especies de plantas trepadoras en el área de alta perturbación

Área	Diversidad Simpson	Equidad Simpson	Diversidad Shannon Wiener	Equidad Pielou	Diversidad Margalef	Riqueza
EI	1.594	0.531	0.687	0.625	1.221	3
EM	3.430	0.572	1.441	0.804	1.381	6
ES	1.9114	0.478	0.862	0.622	1.504	4
TAD	2.287	0.381	0.944	0.659	1.384	6

Nota. Estrato inferior (EI), Estrato medio (EM), Estrato Superior (ES), Total Alta Densidad (TAD). Fuente: Méndez (2018).

Con el índice de diversidad de Shannon Wiener, los resultados fueron 0.69 en el estrato inferior, 1.44 en el estrato medio y 0.86 en el estrato superior. Mientras que el índice de equidad de Pielou tuvo valores de 0.63 en el estrato inferior, 0.80 en el estrato medio y 0.62 en el estrato superior. Se calculó la diversidad de Margalef y se obtuvo 1.22 para el estrato inferior, 1.38 en el estrato medio y 1.50 en el estrato superior. La riqueza fue 3 en el estrato inferior, 6 en el estrato medio y 4 en el estrato superior. (Tabla 52).

Tabla 53

Índices de diversidad de Simpson y Shannon Wiener, Índice de equidad de Simpson y de Pielou, índice de diversidad de Margalef y Riqueza de especies de plantas trepadoras en el área de baja perturbación

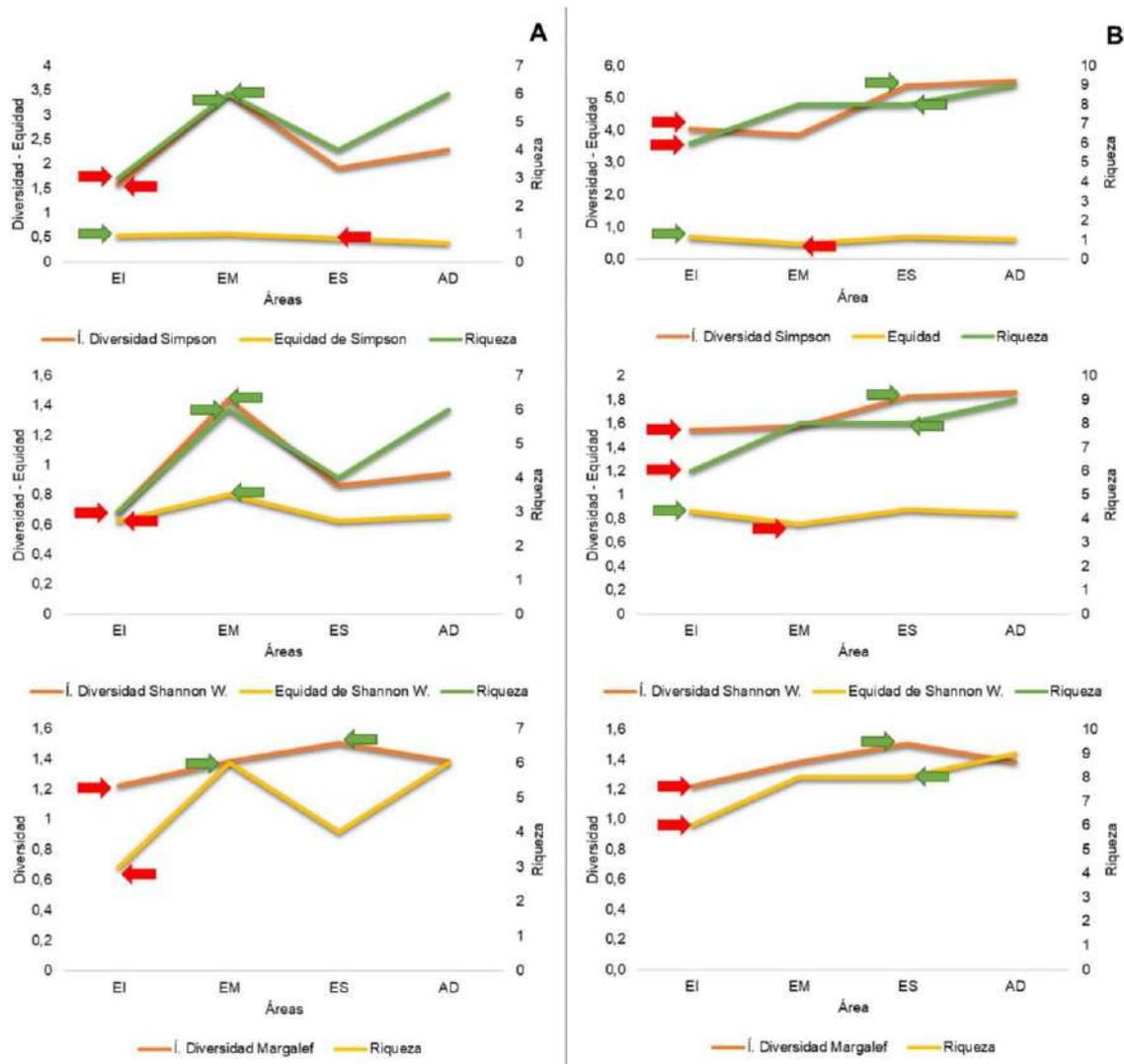
Área	Diversidad Simpson	Equidad Simpson	Diversidad Shannon Wiener	Equidad Pielou	Diversidad Margalef	Riqueza
EI	4.054	0.676	1.545	0.862	1.221	6
EM	3.850	0.481	1.576	0.758	1.381	8
ES	5.375	0.672	1.824	0.877	1.504	8
TBD	5.520	0.613	1.860	0.847	1.384	9

Nota. Estrato inferior (EI), Estrato medio (EM), Estrato Superior (ES), Total Baja Densidad (TBD). Fuente: Méndez (2018).

Al considerarse todos los estratos como un todo en el área de alta perturbación, el índice de diversidad de Simpson fue 2.29 y el índice de equidad fue 0.38. El índice de diversidad de Shannon Wiener fue 0.94 y el índice de equidad de Pielou fue 0.66. Y la diversidad de Margalef fue 1.38. Al considerarse todos los estratos en toda el área, la riqueza fue 6.

Figura 91

Índices de diversidad de Simpson, índices de diversidad de Shannon Wiener, Índice de equidad de Simpson, Índice de equidad de Pielou, índice de diversidad de Margalef y riqueza para las plantas trepadoras por estratos



Nota. (EI) estrato inferior, (EM) estrato medio, (ES) estrato superior y Total, en dos áreas con diferentes niveles de perturbación: (A) alta densidad-perturbación, (B) baja densidad-perturbación. Con flechas verdes ↓ se señala el área

donde los índices alcanzan mayor valor y el menor valor con flechas rojas ↓). Fuente: Méndez (2018).

Mientras que, en el área de baja perturbación (Tabla 53), el índice de diversidad de Simpson fue de 4.05 en el estrato inferior, 3.85 en el estrato medio y 5.38 en el estrato superior. En cuanto al índice de equidad de Simpson, se tuvo valores de 0.68 en el estrato inferior, 0.48 en el estrato medio y 0.67 en el estrato superior.

En el cálculo del índice de diversidad de Shannon Wiener, los resultados fueron 1.55 en el estrato inferior, 1.58 en el estrato medio y 1.82 en el estrato superior. Mientras que los valores del índice de equidad de Pielou obtenidos en esta área son de 0.86 en el estrato inferior, 0.76 en el estrato medio y 0.88 en el estrato superior. Se calculó índice de diversidad de Margalef y se obtuvo 1.22 para el estrato inferior, 1.38 en el estrato medio y 1.50 en el estrato superior. La riqueza fue 6 en el estrato inferior, 8 en el estrato medio y 8 en el estrato superior. (Tabla 53).

Al considerarse todos los estratos unidos del área de baja perturbación, el índice de diversidad de Simpson fue 5.52 y el índice de equidad de Simpson fue 0.61. Mientras que el índice de diversidad de Shannon Wiener fue 1.86 y el valor del índice de equidad de Pielou es 0.85. El índice de diversidad de Margalef fue 1.38. Al considerarse todos los estratos en toda el área, la riqueza fue 9.

La Figura 91 muestra en el área de alta perturbación (A), que el estrato medio contiene mayor diversidad y riqueza, tanto para el índice de diversidad de Simpson, Shannon W. y Margalef. Hubo mayor equidad en el estrato inferior, con el índice de Simpson y en el estrato medio con el índice de Pielou.

En el área de baja perturbación (B), el estrato superior contiene mayor diversidad para todos los índices y mayor riqueza. La mayor equidad se presentó en el estrato inferior, para ambos índices. Se muestran resultados de los índices de diversidad de Simpson y Shannon W. con sus respectivos valores de equidad y la diversidad de Margalef y la riqueza para toda la vegetación. Los resultados se

muestran en la Tabla 54 en el área de alta perturbación y en la tabla 55 en el área de baja perturbación.

Al considerar toda la vegetación, en el área de alta perturbación, el índice de diversidad de Simpson fue 1.19 en el estrato inferior, 9.57 en el estrato medio, 2.59 en el estrato superior y 1 en el estrato emergente. Mientras que los valores del índice de equidad de Simpson son de 0.11 en el estrato inferior, 0.56 en el estrato medio, 0.22 en el estrato superior y 1 en el estrato emergente (Tabla 54).

Tabla 54

Índices de diversidad de Simpson y Shannon Wiener, Índice de equidad de Simpson y de Pielou, índice de diversidad de Margalef y Riqueza del total de especies de plantas en el área de alta perturbación

Estrato	Diversidad Simpson	Equidad Simpson	Diversidad Shannon Wiener	Equidad Pielou	Diversidad Margalef	Riqueza
EI	1.186	0.109	0.959	0.400	1.426	11
EM	9.565	0.563	2.833	0.891	3.424	17
ES	2.591	0.216	2.142	0.862	2.457	12
EE	1.00	1.00	0	0	0	1
TAD	1.667	0.083	1.112	0.371	2.643	20

Nota. Estrato inferior (EI), Estrato medio (EM), Estrato Superior (ES), Estrato Emergente (EE), Total Alta Densidad (TAD). Fuente: Méndez (2018).

Con el índice de diversidad de Shannon Wiener los resultados fueron 0.96 en el estrato inferior, 2.83 en el estrato medio y 2.14 en el estrato superior. Con el índice de equidad de Pielou se obtuvieron valores de 0.40 en el estrato inferior, 0.89 en el estrato medio y 0.86 en el estrato superior. Se calculó la diversidad de Margalef y se obtuvo 1.43 para el estrato inferior, 3.42 en el estrato medio, 2.46 en el estrato superior, 0 en el estrato emergente y 2.64. La riqueza fue 11 en el estrato inferior, 17 en el estrato medio, 12 en el estrato superior y 1 en el estrato emergente.

Al considerarse toda el área de alta perturbación, el índice de diversidad de Simpson fue 1.67 y el de equidad de Simpson fue 0.08. Mientras que el índice de diversidad de Shannon Wiener fue 1.11 y el índice de equidad de Pielou fue 0.37, el índice de diversidad de Margalef fue 2.64 y la riqueza fue 20 (Tabla 54).

Mientras que, en el área de baja perturbación (Tabla 55), el índice de diversidad de Simpson fue de 1.13 en el estrato inferior, 6.55 en el estrato medio y 8.75 en el estrato superior. En relación con el índice de equidad de Simpson, los valores obtenidos son 0.06 en el estrato inferior, 0.29 en el estrato medio y 0.63 en el estrato superior.

Con el índice de diversidad de Shannon Wiener, los resultados fueron 0.35 en el estrato inferior, 2.30 en el estrato medio y 2.36 en el estrato superior. Mientras que los valores del índice de equidad de Pielou obtenidos son 0.13 en el estrato inferior, 0.73 en el estrato medio y 0.89 en el estrato superior. Se calculó la diversidad de Margalef y se obtuvo 2.07 para el estrato inferior, 3.80 en el estrato medio y 2.61 en el estrato superior. La riqueza de especies fue 17 en el estrato inferior, 23 en el estrato medio y 14 en el estrato superior (Tabla 55).

Tabla 55

Índices de diversidad de Simpson y Shannon Wiener, Índice de equidad de Simpson y de Pielou, Índice de diversidad de Margalef y Riqueza del total de especies de plantas en el área de baja perturbación

Estrato	Diversidad Simpson	Equidad Simpson	Diversidad Shannon Wiener	Equidad Pielou	Diversidad Margalef	Riqueza
EI	1.128	0.066	0.353	0.125	2.067	17
EM	6.545	0.285	2.299	0.733	3.796	23
ES	8.750	0.625	2.358	0.894	2.612	14
TBD	1.497	0.052	0.987	0.293	3.532	29
EI	1.128	0.066	0.353	0.125	2.067	17

Nota. Estrato inferior (EI), Estrato medio (EM), Estrato Superior (ES), Total Baja Densidad (TBD) (Méndez, 2018)

Al considerarse todos los estratos en cada una de las áreas, en el área de baja perturbación, el índice de Simpson fue 1.50 y su equidad fue 0.05. El índice de diversidad de Shannon Wiener fue 0.99 y su equidad 0.29. Y la diversidad de Margalef fue 3.53. Al considerar se todos los estratos del área, la riqueza fue 29.

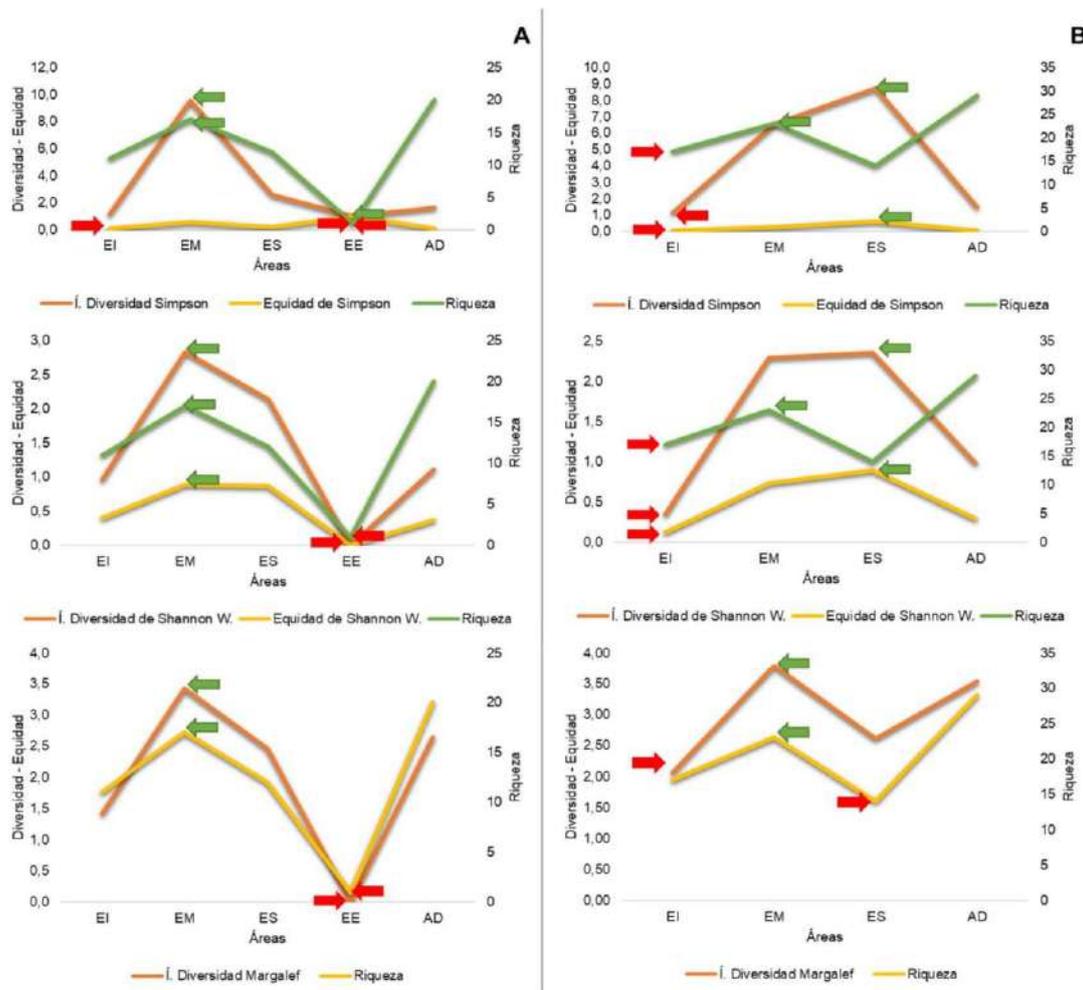
La Figura 92 muestra en el área de alta perturbación (A), el índice de diversidad de Simpson, índice de diversidad de Shannon Wiener y diversidad de Margalef, donde el estrato medio presenta la mayor diversidad y riqueza, el estrato emergente presenta el valor más bajo, con solo una especie. La equidad valorada por el índice de Simpson y Pielou muestran el estrato medio como el

más equitativo y hay una diferencia en el estrato emergente, aunque en este caso significa que no hay equidad que se pueda valorar con 1 sola especie presente.

Mientras que, en el área de baja perturbación (B) el índice de diversidad de Simpson, el índice de diversidad de Shannon Wiener, así como los índices de equidad de Simpson y de Pielou, alcanzaron mayores valores en el estrato superior. Cuando se tomó en cuenta todos los estratos como área total, estos valores disminuyeron.

Figura 92

Índices de diversidad de Simpson, índices de diversidad de Shannon Wiener, índice de equidad de Simpson, índice de equidad de Pielou, índice de diversidad de Margalef y riqueza de especies para la vegetación por estratos



Nota. (EI) estrato inferior, (EM) estrato medio, (ES) estrato superior y Total, en dos áreas con diferentes niveles de perturbación: (A) alta densidad-perturbación,

(B) baja densidad-perturbación. (Con flechas verdes ↓ se señala el área donde los índices alcanzan mayor valor y el menor valor con flechas rojas ↓).

Fuente: Méndez (2018).

La diversidad de Margalef y la riqueza fue mayor en el estrato medio, con valores superiores a 2, para el índice de diversidad de Margalef, pero no superiores a 5. Al considerar todos los estratos como área total, el índice de Margalef no fue mayor que el estrato medio, y no disminuyó con importancia.

3.2. Estructura Física de la Vegetación con Énfasis en la Synusia de Plantas Trepadoras

3.2.1. Clases de Altura

La estructura física vertical se pudo analizar mediante la elaboración de los espectros de clases de alturas (histogramas de clases de altura), lo que ayuda a comprender el arreglo espacial vertical. En la Figura 92 se puede observar los histogramas de clases de altura de las plantas trepadoras en alta perturbación y baja perturbación, en cada uno de los estratos.

En la Figura 93 se muestra que, en el área de alta perturbación, el estrato inferior tuvo clases de altura: de 0 a 0.5 m con 0 individuos, de 0.5 a 1 m con 51 individuos y de 1 a 1.5 m con 7 individuos. El estrato medio presentó clases de altura: de 1.5 a 3 m con 16 individuos, de 3 a 4 con 29 individuos y de 4 a 5 con 8 individuos. Finalmente, en el estrato superior hubo clases de altura: de 5 a 7 m con 0 individuos, de 7 a 9 individuos con 1 individuo y de 9 a 11 m con 24 individuos.

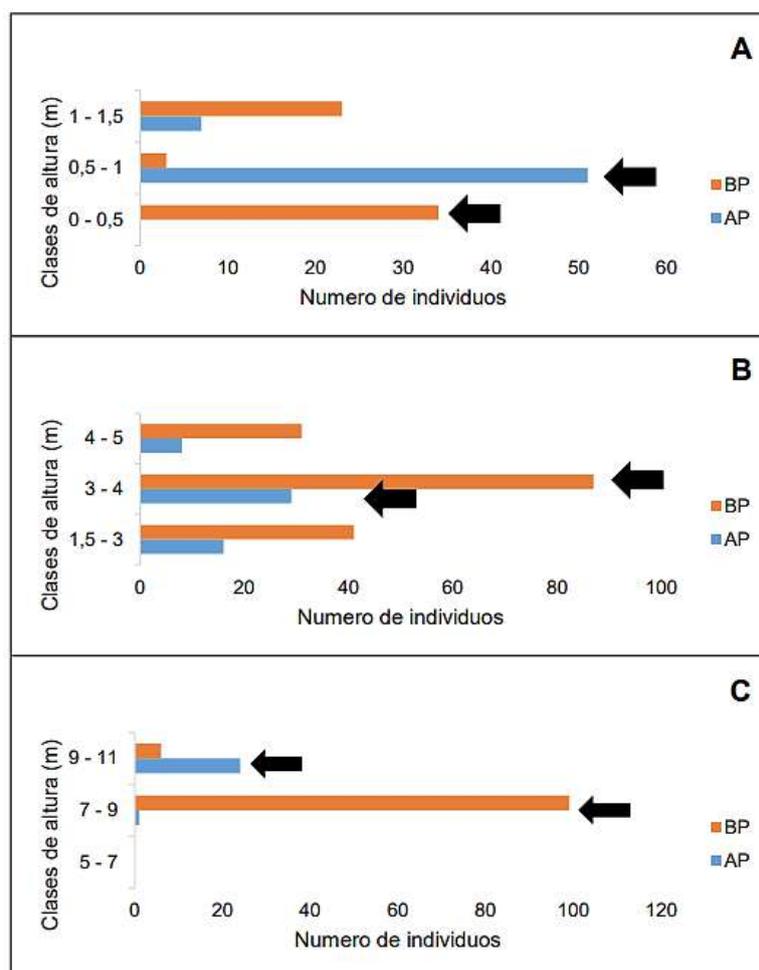
Mientras que, en el área de baja perturbación, el estrato inferior tuvo clases de altura: de 0 a 0.5 m con 34 individuos, de 0.5 a 1 m con 3 individuos y de 1 a 1.5 m con 23 individuos. El estrato medio presentó clases de altura: de 1.5 a 3 m con 41 individuos, de 3 a 4 m con 87 individuos y de 4 a 5 con 31 individuos. Finalmente, el estrato superior tuvo clases de altura: de 5 a 7 m con 0 individuos, de 7 a 9 m con 99 individuos y de 9 a 11 m con 6 individuos.

La Figura 93 muestra las clases de altura que presentan mayor número de individuos para el grupo de plantas trepadoras en cada estrato. En el área de

alta perturbación; en el estrato inferior (A), la clase de 0.5 a 1 m, en el estrato medio (B), la clase de 3 a 4 m y en el estrato superior (C) la clase de 9 a 11 m, fueron las clases con mayor número de individuos. Mientras que en el área de baja perturbación; en el estrato inferior (A), la clase de 0 a 0.5 m, en el estrato medio (B), la clase de 1.5 a 3 m y en el estrato superior (C), la clase de 7 a 9 m, fueron las clases con mayor número de individuos.

Figura 93

Histogramas de clases de altura para las especies de plantas trepadoras por estrato

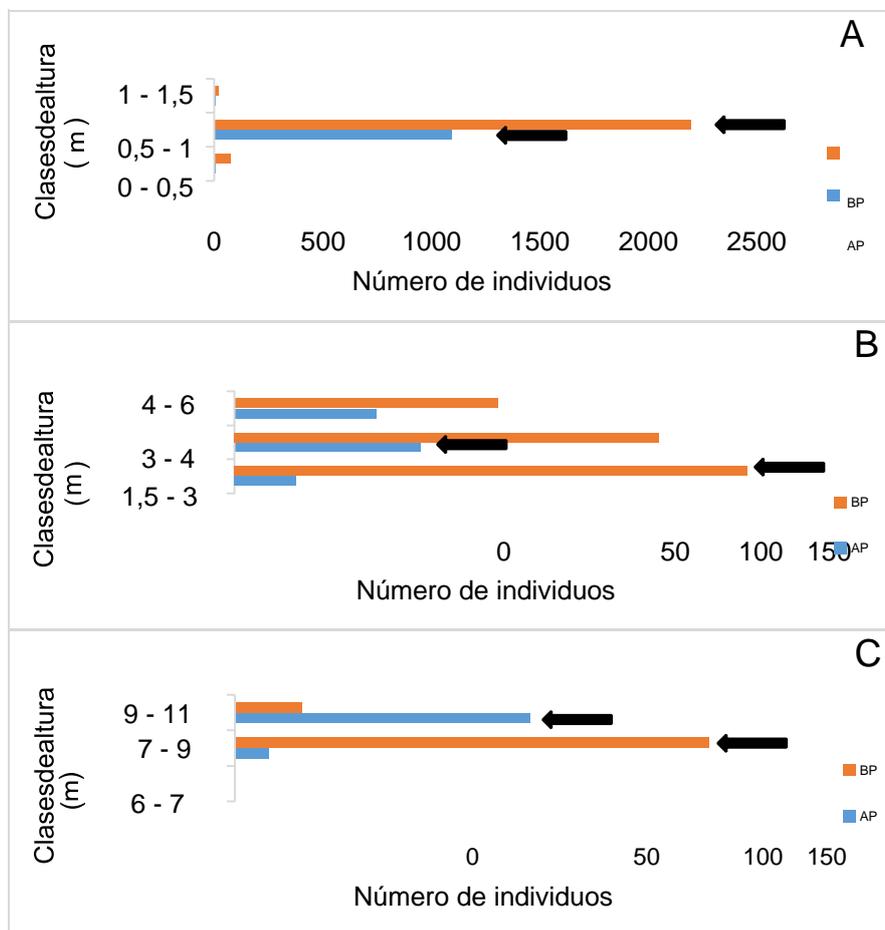


Nota. Estrato inferior (A) Estrato medio (B) y Estrato superior (C), en las dos áreas por nivel de perturbación: alta perturbación (AP, azul■), y baja perturbación (BP, naranja■). Las flechas negras señalan la clase de altura que contiene mayor número de individuos. Fuente: Méndez (2018).

En la Figura 94 se muestra que, en el área de alta perturbación, el estrato inferior tuvo por clases de altura: siete individuos (con altura de 0 a 0.5 m), 1097 individuos (con altura de 0.5 a 1 m) y nueve individuos (con altura de 1 a 1.5 m). El estrato medio presentó por clases de altura: 17 individuos (con altura de 1.5 a 3 m), 51 individuos (con altura de 3 a 4 m) y 39 individuos (con altura de 4 a 6 m). Finalmente, en el estrato superior hubo por clases de altura: nueve individuos (con altura 7 a 9 m) y 79 individuos (con altura de 9 a 11 m).

Figura 94

Histogramas de clase de altura para el total de las especies de plantas por estrato



Nota. estrato inferior (A), estrato medio (B) y estrato superior (C), en las dos áreas por nivel de perturbación: alta perturbación (AP, azul ■) y baja perturbación (BP, naranja ■). Las flechas negras señalan las clases con mayor número de individuos. (Méndez, 2018)

Mientras que, en el área de baja perturbación, el estrato inferior tuvo clases de altura: de 0 a 0.5 m con 79 individuos, de 0.5 a 1 m con 2199 individuos, de 1 a 1.5 m con 24 individuos. El estrato medio, presentó clases de altura: de 1.5 a 3 m con 140 individuos, de 3 a 4 m con 116 individuos y de 4 a 6 m con 72 individuos. Finalmente, en el estrato superior hubo clases de altura: de 6 a 7 m con 0 individuos, de 7 a 9 m con 127 individuos y de 9 a 11 m con 18 individuos.

En la Figura 94 también se observan las clases de altura que obtuvieron mayor número de individuos en cada uno de los estratos. En el área de alta perturbación; en el estrato inferior, la clase de 0.5 a 0.7 m, en el estrato medio, la clase de 3 a 4.5 m y en el estrato superior, la clase de 9 a 10 m, fueron las clases con mayor número de individuos. Mientras que, en el área de baja perturbación; en el estrato inferior, la clase de 0.5 a 0.7 m, en el estrato medio, la clase de 1.5 a 3 m y en el estrato superior la clase de 8 a 9 m, fueron las clases con mayor número de individuos.

3.2.2. Clases de Área Basal

La segunda variable para analizar estructura física fueron las clases de área basal, mediante la elaboración de histogramas, lo que ayuda a comprender el arreglo espacial horizontal. En la Figura 95 se puede observar los histogramas de área basal sobre plantas trepadoras en alta perturbación y baja perturbación, en cada uno de los estratos. Las clases de área basal fueron promediadas para la sistematización y representadas por estratos del muestreo.

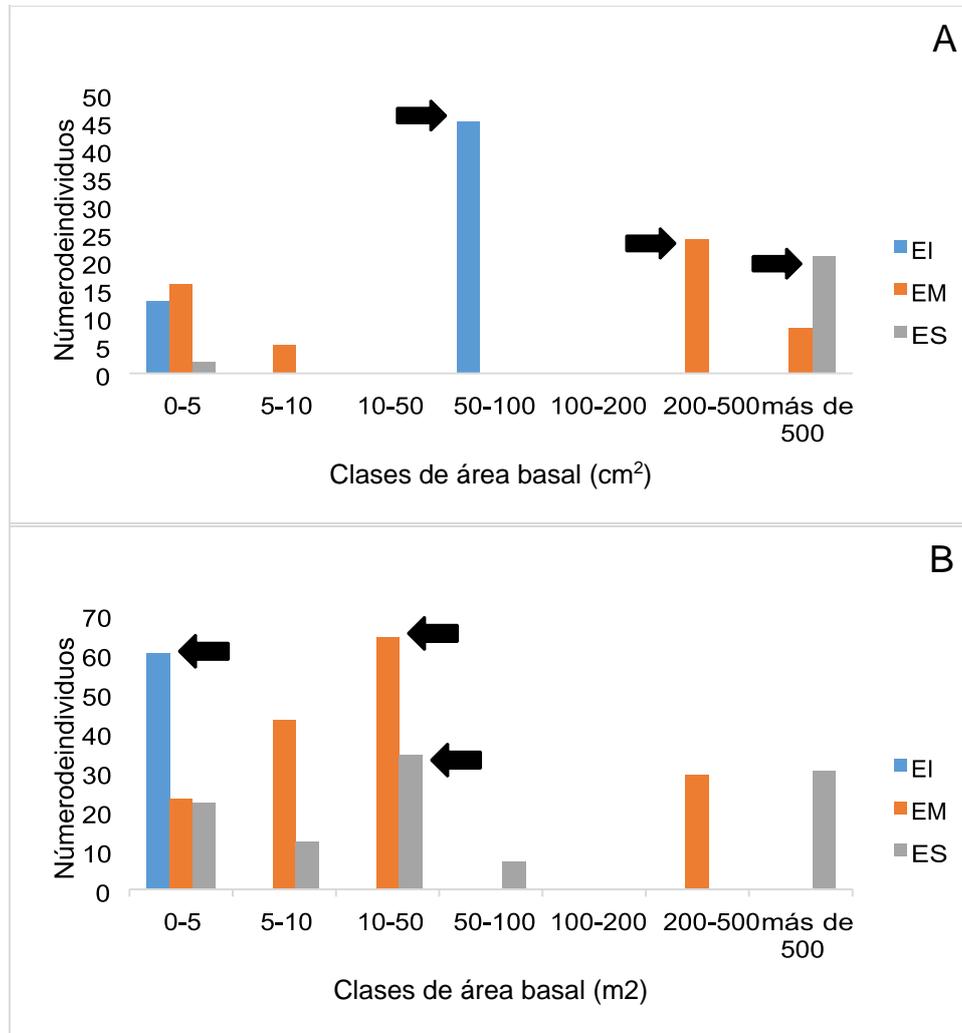
En la Figura 95A se muestra las clases de área basal con el número de individuos en el área de alta perturbación, con flecha negra se muestran la clase de área basal con mayor número de individuos en cada estrato. Las clases de área basal fueron: entre 0 y 5 centímetros cuadrados (cm^2) con 13 individuos y entre 50 y 100 cm^2 con 45 individuos en el estrato inferior, las demás clases de área basal no presentaron individuos.

Las clases de área basal entre 0 y 5 cm^2 con 16 individuos, entre 5 y 10 cm^2 con 5 individuos, entre 200 y 500 cm^2 con 24 individuos y más de 500 cm^2 con 8 individuos en el estrato medio, las demás clases de área basal no tuvieron

individuos. En el estrato superior, las clases de área basal fueron: entre 0 y 5 cm².

Figura 95

Histogramas del área basal para las especies de plantas trepadoras por estrato



Nota. estrato inferior (EI, azul ■), estrato medio (EM, naranja ■) y estrato superior (ES, gris ■) en las dos áreas por nivel de perturbación: alta perturbación (A) y baja perturbación (B). Con flechas negras se señala la clase de área basal con más individuos. Fuente: Méndez (2018).

Con 2 individuos y más de 500 cm² con 21 individuos, las demás clases de área basal no presentaron individuos.

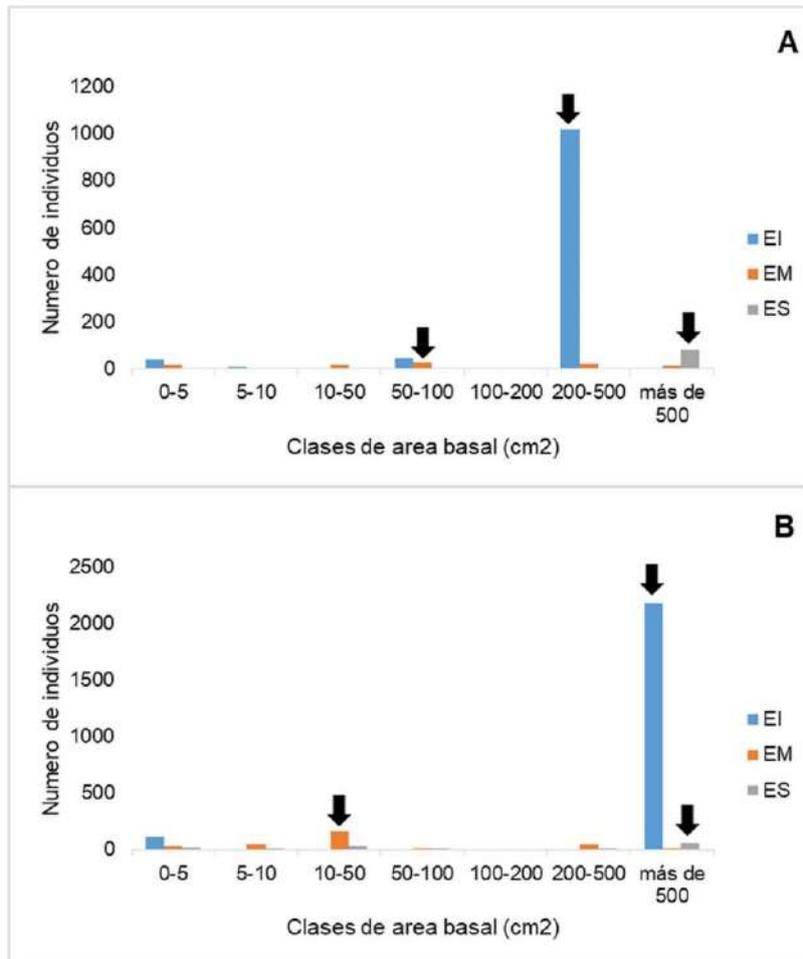
Mientras que, en el área de baja perturbación, la clase de área basal fue: entre 0 y 5 cm² con 60 individuos en el estrato inferior, las demás clases de área basal

no presentaron individuos. Las clases de área basal entre 0 y 5 cm² con 23 individuos, entre 5 y 10 cm² con 12 individuos, entre 10 y 50 cm² con 64 individuos y entre 200 y 500 cm² con 29 individuos, las demás clases de área basal no tuvieron individuos. (Figura 95B)

Finalmente, en el estrato superior las clases de área basal fueron: entre 0 y 5 cm² con 22 individuos, entre 5 y 10 cm² con 12 individuos, entre 10 y 50 cm² con 34 individuos, entre 50 y 100 cm² con 7 individuos y más de 500 cm² con 30 individuos, las demás clases de área basal no tuvieron individuos.

Figura 96

Histogramas del área basal para el total de las especies de plantas por estrato



Nota. estrato inferior (EI, azul ■), estrato medio (EM, naranja ■) y estrato superior (ES, gris ■), en las dos áreas por nivel de perturbación: alta perturbación (A) y baja perturbación (B). Con flechas negras se señala la clase de área basal con mayor número de individuos. Fuente: Méndez (2018).

En la Figura 96 se muestra las clases de área basal con el número de individuos, en el área de alta perturbación, con flechas negras se muestran las clases de área basal con mayor número de individuos en cada estrato. Las clases de área basal fueron: entre 0 y 5 cm² con 39 individuos, entre 5 y 10 cm² con 8 individuos, entre 50 y 100 cm² con 45 individuos y entre 200 y 500 cm² con 1021 individuos en el estrato inferior, las demás clases no presentaron individuos.

En el estrato medio las clases de área basal fueron: entre 0 y 5 cm² con 17 individuos, entre 5 y 10 cm² con 3 individuos, entre 10 y 50 cm² con 18 individuos, entre 50 y 100 cm² con 26 individuos, entre 100 y 200 cm² con 5 individuos, entre 200 y 500 cm² con 24 individuos y más de 500 cm² con 14 individuos. Las clases de área basal entre 0 y 5 cm² con 2 individuos, entre 10 y 50 cm² con 1 individuo, entre 50 y 100 cm² con 1 individuo, entre 200 y 500 cm² con 3 individuos y más de 500 cm² con 81 individuos, pertenecieron al estrato superior, las demás clases de área basal no presentaron individuos.

Mientras que, en el área de baja perturbación, las clases de área basal fueron: entre 0 y 5 cm² con 118 individuos y más de 500 cm² con 2184 individuos en el estrato inferior, las demás clases de área basal no presentaron individuos. En el estrato medio, las clases de área basal fueron: entre 0 y 5 cm² con 30 individuos, entre 5 y 10 cm² con 47 individuos, entre 10 y 50 cm² con 167 individuos, entre 50 y 100 cm² con 16 individuos, entre 200 y 500 cm² con 52 individuos y más de 500 cm² con 16 individuos, las demás clases de área basal no presentaron individuos.

Finalmente, las clases de área basal entre 0 y 5 cm² con 22 individuos, entre 5 y 10 cm² con 12 individuos, entre 10 y 50 cm² con 34 individuos, entre 50 y 100 cm² con 14 individuos, entre 200 y 500 cm² con 3 individuos y más de 500 cm² con 60 individuos, pertenecieron al estrato superior, las demás clases de área basal no tuvieron individuos.

3.2.3. Perfiles de Vegetación

Se representa toda la vegetación, de cómo se observó en el campo, en las parcelas muestreadas. Se muestra cuáles fueron las especies en dichas parcelas y que posición ocuparon en la estratificación.

En el área de alta perturbación se seleccionó la parcela VI para representar la vegetación, considerando lo que se observó en campo. En el área de alta perturbación se observa la presencia de palma imperial (*Roystonea oleracea*) y wedelia (*Sphagneticola trilobata*) principalmente (Figura 97).

Figura 97

Perfil de la vegetación del área de alta perturbación



Nota. El eje horizontal (x), representa la distancia y el eje vertical (y) la altura. (Estrato Inferior (E.I.), Estrato Medio (E.M.), Estrato Superior (E.S.) y Estrato Emergente (E.E.). Fuente: Méndez (2018).

El estrato inferior estuvo conformado principalmente por *Sphagneticola trilobata* (Wedelia), llegando aproximadamente a los 0.50 m de altura, aunque hubo otras plántulas de otras especies hasta 1.20 m aproximadamente. El estrato inferior no fue continuo debido a la influencia de las mareas, pero sí se encontró grandes parches discontinuos de Wedelia y pocos parches de otras especies de plantas.

El estrato medio se conformó por un mayor número de especies, de las cuales algunas de ellas también conformaron el estrato superior, como la palma imperial (*Roystonea oleracea*), mangle negro (*Avicenia germinans*) el compoño (*Albizia multiflora*). Un grupo de plantas trepadoras también conformó el estrato medio y superior, aunque no fueron las mismas especies del estrato medio, las que conforman el estrato superior.

El estrato medio alcanzó aproximadamente hasta los 6 m de altura, donde pocos individuos de la misma especie se agruparon formando parches, hubo uniformidad en la asociación de varias especies. El estrato superior estuvo conformado principalmente por compoño y *Avicennia germinans* (mangle negro), que a pesar de sus copas densas dejaron claros, obteniendo un dosel que no es continuo, alcanzaron hasta los 10 m de altura. En este estrato vuelven a aparecer la palma imperial y baja presencia de trepadoras.

Finalmente hubo un estrato emergente que superó los 12 m de altura, este estrato solo fue ocupado por las copas de las palmas imperiales, estas forman un estrato que no es continuo y se concentran en zonas particulares. En todos los estratos, menos en el emergente, apareció *Albizia multiflora*, entre el estrato medio y superior se encontraron diferentes plantas trepadoras y se observó que hubo mayor número de trepadoras desde el estrato inferior al medio, aunque no sean propiamente abundantes.

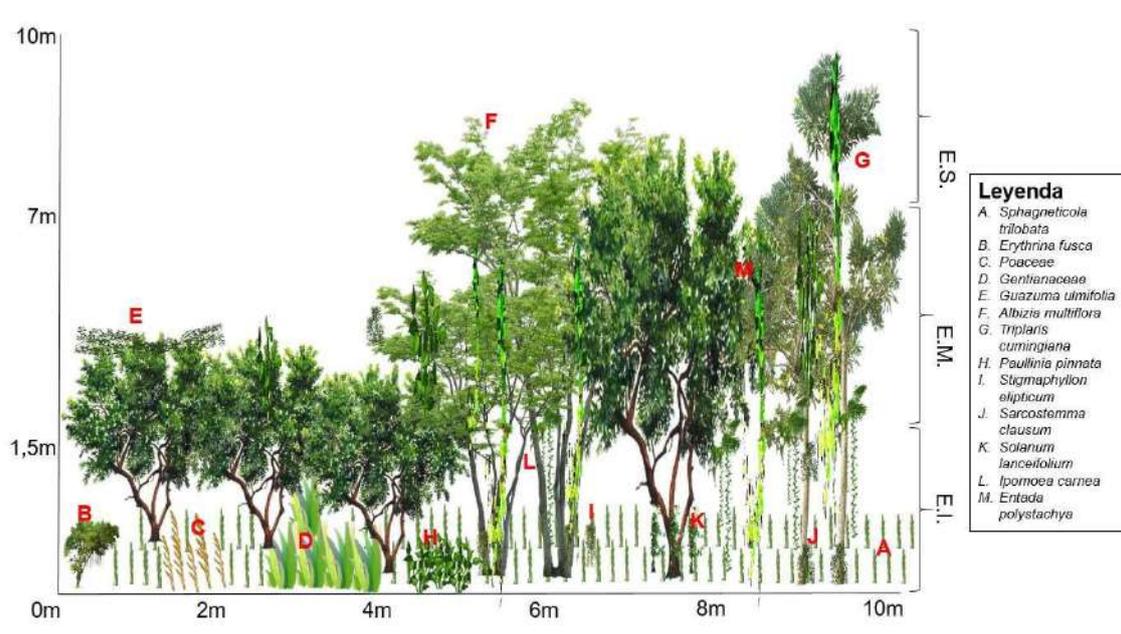
En el área de baja perturbación se seleccionó la parcela VI también, para comparar lo observado en campo, considerando en esta área; la disminución en la densidad de palma imperial, el aumento en la presencia de plantas trepadoras y el cambio en la distribución de wedelia (Figura 98).

El estrato inferior estuvo conformado por varias especies, en su mayoría trepadoras (al menos 5 especies diferentes), pero principalmente hubo mayor abundancia de wedelia. En el estrato inferior fue común una capa heterogénea de vegetación menos concentrada, alcanzando aproximadamente entre 0.5 y 1 m de altura. Aunque las trepadoras tuvieron mayores clases de altura, una especie de la familia *Gentianaceae* tuvo mayor clase de área basal.

En el estrato medio tuvo menor diversidad de especies, conformando principalmente por guasmo (*Guazuma ulmifolia*). Esta especie tuvo una distribución continua, sirviendo de soporte para la mayoría de plantas trepadoras, alcanzado aproximadamente una altura de 3 a 4 m. El estrato medio tuvo mayor número de plantas trepadoras, hubo más individuos en este estrato que en el estrato superior, pero no en el inferior, al considerar todas las especies de plantas.

Figura 98

Perfil de la vegetación del área de baja perturbación



Nota. El eje horizontal (x), representa la distancia y el eje vertical (y) la altura. (Estrato Inferior (E.I.), Estrato Medio (E.M.), Estrato Superior (E.S.) y Estrato Emergente (E.E.). Fuente: Méndez (2018).

El estrato superior estuvo conformado proporcionalmente por árboles y trepadoras, alcanzando aproximadamente los 7 m de altura. El Fernán Sánchez (*Triplaris cumingiana*) alcanzó mayor altura entre los árboles y menor área basal, su copa se extiende verticalmente dando paso a las brechas. El bejuco de agua (*Entada polystachya*) tuvo mayor altura y área basal entre las trepadoras, usando los diferentes arboles como soporte, reduciendo la luz por su área foliar.

3.2.4. Patrón de Dispersión

A continuación, se presentan los resultados del índice de Morisita para cada tratamiento (alta y baja densidad [perturbación] de palma imperial) y para el grupo de plantas trepadoras y toda la vegetación, con lo que pretendemos evidenciar el patrón de dispersión de las diferentes especies.

Tabla 56

Índice de Morisita de plantas trepadoras en el área de alta perturbación

Especies	Estrato Inferior		Estrato Medio		Estrato Superior		Estrato Emergente	
	I \bar{d}	Patrón	I \bar{d}	Patrón	I \bar{d}	Patrón	I \bar{d}	Patrón
<i>S. ellipticum</i>	-	-	10	Agregada	0	Regular	7.14	Agregada
<i>P. pinnata</i>	4.19	Agregada	1.5	Agregada	1.23	Agregada	1.8	Agregada
<i>S. clausum</i>	2.86	Agregada	4.7	Agregada	0	Regular	3.79	Agregada
<i>E. polystachya</i>	-	-	5.7	Agregada	3.05	Agregada	2.72	Agregada
<i>C. verticillata</i>	4	Agregada	0	Regular	0	Regular	2.14	Agregada
<i>S. lanceifolium</i>	-	-	10	Agregada	-	-	10	Agregada

Nota. (I \bar{d}): Índice de Morisita. Fuente: Méndez (2018).

La Tabla 56 muestra que en el estrato inferior las trepadoras presentaron un patrón de dispersión agregada, en el estrato medio la mayoría de especies presentaron dispersión agregada, menos *C. verticillata* con la que se obtuvo, un valor del Índice de Morisita que indica un patrón de dispersión regular. En el estrato superior *P. pinnata* y *E. polystachya* tuvieron dispersión agregada y las demás especies dispersión regular. Al considerarse todos los estratos en cada una de las áreas, las especies presentaron una dispersión agregada.

Tabla 57

Índice de Morisita de plantas trepadoras en el área de baja perturbación

Especies	Estrato Inferior		Estrato Medio		Estrato Superior		Total	
	I \bar{d}	Patrón	I \bar{d}	Patrón	I \bar{d}	Patrón	I \bar{d}	Patrón
<i>C. verticillata</i>	10	Agregada	8	Agregada	0	Regular	3.56	Agregada
<i>E. polystachya</i>	-	-	4.29	Agregada	1.47	Agregada	1.57	Agregada
<i>S. clausum</i>	4.12	Agregada	3.09	Agregada	5.69	Agregada	1.95	Agregada
<i>P. pinnata</i>	8.68	Agregada	6.59	Agregada	2.22	Agregada	2.78	Agregada
<i>S. ellipticum</i>	13.63	Agregada	20	Agregada	2.86	Agregada	3.63	Agregada
<i>I. carnea</i>	10	Agregada	6.15	Agregada	4.55	Agregada	3.10	Agregada
<i>S. lanceifolium</i>	9	Agregada	6.67	Agregada	7.67	Agregada	3.55	Agregada
T1	-	-	-	-	10	Agregada	10	Agregada
<i>M. umbellata</i>	-	-	10	Agregada	-	-	5	Agregada

Nota. (I \bar{d}): Índice de Morisita. Fuente: Méndez (2018).

En la Tabla 57 se muestra, que en el área de baja perturbación todas las especies de plantas trepadoras en el estrato inferior presentaron una dispersión agregada, en el estrato medio todas las especies mostraron una dispersión agregada y en el estrato superior la mayoría de especies presentó dispersión agregada, menos *C. verticillata* que mostró una dispersión regular. Al considerarse todos los estratos en cada una de las áreas, la dispersión de todas las especies fue agregada.

La Tabla 58 muestra que la mayoría de las especies tuvo una dispersión agregada, exceptuando las especies *M. pigra*, *E. uniflora* y *E. glaucum*, que tuvieron una dispersión regular, en el estrato inferior. En el estrato medio, la mayoría de especies presento una dispersión agregada, menos *R. oleracea*, *A. multiflora*, *A. germinans*, *G. ulmifolia*, *T. cumingiana*, *E. fusca* y *C. verticillata*, que tuvieron una dispersión regular.

Tabla 58

Índice de Morisita de las especies presentes en el área de alta perturbación

Especies	Estrato Inferior		Estrato Medio		Estrato Superior		Estrato Emergente		Total	
	I \bar{D}	Patrón	I \bar{D}	Patrón	I \bar{D}	Patrón	I \bar{D}	Patrón	I \bar{D}	Patrón
<i>S. trilobata</i>	3.68	Agregada	-	-	12	Agregada	-	-	2.06	Agregada
<i>M. pigra</i>	0	Regular	-	-	-	-	-	-	6.66	Agregada
<i>R. oleracea</i>	10	Agregada	0.89	Regular	10	Agregada	1.70	Agregada	1.57	Agregada
<i>E. uniflora</i>	0	Regular	1.21	Agregada	-	-	-	-	1.28	Agregada
<i>E. glaucum</i>	20	Agregada	1.33	Agregada	-	-	-	-	0.48	Regular
<i>A. multiflora</i>	20	Agregada	0	Regular	1.54	Agregada	-	-	1.19	Agregada
<i>A. germinans</i>	4.91	Agregada	1.63	Agregada	-	-	-	-	1.74	Agregada
<i>Psidium sp.</i>	-	-	3.33	Agregada	-	-	-	-	1.00	Aleatorio
<i>C. ruiziana</i>	-	-	4	Agregada	-	-	-	-	0.94	Regular
<i>G. ulmifolia</i>	-	-	-	-	0	Regular	-	-	0	Regular
<i>T. cumingiana</i>	-	-	-	-	3.33	Agregada	-	-	1.94	Agregada
<i>E. fusca</i>	-	-	0	Regular	0	Regular	-	-	0	Regular
<i>C. amoenum</i>	30	Agregada	-	-	-	-	-	-	10	Agregada
<i>G. spinosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0	Regular
<i>S. ellipticum</i>	-	-	-	-	1.63	Agregada	-	-	1.08	Agregada
<i>P. pinnata</i>	12.58	Agregada	3.04	Agregada	1.23	Agregada	-	-	1.88	Agregada
<i>P. clausum</i>	8.57	Agregada	9.39	Agregada	-	-	-	-	3.79	Agregada
<i>E. polystachya</i>	-	-	11.43	Agregada	3.05	Agregada	-	-	2.72	Agregada
<i>C. verticillata</i>	12	Agregada	3.65	Regular	-	-	-	-	2.10	Agregada
<i>S. lanceifolium</i>	-	-	20	Agregada	-	-	-	-	10	Agregada

Nota. (I \bar{D}): Índice de Morisita. Fuente: Méndez (2018).

La mayoría de especies en el estrato superior, presentaron una dispersión agregada, menos *Sp1*, *E. glauca*, *Sp3*, *S. ellipticum*, *S. clausum* y *C. verticillata* que tuvieron una dispersión regular. *R. oleracea* tuvo una dispersión agregada en el estrato emergente, fue la única especie presente. Al considerarse todos los estratos en cada una de las áreas, la mayoría de especies presentaron una dispersión agregada, menos *E. glaucum*, *G. ulmifolia*, *E. fusca* y *Sp3* que tuvieron una dispersión regular, *Sp1* tuvo una distribución aleatoria.

Tabla 59

Índice de Morisita de las especies presentes en el área de en baja perturbación

Especies	Estrato Inferior		Estrato Medio		Estrato Superior		Total	
	I \bar{d}	Patrón	I \bar{d}	Patrón	I \bar{d}	Patrón	I \bar{d}	Patrón
<i>S. trilobata</i>	2.33	Agrupada	7.5	Agrupada	-	-	1.66	Agrupada
<i>E. fusca</i>	0	Regular	10	Agrupada	2.78	Agrupada	1.43	Agrupada
<i>M. pigra</i>	10	Agrupada	3.83	Agrupada	-	-	1.40	Agrupada
<i>A. multiflora</i>	0	Regular	8	Agrupada	2.18	Agrupada	1.21	Agrupada
<i>Gentianaceae</i>	3.47	Agrupada	-	-	-	-	3.47	Agrupada
<i>Psidium Sp.</i>	0	Regular	6.15	Agrupada	-	-	2.64	Agrupada
<i>P. guachapele</i>	-	-	0	Regular	3.33	Agrupada	1.67	Agrupada
<i>G. ulmifolia</i>	-	-	3.03	Agrupada	0.71	Regular	0.63	Agrupada
<i>P5</i>	0	Regular	-	-	-	-	0	Regular
<i>P. juliflora</i>	-	-	1.78	Agrupada	0	Regular	0.61	Agrupada
<i>S. saman</i>	-	-	0	Regular	-	-	10	Agrupada
<i>Loranthaceae</i>	-	-	0	Regular	-	-	10	Agrupada
<i>T. cumingiana</i>	-	-	0	Regular	1	Aleatorio	0.48	Agrupada
<i>C. amoenum</i>	11.25	Agrupada	-	-	-	-	3.75	Agrupada
<i>A. germinans</i>	-	-	0	Regular	-	-	0	Regular
<i>E. glaucum</i>	-	-	0	Regular	-	-	0	Regular
<i>Poaceae</i>	30	Agrupada	0	Regular	-	-	7.5	Agrupada
<i>P7</i>	0	Regular	-	-	-	-	0	Regular
<i>C. rotundus</i>	30	Agrupada	-	-	-	-	10	Agrupada
<i>E. uniflora</i>	-	-	0	Regular	-	-	0	Regular
<i>C. verticillata</i>	10	Agrupada	8	Agrupada	0	Regular	3.56	Agrupada
<i>E. polystachya</i>	-	-	4.29	Agrupada	1.47	Agrupada	1.57	Agrupada
<i>S. clausum</i>	4.12	Agrupada	3.09	Agrupada	5.69	Agrupada	1.95	Agrupada
<i>P. pinnata</i>	8.68	Agrupada	6.59	Agrupada	2.22	Agrupada	2.78	Agrupada
<i>S. ellipticum</i>	13.64	Agrupada	20	Agrupada	2.86	Agrupada	3.63	Agrupada
<i>I. carnea</i>	10	Agrupada	6.15	Agrupada	4.55	Agrupada	3.10	Agrupada
<i>S. lanceifolium</i>	9	Agrupada	6.67	Agrupada	7.67	Agrupada	3.55	Agrupada
<i>T1</i>	-	-	-	-	10	Agrupada	10	Agrupada
<i>M. umbellata</i>	-	-	10	Agrupada	-	-	5	Agrupada

Nota. (I \bar{d}): Índice de Morisita. Fuente: Méndez (2018).

Mientras que, la Tabla 59 muestra que, en el área de baja perturbación, la mayoría de las especies presento una dispersión agregada, menos *E. fusca*, *A. multiflora*, *P1*, *P5*, y *P7* que tuvieron una dispersión regular. En el estrato inferior, la mayoría de especies presentó una dispersión agregada, menos *P.*

guachapele, *S. saman*, *P. pedunculata*, *T. cumingiana*, *A. germinans*, *E. glaucum*, *P6* y *E. uniflora* que presentaron una dispersión regular.

La mayoría de las especies presentó una dispersión agregada, menos *G. ulmifolia*, *P. juliflora* y *C. verticillata* que presentaron una dispersión regular, mientras que *T. cumingiana* presentó una dispersión aleatoria en el estrato superior. Al considerarse todos los estratos en cada una de las áreas, la mayoría de especies presentó una dispersión agregada, menos *P5*, *A. germinans*, *P7*, y *E. uniflora*, *G. ulmifolia* que presentaron una dispersión regular.

3.3. Análisis Estadístico y Comprobación de Hipótesis

Los resultados obtenidos fueron sometidos a la prueba de Kruskal Wallis y a la prueba de Mann-Whitney, con una confiabilidad del 95% (0.05 nivel de significancia), lo que quiere decir que cada vez que se realizó la prueba, si el resultado de alfa fue menor a 0.05 se rechazó la hipótesis nula (H_0) y se aceptó la hipótesis ecológica. Cuando el valor de alfa fue mayor a 0.05 no se rechazó la H_0 .

Se realizaron 4 análisis para encontrar diferencias significativas entre las variables; la primera prueba fue comparar las variables obtenidas por estratos en cada área (Kruskal Wallis), la segunda prueba fue comparar cada estrato entre alta y baja perturbación, la tercera prueba fue cada variable al considerar todos los estratos como área total entre alta y baja perturbación y la cuarta prueba fue al considerar todos los estratos, estas tres últimas fueron sometidas a la prueba de U Mann-Whitney.

Las pruebas se realizaron tanto para el grupo de plantas trepadoras y para la vegetación integral, para las siguientes variables: Abundancia, frecuencia, densidad, cobertura, clase de altura y clases de área basal. Ambas pruebas estadísticas se realizaron con el Software Minitab (2021).

La Tabla 60 muestra el resultado del análisis estadístico, cuando se comparó las variables de las plantas trepadoras dentro de la misma área en todos los estratos; es decir para cada variable se contrasta los tres estratos de alta perturbación y luego en baja perturbación.

Tabla 60

Análisis estadístico comparando los estratos, considerando los atributos de las plantas trepadoras, en cada una de las áreas con diferente nivel de perturbación

Variables	Alta perturbación			Baja perturbación		
	p	H	gl	p	H	gl
Abundancia	0.355	2.07	2	0.392	1.87	2
Frecuencia	0.851	0.32	2	0.912	0.19	2
Densidad	0.574	1.11	2	0.917	0.17	2
Cobertura	0.512	1.34	2	0.972	0.06	2
Clases de Altura	0.038	6.54	2	0.00	15.23	2
Clases de Área basal	0.335	2.19	2	0.023	7.55	2

Nota. p: probabilidad, H: prueba de hipótesis, gl: grados de libertad. En color verde se muestra donde se aprueba la hipótesis alternativa. Fuente: Méndez (2018).

Se encontró diferencia significativa entre las medias de las siguientes variables: clases de altura y clases de área basal. Estas diferencias solo ocurrieron en el área de baja perturbación, mientras que, solo hubo diferencias significativas en las clases de altura en el área de alta perturbación.

Tabla 61

Análisis estadístico comparando los atributos de las plantas trepadoras por estrato entre las dos áreas con diferente nivel de perturbación

Variables	Estrato inferior			Estrato medio			Estrato superior		
	IC	W	p	IC	W	p	IC	W	p
Abundancia	-11.00;2.99	75	0.34	-29.00;2.99	70	0.18	-16.00;0.00	60.5	0.02
Frecuencia	-9.68;15.32	81	0.72	-13.89;8.62	79.5	0.62	-12.00;6.00	72.5	0.25
Densidad	-18.35;5.35	75	0.34	-13.85;12.58	82	0.78	-15.24;4.00	68.5	0.13
Cobertura	-3.6;0.09	73	0.25	-2.45;2.00	75.5	0.39	-5.80;0.12	67.5	0.11
Clases de Altura	-0.50;0.16	75	0.34	-3.223;0.61	70.5	0.19	-8.198;1.05	77	0.47
Clases de Área basal	-0.14;0.16	77	0.45	-8.6;17.4	77.5	0.50	-39.6;30.3	70.5	0.19

Nota. IC: intervalos de confianza, W: prueba de hipótesis, p: probabilidad. En color verde se muestra donde se aprueba la hipótesis alternativa. Fuente: Méndez (2018).

La Tabla 61 muestra el análisis estadístico cuando, se comparó los atributos de las plantas trepadoras de cada uno de los estratos entre las dos áreas; bajo diferentes niveles de perturbación.

Se encontró diferencias significativas en la abundancia del estrato superior, cuando se comparó cada estrato entre las dos áreas.

La Tabla 62 muestra el análisis estadístico, cuando se comparó las variables dentro de la misma área en todos los estratos; es decir, para cada variable se contrasta los tres estratos de alta perturbación y luego de baja perturbación.

Tabla 62

Análisis estadístico comparando los estratos, considerando los atributos de las plantas presentes en la vegetación, en cada una de las áreas con diferente nivel de perturbación

Variables	Entre estratos de la misma área					
	Alta perturbación			Baja perturbación		
	p	H	Gl	p	H	Gl
Abundancia	0	20.3	3	0.198	3.23	2
Frecuencia	0	19.2	3	0.497	1.4	2
Densidad	0	25.4	3	0.017	8.1	2
Cobertura	0	22.5	3	0.008	9.77	2
Clases de Altura	0.000	25.5	3	0.003	11.6	2
Clases de Área basal	0	22.2	3	0.017	8.11	2

Nota. p: probabilidad, H: prueba de hipótesis, gl: grados de libertad. En color verde se muestra donde se aprueba la hipótesis alternativa. Fuente: Méndez (2018).

Se encontró diferencias significativas en todas las variables para el área de alta perturbación. Mientras que, en el área de baja perturbación no hubo diferencias significativas en la abundancia y la frecuencia.

Tabla 63

Análisis estadístico comparando los atributos de las especies de plantas en la vegetación por estrato entre las dos áreas con diferente nivel de perturbación

Variables	Estrato inferior			Estrato medio			Estrato superior		
	IC	W	p	IC	W	p	IC	W	p
Abundancia	-1.0;0.00	497	0.9577	-3.00;3.00	507.5	0.88	-2.002;0.000	497.5	0.965
Frecuencia	-1.432;2.27	520	0.6789	-0.664;3.573	558	0.23	-1.321;2.942	521.5	0.649
Densidad	-0.043;0.25	518	0.7106	-0.000;3.740	600	0.04	-0.693;1.136	512.5	0.794
Cobertura	-0.001;0.03	635.5	0.0004	-0.156;3.391	724.5	0.00	-0.002;0.617	534	0.460
Clases de Altura	-0.0561;0.25	514	0.7748	-1.059;1.057	512	0.81	-0.000;1.805	558.5	0.209
Clases de Área basal	-0.00;0.001	548.5	0.2658	-0.0001;0.003	558	0.24	-0.000;0.009	540.5	0.386

Nota. IC: intervalos de confianza, W: prueba de hipótesis, p: probabilidad. En color verde se muestra donde se aprueba la hipótesis alternativa. Fuente: Méndez (2018).

La Tabla 63 muestra el análisis estadístico, de los atributos de todas las especies de plantas presentes en la vegetación cuando se compararon cada uno de los estratos entre las dos áreas, bajo diferentes niveles de perturbación.

Se encontraron diferencias significativas en la cobertura en el estrato inferior y medio, y en la densidad del estrato medio. Para el resto de variables y estratos no se encontró diferencias significativas.

4. Discusión

Se determinaron todas las variables tanto para plantas trepadoras, como para el resto de la vegetación presente en las áreas seleccionadas de isla Santay, con la finalidad de poder contrastar la información obtenida y comprender mejor las comunidades vegetales.

Nueve especies representa la riqueza total de la synusia de plantas trepadoras, pertenecientes a siete familias, en una superficie de 0.1 ha muestreada, considerando tanto el área de alta como de baja perturbación. Hubo mayor riqueza en el área de baja perturbación, con nueve especies, pertenecientes a siete familias, mientras que en alta perturbación la riqueza fue menor, con seis especies pertenecientes a seis familias.

La riqueza de especies total encontrada, de plantas trepadoras, es ligeramente superior a la encontrada por Hauenstein et al. (2002), en los humedales de las costas de Tolten (Chile), de siete especies, pertenecientes a siete familias. En este estudio solo se caracterizó la vegetación con la finalidad de lograr la inclusión de este humedal como RAMSAR.

Sin embargo, es ligeramente menor a la riqueza encontrada en un bosque pantanoso de Chaguaramal (*Roystonea oleracea*), donde se censó una superficie de 0.4 ha y se encontraron 10 especies de plantas trepadoras, pertenecientes a 10 familias (Colonnello et al., 2012), de estas especies reportadas dos son iguales a las encontradas en nuestro estudio (*Paullinia pinnata* y *Cissus verticillata*).

De igual manera, Oliveira et al. (2014) encontraron 24 especies de trepadoras, pertenecientes a 15 familias, en un área muestral de aproximadamente 0.11 ha, de los humedales de las llanuras de inundación de los bosques ribereños del centro-oeste de Brasil, en proceso de regeneración, bajo la influencia de la inundación y fuego. De las especies reportadas en este estudio cuatro son iguales a las reportadas en nuestro estudio (*Merremia umbellata*, *P. pinnata*, *Ipomoea carnea* y *C. verticillata*).

En otros ecosistemas se han reportado riquezas de especies de plantas trepadoras menores, como en el Bosque Mesófilo de Montaña al suroeste de Jalisco, México, donde Santiago-Pérez et al. (2009), identificaron un total de seis especies pertenecientes a tres familias. Lo cual puede ser relevante para evaluar el papel y la dinámica de las trepadoras en los ecosistemas.

P. pinnata fue la especie más abundante en el área de alta perturbación, mientras que, *Sarcostema clausum* e *I. carnea* fueron las más abundantes en el área de baja perturbación. El estrato inferior tuvo mayor número de individuos en el área de alta perturbación, allí *P. pinnata* fue la más abundante, mientras que, el estrato medio tuvo mayor número de individuos en el área de baja densidad, con *I. carnea* como la más abundante.

Las trepadoras muestran una abundancia menor en las áreas de mayor perturbación, como sucede en el estudio de Addo-Fordjour, Duah, & Agbesi (2013). La abundancia en cada una de las áreas es mayor a la reportada por Muthuramkumar (2002) en un bosque tropical perennifolio. Mientras que, en el bosque húmedo tropical “La Selva” (Mascaro et al., 2004) hubo mayor abundancia que el área de alta perturbación.

En este mismo estudio sobre trepadoras; Mascaro et al. (2004) reportaron a *P. pinnata* entre las 10 más abundantes, en “La Selva”. Mientras que, *S. clausum* se muestra como una de las especies destacadas en la planicie aluvial y la vega de inundación de la isla Palmar, Edo. Zulia, Venezuela (Fernández, Guzmán, y Colonnello, 2007), además, se obtuvo como abundante dentro del grupo de lianas y epifitas del Cayo Santa María, Cuba (Monzón et al., 2001).

Por su parte, Mandal & Joshi (2014), señalaron a *I. carnea* como una especie arbustiva poco abundante en un bosque decíduo en el Himalaya Occidental, invasiva de zonas de gran disturbio. Al parecer en ambientes de menor humedad las trepadoras son menos abundantes, pero sustancialmente importantes (Schnitzer & Bongers, 2002)

En el área de alta perturbación, la especie menos abundante fue *Solanum lanceifolium*, mientras que, en el área de baja perturbación, la especie menos abundante fue *Merremia umbellata*. Ambas especies solo presentaron individuos en el estrato medio. Estas especies no están reportadas en el Plan de Manejo de Isla Santay. Aunque, Rubio & Vasquez Rodriguez (2013) las reportaron en Guayas en el bosque seco Protector Prosperina.

A diferencia de nuestro estudio, Menéndez Carrera & Guzmán Menéndez (2006) y Menéndez Carera (2013), registraron a *M. umbellata*, como una de las especies más abundantes en el manglar del archipiélago cubano, parte del sistema de áreas protegidas. De igual forma *S. lanceifolium*, fue señalada como una de las especies más abundantes en un arroyo de Agua Fría, en el estado de Colima, México (Velarde et al., 2008).

La especie más abundante en el área total de alta perturbación (*P. pinnata*) no aumentó en su abundancia en el área de baja perturbación. Tampoco aumentó la abundancia en ninguno de los estratos. Hubo diferencias significativas en la abundancia entre los estratos de alta perturbación, en el estrato medio entre alta y baja perturbación, y entre todos los estratos entre alta y baja perturbación al considerar la vegetación integral.

En el área de alta perturbación, *P. pinnata* fue la trepadora con mayor frecuencia en total y en cada uno de los estratos (inferior, medio y superior). Mientras que, en el área de baja perturbación, *S. clausum* y *P. pinnata* fueron las más frecuentes en el estrato inferior, *I. carnea* fue la trepadora más frecuente en el estrato medio y *Entada polystachya* la trepadora más frecuente en el estrato superior.

Al considerar el área de baja perturbación en total, *P. pinnata* fue la trepadora con mayor frecuencia, en una superficie más extensa de muestreo (0.5 ha) del humedal “El Pantanal”, ubicado al sur del Brasil y dominado por “carandá” (*Copernicia alba*), *P. pinnata*, fue la especie más frecuente (Amador et al., 2012).

En otros ecosistemas, como el bosque seco protector La Prosperina, Rubio y Vasquez Rodriguez (2013) reportaron *P. pinnata* como una de las especies menos frecuentes. También se han reportado diferentes especies de plantas trepadoras con mayor frecuencia de aparición comparativamente, bajo diferentes condiciones; en áreas protegidas, como especies exóticas, nativas e invasivas, con la introducción de una especie y bajo perturbación urbana (Villagra et al., 2013, Burnham & Santanna, 2015, Pincheira-Ulbrich et al., 2012, Brice, Bergeron & Pellerin, 2014).

Cissus verticillata se reporta como una especie rara o poco frecuente, en un bosque de palmas, donde también se reporta *Roystonea oleracea* (Colonnello et al., 2012), de igual forma, en nuestro estudio esta especie es la menos frecuente en el estrato superior en el área de baja perturbación. En el estrato inferior de esta misma área, *I. carnea* es la menos frecuente y en el estrato medio *S. ellipticum*.

Mientras que, en el área de alta perturbación, *C. verticillata* es la especie menos frecuente en los estratos donde aparece (inferior y medio), pero no es la menos frecuente al considerar el área total, que en este caso es *S. lanceifolium*. La especie más frecuente en alta perturbación sigue siendo la especie más frecuente en baja perturbación al considerar el área total y en el estrato inferior, aunque su frecuencia disminuye en ambos casos.

En los otros dos estratos (medio y superior), desde el área de baja perturbación, la especie más frecuente del estrato medio (*I. carnea*) no apareció en el estrato medio del área de baja perturbación y la especie más frecuente en el estrato superior del área de baja perturbación (*E. polystachya*) fue menos frecuente en el área de alta perturbación. Hubo diferencias significativas al considerar el total de la vegetación en las relaciones detalladas en los resultados.

En ambas áreas, *P. pinnata* presentó mayor cobertura en el estrato inferior, mientras que, en el estrato medio y superior, *E. polystachya* fue la especie de mayor cobertura. Al considerar ambas áreas en total, *E. polystachya* fue la especie de mayor cobertura, mientras que *C. verticillata*, fue la especie de menor cobertura en el estrato inferior de ambas áreas, diferente a lo encontrado en el bosque de palmas anegado, en el estado de Sucre, Venezuela, donde *C. verticillata* presentó una cobertura promedio (Colonnello et al., 2012).

En el estrato medio, *C. verticillata*, se mantuvo como la especie de menor cobertura solo en el área de alta perturbación.

Mientras que, en el área de baja perturbación, *M. umbellata* fue la trepadora de menor cobertura en el estrato medio, *S. clausum*, fue la especie de menor cobertura en el estrato superior de alta perturbación y *C. verticillata*, en el estrato superior de baja perturbación. Al considerar el área total, *C. verticillata* fue la especie de menor cobertura en el área de alta perturbación y *M. umbellata*, en el área de baja perturbación.

Cuando se estimó la densidad relativa, *P. pinnata*, fue la trepadora de mayor densidad en el área de alta perturbación, en cada estrato y en el área total. No fue así, en el área de baja perturbación, en el estrato medio, donde *I. carnea* fue

la especie de mayor densidad, en el estrato superior *E. polytachya*, presentó la mayor densidad y *P. pinnata* tuvo la mayor densidad en el estrato inferior de igual forma que en la otra área. Cuando se consideró el área total *S. clausum*, fue la trepadora más densa.

Entre ambas áreas, en el estrato inferior, *C. verticillata* fue la especie de menor densidad, en el estrato medio de alta perturbación esta especie permaneció como la menos densa, pero, en baja perturbación la especie menos densa fue *S. ellipticum*. Nuevamente en esta área, *C. verticillata* fue la especie menos densa en el estrato superior, mientras que, en el estrato superior de alta perturbación, *S. clausum* fue la especie de menor densidad.

Al considerar el área en total, la especie de menor densidad fue *S. lanceifolium*, en el área de alta perturbación y *M. umbellata*, en el área de baja perturbación. En otros estudios la densidad se expresa como el número de tallos sobre la superficie, si este fuera el caso, sumando la superficie de muestreo en cada área de perturbación, habría 9200 individuos en 1 ha, 2.720 en el área de alta perturbación y 6.480 en el área de baja perturbación.

Esta densidad es superior a la encontrada en la cuenca del bosque experimental de Yona, Okinawa, donde el número de ramas por hectárea es 91 (Kusumoto et al., 2008). En las áreas protegidas: Reserva Biológica Alto da Serra de Paranapiacaba y Parque Natural Municipal Nascentes de Paranapiacaba del bosque atlántico de Brasil, la densidad no fue mayor a nuestros resultados con 914 y 1.546 individuos/ha⁻¹ respectivamente (Villagra et al., 2013).

Mascaro et al (2004) obtuvieron un total de 340 individuos / ha⁻¹ en un bosque húmedo tropical en Costa Rica, siendo inferior a la densidad reportada en este estudio en Isla Santay. En la Amazonia central, se reportó mayor densidad en bosques secundarios con 2.147 individuos / ha⁻¹ que, en bosques primarios con 1.025 individuos / ha⁻¹ (Roeder et al., 2010) en ambos casos se obtuvo menor densidad que en isla Santay, esto resalta la diferencia entre ecosistemas y entre ambientes bajo perturbación.

La región Sarapiquí (norte de Costa Rica) está clasificado como un bosque tropical húmedo de tierras bajas, allí se muestrearon 30 lugares diferentes de 0.1 ha, extrapolando para 1 ha para cuantificar la dinámica en la sucesión del bosque. Los bosques entre 15 y 20 años de edad tuvieron la mayor densidad de lianas con 1500 individuos / ha (Letcher & Chazdon, 2009), lo cual es menor a la densidad en isla Santay.

P. pinnata solo presento un aumento en la densidad en el estrato medio, del área de alta perturbación, *I. carnea* fue la especie más densa en el estrato medio del área de baja perturbación y estuvo ausente en el área de alta perturbación. *E. polystachya* fue la más densa en el estrato superior del área de baja perturbación y si mostro un aumento en la densidad del área de alta perturbación hacia baja perturbación.

De igual forma, considerando la vegetación del área total, *S. clausum* fue la especie más densa en el área de baja perturbación. Hubo diferencias significativas al considerar toda la vegetación en las relaciones expuestas en los resultados.

Por otra parte, el Índice de Valor de Importancia, como un índice robusto, permite definir la importancia y por ende la importancia de cada una de las especies presentes en cada área experimental (Quinn & Keough, 2002).

La especie más importante fue *P. pinnata*, en el área de alta perturbación, en cada uno de los estratos y en el área total. *C. verticillata*, fue la especie menos importante en el estrato inferior y medio, en el estrato superior la especie menos importante fue *S. clausum*. En el área total la especie de menor importancia fue *S. lanceifolium*.

Mientras que, en el área de baja perturbación, *P. pinnata* fue una de las menos importante en cada uno de los estratos y en el área total, solamente fue la más importante en el estrato inferior. En el estrato medio, superior y en el área total, *E. polystachya* fue la más importante.

Las especies menos importantes en el área de baja perturbación fueron: *I. carnea*, *S. lanceifolium*, *C. verticillata* y *T1* (no identificada, del género *Ipomoea*), en el estrato inferior, medio, superior y en el área total, respectivamente.

El estudio de Bano et al. (2016) reportaron a la especie *P. pinnata* entre las 10 especies más raras, pero este estudio no fue solo de trepadoras, se realizó en las colinas de Beer a orillas del río Indo en Pakistán. Si consideramos el total de la vegetación en nuestro estudio, esta especie no está entre las 10 más raras en ninguna de las áreas y en ninguno de los estratos.

En el bosque húmedo tropical La Selva en Costa Rica, también encontraron a *P. pinnata*, como una especie rara o con un valor de importancia bajo (Mascaro et al., 2004), mientras que *S. clausum*, es una de las especies menos importantes en un humedal artificial, consecuencia de la intervención antrópica en Maracaibo, Venezuela. Esta especie también fue la menos importante en el estrato superior del área de alta perturbación en nuestro estudio.

Por su parte Colonnello et al., (2012), trabajando en un chaguaramal, (humedal nativo dominado por *R. oleracea*), del estado Sucre, Venezuela, señalaron a *P. pinnata*, como una de las especies raras, considerando toda la vegetación.

En este estudio, la importancia de *P. pinnata*, disminuye con la perturbación, caso contrario ocurre en el bosque lluvioso tropical en Malasia, Ghana, donde, Addo-Fordjour et al. (2012), señalaron que la importancia de esta especie es mayor en zonas muy perturbadas y mencionan como perturbación, la agricultura, la minería y la tala ilegal; esta última actividad también se da en isla Santay, pero no ha sido considerada como perturbación.

En otro bosque subtropical del Himalaya occidental, India, *I. carnea* resultó como una de las especies menos importantes (Dangwal et al., 2012), igual que en nuestro estudio en el área de baja perturbación considerando el total de la vegetación. En este estudio se tomó como perturbación, el pastoreo, la poda, la eliminación de basura y el incendio forestal, aunque no se especifica un nivel de perturbación como el nuestro, los bosques de Himalaya son los más agotados del planeta.

Mientras que, en el humedal de Jharokh, India, Talukdar (2017), realizó un estudio sobre macrófitas como indicadores de las actividades antropogénicas (perturbación), tales como sedimentación excesiva, intrusión, construcción, etc., señalando a *P. pinnata* como una especie dominante en pre-monzón, mientras que nuestros resultados fue una especie poco dominante en el área de baja perturbación.

Finalmente, *S. clausum* fue una de las especies raras o poco importantes en el humedal de la planicie costera central de Veracruz, México (Moreno-Casasola et al., 2010; 2011), coincidiendo con nuestros resultados, que dan como poco importante en el estrato superior de alta perturbación cuando se consideran solo plantas trepadoras. Cuando se considera el total de la vegetación, mostró mayor valor de importancia, pero no estaría entre las más importantes en ambas áreas.

Otras de las características de las comunidades de plantas presentes en cada una de las áreas muestreadas analizadas fueron la riqueza, equidad y diversidad de especies. La diversidad se estimó por los índices de Simpson y Shannon, con las respectivas fórmulas de equidad, en el caso del índice de Shannon, se suele usar el índice de Pielou (J) para igualdad o equidad.

La diversidad fue mayor en el área de baja perturbación, según ambos índices, en cada uno de los estratos y en el área total, en el caso de la equidad, solamente en el estrato medio del área de alta densidad hubo mayor equidad con ambos índices.

Reddy & Parthasarathy (2003) estudiaron 4 áreas con diferentes niveles de perturbación, en los bosques tropicales perennes al sur de India, y estimaron el menor valor del índice diversidad de Simpson, pero el mayor índice de diversidad de Shannon y equidad en la superficie de mayor perturbación obtuvo.

En nuestro estudio el área más perturbada tuvo también la menor diversidad y contiene menor número de especies, con una dominancia menos específica, diferente con el área de mayor perturbación donde solamente una especie es dominante.

Ibarra-Manríquez & Martínez-Ramos (2002), en la Reserva Biológica Chajul Tropical, al sureste de México, levantaron parcelas en cuatro áreas, una de las cuales fue planicie de inundación, donde el área de muestreo fue de 0.15 ha, obteniendo en promedio, mayor diversidad con el índice de Simpson y menor diversidad con el índice de Shannon, guardando una relación inversa con nuestro estudio, posiblemente por las diferencias en la riqueza.

El estudio de Moreno-Casasola et al. (2010), en varios humedales de Veracruz, México, estimaron valores del índice de diversidad de Shannon entre 0.5 y 2.50, tres de los humedales estudiados alcanzaron diversidades cercanas 2.50, considerada como una diversidad baja. En nuestro caso, en el área de alta perturbación, el estrato superior alcanzó un valor superior a 2.50, mientras en el área de baja perturbación, todos los valores del índice de diversidad estuvieron por debajo de 2.50 para la vegetación total, menor a la mencionada.

En ambas áreas de nuestro estudio, la vegetación total alcanzó baja diversidad por el índice de Shannon y alta equidad al menos en el estrato medio y superior. Ambos estratos y el total de la vegetación en el área de mayor perturbación de nuestro estudio mostraron mayor diversidad por este índice, aunque como se menciona esto es considerado una diversidad baja.

Villagra et al. (2013) encentraron mayor equidad por el índice de Shannon en el parque natural municipal "Nascentes de Paranapiacaba", Brasil, sugiriendo un ambiente heterogéneo. Nuestros valores de equidad son inferiores al mencionado en el área de mayor perturbación y superiores en el área de menor perturbación, en ambos casos se considera heterogéneo.

El estudio de Alves Rezende (2005) presentó valores similares a los que calculamos en el área de mayor perturbación por el índice de equidad de Shannon, indicando que, a pesar de ser un valor alto de equidad, la abundancia de individuos es desigual, esto sucede igual con *P. pinnata* también, que representó más del 63% de la abundancia de individuos.

En cuanto a la equidad por el índice de Simpson, Barik et al. (2015), obtuvieron el mayor valor del índice en el bosque templado, que, en los bosques tropicales

y subtropicales, siendo ambas equidades grandes. Esta equidad es superior a la obtenida en nuestro estudio en cada uno de los estratos y áreas. También fue inferior a la equidad obtenida en 4 bosques secos de hoja perenne sometidos a diferentes disturbios en las costas del sur de India (M S Reddy & Parthasarathy, 2003).

El índice de biodiversidad de Margalef mantiene un comportamiento similar al expresado por los índices de diversidad de Simpson y de Shannon; indicando que el área de menor perturbación alcanza mayor diversidad, menos en el estrato medio, incluso en la vegetación total el área de baja perturbación alcanza mayor diversidad.

García & Sánchez (2006) presentan un valor del índice de diversidad de Margalef, en un estudio de las formaciones vegetales pluviales, allí detallan lianas como tipo biológico en un matorral pluvial montano. Los valores que obtuvieron tanto en sequia como en lluvia, son superiores a los calculados en nuestro estudio en cada uno de los estratos y en la vegetación total de ambas áreas.

Qi et al. (2013) analizaron el impacto de actividades antropogénicas sobre las lianas en 3 zonas diferentes, encontrando que, en el bosque antiguo, con menor perturbación, obtuvieron el mayor valor por el índice de diversidad de Margalef, mientras que la zona del jardín normal mostró el menor valor. Como sucede en nuestro estudio con el área de menor perturbación, se estima una mayor diversidad.

Al considerar la vegetación del área total de baja perturbación, el índice de diversidad de Margalef obtenido fue superior al reportado por La Roca Cervigón & Hurtado Soler (2012) en el Alcornocal de Mosquera, España, donde solo se tomaron en cuenta las trepadoras leñosas.

En este mismo sentido, Tng et al. (2016) muestran un valor mucho más grande del índice de Margalef en su estudio sobre plantas vasculares; haciendo referencia a un grupo de trepadoras, en los bosques lluviosos tropicales, del Observatorio de la Selva Daintree en Australia, posiblemente por el estado de

desarrollo más avanzado, entre otros factores como la extensión superficial y el método de muestreo (permanente).

Por otro lado, al considerar el arreglo espacial de los individuos de las plantas trepadoras en ambas áreas experimentales, tenemos que la mayoría de plantas trepadoras mostraron un patrón de dispersión agrupado en ambas áreas de perturbación, de igual forma reportan Sridhar Reddy & Parthasarathy (2006), en los bosques perennifolios secos tropicales de la península de India, en donde tan solo una especie mostró una dispersión regular. En otro estudio en un bosque tropical siempre verde de India, también se mostró mayoritariamente un patrón de dispersión agregado y uniforme, ninguno fue aleatorio (Muthuramkumar & Parthasarathy, 2002).

Así mismo, la mayoría de especies trepadoras mostraron un patrón de dispersión agregado, en el área más perturbada hubo pocas especies con un patrón de dispersión regular, en los bosques secos tropicales siempre-verdes, al sur de la costa en India (Reddy & Parthasarathy, 2003). En nuestro estudio se pudo evidenciar un comportamiento similar en las especies del área de mayor perturbación, especialmente entre el estrato medio y superior.

En el arreglo espacial de las especies se considera el área ocupada por cada una de ellas, determinado por el área basal de las mismas y como estas especies se encuentran ocupando verticalmente el espacio donde se encuentran mediante su categorización en clases de altura (Quinn & Keough, 2002).

En el área de alta perturbación, la clase de área basal entre 50 y 100 cm² fue la clase con mayor número de individuos en el estrato inferior, la clase entre 0 y 5 cm² en el área de baja perturbación. En el estrato medio, la clase entre 200 y 500 cm² en el área de alta perturbación, mientras que en el área de baja perturbación la clase entre 10 y 50 cm² fueron las que presentaron mayor número de individuos.

Finalmente, en el estrato superior, la clase con más de 500 cm² en el área de alta perturbación, mientras que, en el área de baja perturbación, la clase entre 10 y 50 cm² fueron las que tuvieron mayor número de individuos. Aquí existieron

diferencias significativas entre todos los estratos y en el área de baja perturbación.

En el área de alta perturbación el mayor número de individuos se encontró en las clases de área basal de mayor magnitud, mientras que en la de baja perturbación fue, al contrario. En promedio el área de baja perturbación tuvo menor área basal, diferente a lo reportado en el bosque tropical en Ghana, según Addo-fordjour, Duah, & Agbesi (2013), en donde el área basal promedio es más alta en las parcelas de menor perturbación.

Además, nuestros resultados en cada área por separado, indicó un área basal promedio mayor que el reportado por Kusumoto et al. (2008) en la Cuenca de bosque experimental (Yona) de Okinawa, Japón. En este estudio no se mencionó nada sobre niveles de perturbación, pero al ser un bosque secundario, fue sometido a perturbación (Begon et al., 2006).

Entre las clases de altura de ambas áreas experimentales, en cada uno de los estratos, las clases con mayor número de individuos fueron: de 0.5 a 1 m, de 3 a 4 m y de 7 a 9 m en los estratos inferior, medio y superior, respectivamente. Por estratos, en el estrato inferior la clase entre 0.5 y 1m tuvo mayor número de individuos en el área de alta perturbación, mientras que, la clase entre 0 a 0.5 m fue la clase con mayor número de individuos en el área de baja perturbación.

En el estrato medio, las trepadoras de la clase de altura entre 3 y 4m presentó el mayor número de individuos para ambas áreas. En el estrato superior la clase entre 9 y 11m tuvo mayor número de individuos en el área de alta perturbación, mientras que, en el área de baja perturbación la clase entre 7 y 9m presentó mayor número de individuos.

Así mismo, en el área de baja perturbación, el estrato inferior y medio, presentaron el mayor número de individuos en la mayor clase de altura, en contraste con el área de baja perturbación. Para el caso del estrato superior, fue opuesto, donde el mayor número de individuos en la clase de altura mayor se encuentran en el área de alta perturbación.

Araujo-Murakami et al. (2009) reportaron las lianas como una de las 7 clases altimétricas, en un bosque de llanura y palmar de pantano en el Parque Nacional Madidi, Bolivia. Esta clase de altura (lianas), no presentó mayor número de individuos al menos en el estrato inferior y medio de nuestras áreas experimentales.

En otro estudio en bosque seco semidecíduo, del mismo parque Nacional Madidi, Bolivia, la clase altimétrica lianas presentó mayor número de individuos (Torrez Flores et al., 2008) que los que obtenidos en nuestro estudio. De igual forma sucede en el bosque subandino xérico Anmi Madidi, donde Fuentes Claros et al. (2004), determinaron que el número de individuos de todas las clases de altura del estrato medio y superior fueron inferiores a las de nuestro estudio.

En la misma zona, Quintana (2005) reportó en una parcela permanente, de bosque amazónico pre-andino, un número de individuos menor en la clase de altura de lianas, que el obtenido en este estudio.

En los bosques temporalmente inundables de Yucatán, México, Pinto et al, (2017) reportaron mayor número de individuos en la clase altimétrica de 1.5 a 4.5 m, que en nuestro estudio se encontró representada en las clases del estrato medio, y ninguna de las clases de altura mostró un número de individuos superior en la vegetación de ninguna de las dos áreas experimentales.

En el bosque húmedo montano “Masha-Anderacha” en el Suroeste de Etiopía, Yeshitela & Bekele, (2003), realizaron un levantamiento florístico de la vegetación leñosa incluyendo trepadoras, encontrando que la clase de altura con mayor número de individuos fue la clase entre 5.1 y 10 m, además, el número de individuos en el estrato medio, superior y en el total fueron superiores a los obtenidos en este estudio.

Finalmente, en otros trabajos donde se consideren a las plantas trepadoras, utilizando otros análisis estadísticos, no se encontraron diferencias significativas entre variables como el aumento del área basal de las lianas cuando aumenta el diámetro del árbol soporte (Campanello et al., 2007), o el aumento de la infestación de lianas a diferentes alturas (Homeier et al., 2010), así como

también, la variación de la riqueza y la abundancia de especies trepadoras en 4 áreas sometidos a diferentes niveles de perturbación (Anbarashan & Parthasarathy, 2013).

Mascaro et al. (2004), utilizando otras variables, como la variación en la densidad, diversidad y mortalidad de las especies de plantas trepadoras un bosque primario comparado con áreas sometidas a deforestación, no obtiene diferencias significativas. Mientras que, Shanches & Valio (2002), tampoco obtuvo diferencias significativas al comparar el tamaño de las hojas, masa de las hojas y masa del tallo entre diferentes especies de plantas trepadoras bajo el dosel.

En el presente estudio no se encontró diferencias significativas al comparar diferentes variables asociadas a la synusia de las plantas trepadoras, pero si se pudo evidenciar dichas diferencias al considerar toda la vegetación. Cuando comparamos variables obtenidas con las especies de plantas trepadoras, obtuvimos las diferencias significativas entre las clases diamétricas y de altura principalmente.

5. Conclusiones

Se identificaron nueve especies de plantas trepadoras en las parcelas estudiadas, sin embargo, esto no representa la totalidad de las especies de trepadoras en la isla Santay.

Hay mayor abundancia de individuos de la synusia de plantas trepadoras en comparación con otros estudios, siendo el área de menor perturbación la que presenta mayor número de individuos, particularmente en el estrato medio, mientras que, en el área de mayor perturbación, las trepadoras muestran una mayor abundancia de individuos, principalmente el estrato inferior.

P. pinnata es la especie más abundante en el área de mayor perturbación en cada estrato, mientras que, en el área de menor perturbación *S. clausum*, *I. carnea* y *E. polystachya* son las más abundantes en el estrato inferior, medio y superior, respectivamente.

Hay mayor densidad en el área de menor perturbación, el estrato medio es el más denso en ambas áreas. En el área de mayor perturbación *P. pinnata* es la más densa en todos los estratos, mientras que, en el área de menor perturbación, *P. pinnata*, *I. carnea* y *E. polystachya* son las más densas en el estrato inferior, medio y superior, respectivamente.

P. pinnata es la especie con mayor frecuencia en todos los estratos del área más perturbada, lo que la convierte en una especie pionera en el proceso de recuperación natural. Mientras que, en el área de menor perturbación, en cada estrato tienen mayor frecuencia diferentes especies. *S. clausum* e *I. carnea* en el estrato medio, *S. clausum* en el estrato medio y *E. polystachya* en el estrato superior.

En el área más perturbada hay mayor cobertura, en la cual, la mayor cobertura en todos los estratos la presenta *P. pinnata*. Mientras que, en el área de menor perturbación, *P. pinnata* presenta la mayor cobertura en el estrato inferior y *E. polystachya* es la especie que presenta mayor cobertura en los estratos medio y superior.

Las especies más importantes son *P. pinnata* y *E. polystachya* en alta y baja perturbación respectivamente. Las especies raras son *C. verticillata* en el estrato inferior y medio y *S. clausum* en el estrato superior de alta perturbación. Mientras que, *I. carnea* en el estrato inferior, *S. ellipticum* en el estrato medio e *Ipomoea* sp. En el estrato superior, fueron las especies más raras del área de baja perturbación.

Los índices de diversidad de Simpson, Shannon-Wiener y Margalef son superiores en el área de baja perturbación, este último solamente es superior en el estrato medio del área de mayor perturbación.

Los valores de los respectivos índices equidad, son superiores en el estrato inferior y superior del área menos perturbada. El índice de equidad de Shannon alcanza valores superiores al índice de equidad de Simpson, obteniendo que el reparto en el número de individuos de especies es homogéneo al menos en el área menos perturbada.

La gran mayoría de especies de trepadoras presentaron un patrón de dispersión agregado, como sucede con el resto de estudios. Las especies poco abundantes, presentaron un patrón de dispersión regular. Las clases de altura con mayor número de individuos en magnitudes mayores se alcanzaron en el área de baja densidad para el estrato inferior y medio. Es decir que, un mayor número de individuos alcanzan más altura en el área menos perturbada.

Existen diferencias biológicas entre ambas áreas, debido a la influencia de la palma imperial. Solo hay mayor cobertura, área basal, equidad por el índice de Simpson y Shannon en el estrato medio e índice de biodiversidad de Margalef en el estrato medio en el área de alta perturbación.

Capítulo VI. Estructura y Diversidad de Especies de Plantas Exóticas en Isla Santay

Resumen

Esta investigación tiene como objetivo la determinación de la estructura y diversidad de la synusia de especies de plantas exóticas encontradas en el humedal RAMSAR de la isla Santay en la provincia del Guayas. Mediante este estudio se aportará información significativa sobre las especies exóticas presentes en el humedal RAMSAR de isla Santay. La metodología utilizada consiste en muestreos al azar y luego sistematizados y estratificados en dos áreas de experimentación de media hectárea, bajo dos niveles de perturbación, alto y bajo. En cada área experimental se ubicaron aleatoriamente 10 parcelas de 10x5 m² donde se estudió el estrato superior, 2 parcelas de 2x2 m² para el estrato medio y 3 parcelas de 1x1 m² donde se consideró el estrato inferior. Los principales resultados obtenidos fueron: la identificación de seis especies de plantas exóticas, con una abundancia de individuos de 3494. Se calculó la diversidad y equidad utilizando los índices de Simpson y Shannon-Wiener, con ambos índices para la synusia de plantas exóticas, se obtuvo una diversidad baja con menos de 0.5 y un índice de equidad bajo, la estructura determinada por el I.V.I., indica que la especie exótica de mayor importancia es *Sphagneticola trilobata* en las dos áreas experimentales. Las especies exóticas están distribuidas en todos los estratos, en su mayoría en forma agrupada. Se realizó un muestreo adicional utilizando la ciclovía del área protegida como transecto, donde también se identificaron seis especies exóticas diferentes. Comparando ambos niveles de perturbación se encontró una diferencia significativa en cuanto a la abundancia de individuos.

Palabras claves: *Abundancia, alien, dispersión, equidad, riqueza.*

1. Introducción

Las investigaciones sobre las especies exóticas han crecido en los últimos años, debido a la magnitud de impactos que tienen las mismas alrededor del mundo para la conservación de la biodiversidad (Sala et al. 2000). Los ecosistemas en América Latina y el Caribe se han enfrentado a las invasiones por especies exóticas de manera similar al resto del mundo (Grupo Especialista en Invasiones Biológicas [GEIB], 2009; Pauchard et al. 2011).

El Consejo Internacional para la Ciencia (ICSU) ha reconocido que la información sobre especies exóticas invasoras en esta región varía fuertemente de acuerdo con el país y la intensidad de la investigación (ICSU, 2009). Al tratarse de países en desarrollo, el grado de conocimiento sobre invasiones biológicas por especies exóticas depende del grado de conciencia ambiental y las prioridades de investigación, de hecho, se conoce que la mayor parte de la investigación sobre especies introducidas se realiza en países desarrollados (Nuñez & Pauchard, 2010).

A pesar de ello Pauchard et. al. (2011), reportaron que las investigaciones sobre invasiones biológicas en América Latina y el Caribe se han desarrollado fuertemente en los últimos años, abordando problemáticas básicas sobre especies exóticas (genética, taxonomía, ecología, biogeografía), así como también sus implicancias para la conservación, sin embargo, hasta el 2008 los países con mayor número de publicaciones sobre el tema como son: Argentina, Brasil, Chile y México con más de 41 artículos publicados en los últimos 20 años, seguidos por Venezuela y en sexto lugar Ecuador con menos de 20 publicaciones, dando a entender que en estos países se han realizado menos de un artículo por año.

Los países antes mencionados han centrado sus estudios en especies animales introducidas más que en especies vegetales exóticas. Las especies de plantas exóticas más estudiadas en América Latina y el Caribe pertenecen a las familias Asteraceae, Poaceae, Fabaceae y Pinaceae (Pauchard et. al, 2011).

En Ecuador los esfuerzos sobre el desarrollo de investigaciones sobre especies exóticas se han concentrado en ciertas áreas protegidas, en su mayoría en las Islas Galápagos, elaborando una lista de las especies exóticas invasoras en el país, tanto especies vegetales como animales (Corporación Centro de Datos para la Conservación (CDC), 2008). En este trabajo con la colaboración del Ministerio de Ambiente de Ecuador, se visitaron las ciudades de: Quito, Loja, Cuenca, Guayaquil y La Península de Santa Elena, para la recolección de datos, elaborando un listado con 133 especies de plantas exóticas con potencial invasivo en el país.

Entre las ciudades de Guayaquil y Durán, en medio del río Guayas, se encuentran dos islas que han sido parte importante de la historia de esta región: la isla Santay y la isla Gallo. Formadas originalmente por la acumulación de sedimentos, estas islas están ocupadas por árboles de manglar principalmente. La comunidad vegetal de la Isla está compuesta por especies nativas típicas de la zona tropical y otras como introducidas o exóticas, producto del desarrollo natural con colaboración del hombre, debido que hasta el año 1980 estuvo dedicada a las actividades productivas como ganadería, cultivo de arroz entre otras (MAE, 2011).

La Isla Santay y Gallo fueron declaradas un humedal RAMSAR de importancia internacional en octubre del 2000, y posteriormente fueron declaradas “Área Nacional de Recreación” e incorporadas al Sistema Nacional de Áreas Protegidas; tomando importancia las acciones relacionadas a la conservación del ecosistema particular que la compone (Jaramillo et al., 2008).

A partir de la denominación de Isla Santay como área protegida, se han realizado estudios preliminares sobre su flora y fauna, dando como resultado una lista preliminar de las especies vegetativas que la habitan. Esta lista se encuentra documentada en el Plan de Manejo del Área Nacional de Recreación Isla Santay y Gallo (Jaramillo et al., 2002 como se citó en Ministerio del Ambiente de Ecuador [MAE], 2010), donde detalla las especies de plantas nativas e introducidas o exóticas.

Existen otras listas preliminares de la flora de la Isla Santay en donde clasifican a las especies, y muestran la densidad poblacional de las especies más representativas, y éstas pueden ser nativas o exóticas; sin embargo, son pocos los estudios relacionados exclusivamente con las especies exóticas que la habitan. Un detalle importante de la necesidad de este tipo de estudios se basa en que los humedales por naturaleza son vulnerables a invasiones por especies exóticas, “debido a su ubicación como ecotonos o interfaces entre entornos terrestres y acuáticos, lo que los hace susceptibles a la invasión desde ambos medios” (Howard, 1999).

La Isla Santay es uno de los sitios privilegiados en Guayas, que presenta áreas con vegetación en proceso de recuperación en gran parte de su extensión, siendo su conservación vital, en particular para las ciudades de Guayaquil y Durán, la cual con el paso del tiempo y las diferentes actividades realizadas por parte del hombre, ha sido inevitable el establecimiento de nuevas especies de plantas ajenas o exóticas a la Isla, que en su desarrollo algunas pueden convertirse en especies invasoras (Ayala et al. 2016) “Las invasiones biológicas ocurren cuando las especies son transportadas a nuevas áreas donde se reproducen, se extienden y persisten” (Schüttler & Karez, 2008).

En la Isla existe la especie exótica *Roystonea oleracea* (Palma Imperial) que muestra evidencias de ser altamente invasora. Actualmente hay un estudio sobre esta especie, que demuestra que está ubicada en lugares donde hubo y hay mayor perturbación humana, provocando áreas con alta densidad de esta especie (Herrera et al. 2017a; Herrera et al. 2018).

A pesar de que el Humedal Isla Santay tiene importancia internacional, no cuenta con estudios o investigaciones realizados sobre la estructura, diversidad, impacto, gestión o manejo de las especies de plantas exóticas.

En la presente investigación se realizan observaciones en áreas con dos niveles de perturbación: el primero con poca perturbación humana debido a la presencia mínima de la palma imperial y la segunda con alta perturbación humana debido a la presencia de una alta densidad de palma imperial (*R. oleracea*).

El objetivo de este capítulo es establecer la estructura física y diversidad de la synusia de especies de plantas exóticas presentes en isla Santay, bajo dos condiciones de perturbación (alta y baja), determinadas por la presencia de alta y baja densidad de la especie *R. oleracea*, a partir de la información aportada por Matamoros (2018), lo cual aportará información de base para la elaboración de planes de restauración o recuperación de las comunidades naturales en isla Santay.

2. Materiales y Métodos

2.1. Área de Estudio

En isla Santay, un área protegida bajo la denominación de Área Nacional Recreacional, y distinguido como humedal Ramsar, se consideraron dos áreas de las comunidades vegetales presentes en el humedal Ramsar Isla Santay, cuyas coordenadas geográficas se detallan en la Tabla 64.

Tabla 64

Ubicación geográfica de los sitios de muestreo

Denominación	Latitud (S)	Longitud (W)
Bosque Palmar muy denso	02°13'31.36"	079°52'02.24"
Bosque Palmar poco denso	02°13'45.30"	079°51'46.90"

Nota. Fuente: Matamoros (2018).

En la Figura 99, se representan cartográficamente la ubicación de isla Santay, así como la ubicación de los puntos de muestreo referidos en la Tabla 64.

2.2. Trabajo de Campo.

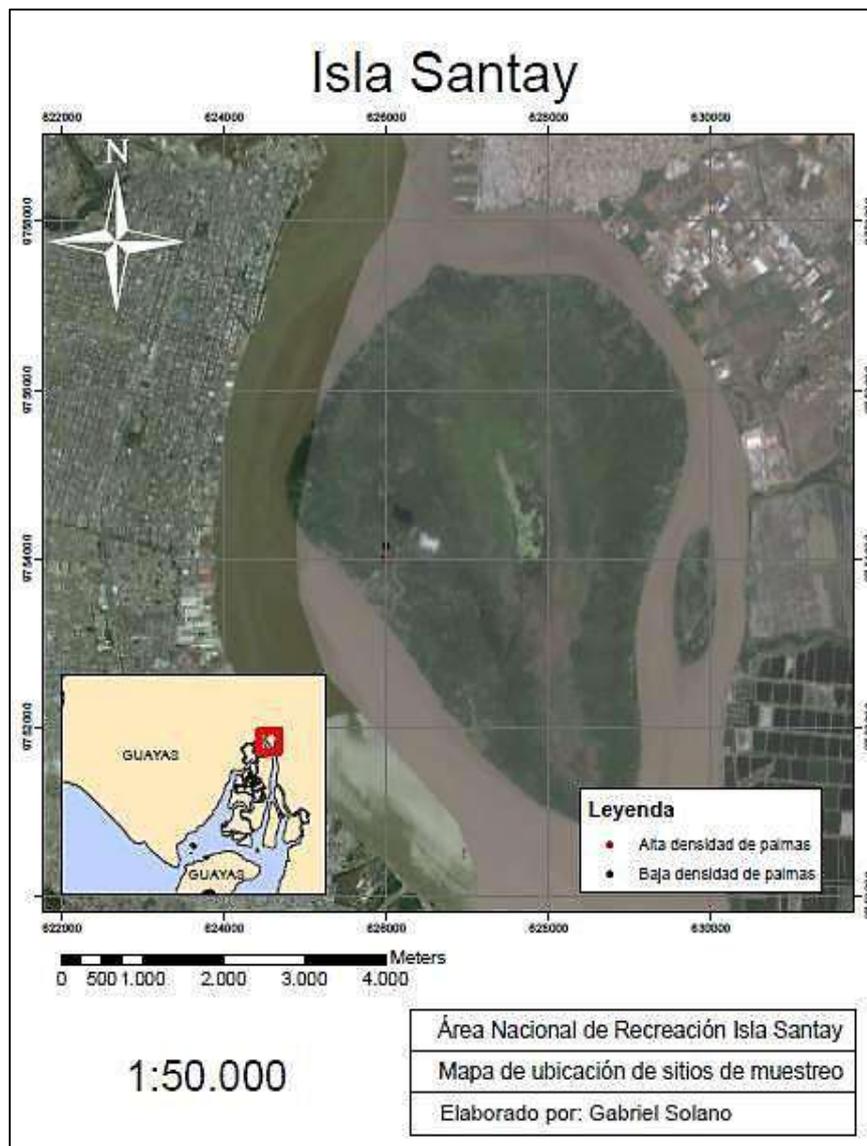
Esta investigación descriptiva no experimental de campo, desarrollada por Matamoros (2018), con criterio de análisis cualitativo y cuantitativo, donde en base a una recopilación preliminar de información referente a las bases científicas de la investigación se estableció el diseño para la colección de muestras y de datos de campo. Posteriormente en el laboratorio, se procesó y se analizó lo obtenido, con la interpretación y discusión de los resultados mediante la ayuda de la herramienta estadística.

2.2.1. Metodología

En esta investigación no experimental de campo, se sigue la metodología establecida en el Anexo 1, enfocándonos como objeto de estudio el grupo de plantas definidas como exóticas que se encuentran en los diferentes estratos mediante un muestreo sistemático estratificado en dos parcelas principales de 0,5 ha con distintos niveles de perturbación, determinado por la densidad de la palma real (*R. oleracea*).

Figura 99

Mapa de ubicación del área de estudio



Nota. Fuente: Solano (2017)

2.2.1.1. Recolección de Datos.

Se definieron los estratos de vegetación según los criterios establecidos en el Anexo 1, en donde también se presenta las características del diseño sistemático estratificado que se utiliza y el diseño y arreglo de las parcelas de muestreo (García-Lahera et al. 2017).

2.3. Determinación de la Estructura Biológica de la Synusia de Plantas Exóticas

2.3.1. Tratamiento de Muestras Botánicas Colectadas

La recolección de las muestras botánicas, su preservación e identificación botánica se ejecuta según lo establecido en el Anexo 1, siendo este protocolo el utilizado en este tipo de estudio.

2.3.2. Abundancia, Densidad, Cobertura, Frecuencia Absoluta y Relativa y el Índice de Valor de Importancia (IVI₃₀₀) de Individuos

La obtención y estimación de cada uno de estos parámetros biológicos de las especies de la synusia de plantas exóticas presentes en los estratos de las dos áreas experimentales se encuentran explicadas en el Anexo 1.

2.3.3. Diversidad, Equidad y Riqueza de Especies

A partir de la información obtenida se elaboraron curvas de especies-área para cada Área de muestreo, las cuales consistieron en graficar el número de especies vegetales encontradas para una superficie de muestreo determinada (Greig-Smith, 1983).

Las propiedades emergentes (Diversidad, Equidad y Riqueza) de la estructura biológica de la synusia de plantas exóticas presentes en los estratos de las dos áreas experimentales se estimaron utilizando los índices que se presentan en el Anexo 1.

2.4. Determinación de la Estructura Física de la Synusia de Especies de Plantas Exóticas

2.4.1. Distribución Vertical y Horizontal

Para describir la estratificación física de las especies exóticas en la isla, se tomó en cuenta la organización horizontal y vertical, siendo determinada mediante la metodología indicada en el Anexo 1.

2.4.2. Dispersión

La dispersión horizontal de la vegetación se adquiere mediante el índice de Morisita y organizando el DAP por categoría de diámetros, como se indica en el Anexo 1.

2.5. Análisis Estadístico

La estructura biológica y física de la synusia de especies exóticas fueron determinadas de manera cualitativa, describiendo y caracterizando morfológica y taxonómicamente las especies exóticas encontradas en el área de muestreo, y cuantitativa, calculando la riqueza, diversidad, equidad y determinando la estructura de la synusia de especies exóticas. Una vez adquirido los datos, se compararon los resultados de las variables obtenidas en las áreas de muestreo con dos niveles de perturbación mediante pruebas estadísticas de análisis de varianza no paramétricos.

Las variables cuantitativas fueron: abundancia, frecuencia, densidad, riqueza y diversidad de la synusia de especies de plantas exóticas encontradas, en cada una de las áreas a evaluar con los dos niveles de perturbación. Se evaluó la influencia de la actividad antrópica, considerando la presencia de la palma (*R. oleracea*), sobre el desarrollo de otras especies exóticas (Walpole et al., 2012).

Para comparar cada variable independiente entre las dos áreas de perturbación entre estratos y totales, se utilizó la prueba de U de Mann-Whitney aplicada para dos muestras independientes Downie y Healt (1986), mientras que para la comparación de varias variables independientes se utilizó la prueba no

paramétrica de Kruskal-Wallis. En ambos casos se siguieron los procedimientos establecidos en el Anexo 1.

3. Resultados

3.1. Estructura Biológica de la Synusia de Especies Exóticas en Isla Santay

3.1.1. Identificación de las Especies Exóticas Introducidas en el Humedal de Isla Santay

El listado completo de la vegetación muestreada en las áreas de experimentación se la puede observar en anexos, Tabla 65.

Como resultado del monitoreo de la vegetación en las áreas de alta y baja perturbación, se encontró un total de 3494 individuos pertenecientes a seis especies exóticas, distribuidas en seis familias y seis géneros (Tabla 66).

Tabla 65

Listado de las especies exóticas y nativas encontradas en las áreas de muestreo de alta y baja perturbación

Nº	Familia	Nombre científico	Nombre común	Estatus	Hábito de crecimiento
1	Acanthaceae	<i>Avicennia germinans</i> (L.) Stearn	Mangle negro	N	Árbol
2	Amaryllidaceae	<i>Crinum amoenum</i> Roxb.	Amancay	E	Hierba
3	Apocynaceae	<i>Funastrum clausum</i> (Jacq.) Schltr.	Bejuco de leche	E	Trepadora
4	Araceae	<i>Rothosne oleraceae</i> (Jacq.) O.F. Cook	Palma imperial	E	Hierba
5	Asteraceae	<i>Sphagneticola trilobata</i> (L.) Pruski	Chiri	E	Hierba
6	Convolvulaceae	<i>Ipomoea cairica</i> (L.) J.F. Gmel.	Mata cabra	E	Trepadora
7	Convolvulaceae	<i>Ipomoea tiliacea</i> (Willd.) Choisy	Chuta púrpura	N	Trepadora
8	Cyperaceae	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Coquito	E	Hierba
9	Fabaceae	<i>Erythrina glauca</i> Willd.	Palo prieto	N	Árbol
10	Fabaceae	<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O.F. Cook	Baluarte	N	Árbol
11	Fabaceae	<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.	Samán	N	Árbol
12	Fabaceae	<i>Pseudosenna macranthera</i> (Collad.) H.S. Irwin & Barneby	Chirimoya silvestre	N	Árbol
13	Fabaceae	<i>Mimosa pigra</i> L.	Cariño de suegra	E	Arbusto

Nº	Familia	Nombre científico	Nombre común	Estatus	Hábito de crecimiento
14	Fabaceae	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	Algarrobo	N	Árbol
15	Fabaceae	<i>Geoffroea spinosa</i> Jacq.	Guásmo	N	Árbol
16	Malpighiaceae	<i>Stigmaphyllon ellipticum</i> (Kunth) A. Juss.	Bejuco amarillo	N	Trepadora
17	Malpighiaceae	<i>Passovia pedicellaris</i> (Jacq.) Kuijt	Bejuco rojo	N	Trepadora
18	Malvaceae	<i>Pseudobombax millei</i> (Standl.) A. Robyns	Guasmo	N	Árbol
19	Myrtaceae	<i>Eugenia uniflora</i> L.	Pitanga	N	Árbol
20	Myrtaceae	<i>Eugenia glaucum</i> (Poepp. & Endl.) DC.	Arrayán	N	Árbol
21	Polygonaceae	<i>Triplaris guayaquilensis</i> Vahl	Fernán Sánchez	N	Árbol
22	Polygalaceae	<i>Polygala paniculata</i> L.	Chiri blanco	N	Hierba
23	Sapindaceae	<i>Paullinia pinnata</i> L.	Escoba	N	Trepadora
24	Solanaceae	<i>Solanum nigrescens</i> M.Martens & Galeotti	Naranjilla silvestre	E	Hierba
25	Vitaceae	<i>Cissus verticillata</i> (L.) Nicolson & C.E. Jarvis	Uvilla	N	Trepadora
26		Especie 1	Espiga		Hierba
27		Especie 2	H1		Hierba
28		Especie 3	"X"		Hierba
29		Especie 4	"Plantula"		Hierba
30		Especie 5	"T4"		Trepadora

Nota. Estatus: E=Exóticas, N=Nativas (Matamoros, 2018)

Tabla 66

Imágenes de las especies de plantas exóticas encontradas en las áreas de muestreo

Taxonomía	Nombre común	Imagen
Reino: Plantae Subreino: Tracheophyta División: Magnoliophyta Clase: Liliopsida Orden: Arecales Familia: Arecaceae Género: <i>Roystonea</i> Especie: <i>Roystonea oleracea</i> (Jacq.) O.F. Cook	Palma imperial	

Taxonomía	Nombre común	Imagen
<p>Reino: Plantae Subreino: Tracheobionta División: Magnoliophyta Clase: Magnoliopsida Subclase: Asteridae Orden: Asterales Familia: Asteraceae Género: <i>Sphagneticola</i> Especie: <i>Sphagneticola trilobata</i> (L.) Pruski</p>	<p>Flor de sapo, wedelia</p>	
<p>Reino: Plantae Subreino: Tracheobionta División: Magnoliophyta Clase: Liliopsida Subclase: Petrosaviidae Orden: Asparagales Familia: Amaryllidaceae Género: <i>Crinum</i> Especie: <i>Crinum amoenum</i> Roxb.</p>	<p>Amancay</p>	
<p>Reino: Plantae Subreino: Tracheophyta División: Magnoliophyta Clase: Magnoliopsida Subclase: Magnoliidae Orden: Sapindales Familia: Sapindaceae Género: <i>Paullinia</i> Especie: <i>Paullinia pinnata</i> L.</p>	<p>Bejuco, azucarito</p>	
<p>Reino: Plantae Subreino: Tracheophyta División: Magnoliophyta Clase: Magnoliopsida Subclase: Magnoliidae Orden: Solanales Familia: Solanaceae Género: <i>Solanum</i> Especie: <i>Solanum lanceifolium</i> Jacq.</p>	<p>Naranjilla silvestre</p>	
<p>Reino: Plantae Subreino: Tracheophyta División: Magnoliophyta Clase: Liliopsida Subclase: Commelinidae Orden: Cyperales Familia: Cyperaceae Género: <i>Cyperus</i> Especie: <i>Cyperus rotundus</i> L.</p>	<p>Chufa púrpura</p>	

Nota. Fuente: Matamoros (2018)

Del muestreo realizado a lo largo de la ciclovía, tomada como transecta, se obtuvo como resultado de los 113 puntos seleccionados, el mismo número de individuos, repartidos en 30 especies, de las cuales, 21 fueron identificadas con el mismo procedimiento anterior, distribuidas en 16 familias y 21 géneros (Tabla 67).

De estas especies ocho se identificaron como exóticas, siendo solamente dos especies, las repetidas en los muestreos anteriores. Las cuales se detallan a continuación en la siguiente Tabla 68.

3.1.2. Determinación del Índice de Valor de Importancia (I.V.I.)

El Índice de valor de importancia (I.V.I.), de cada una de las especies de la synusia de especies de plantas exóticas, se determinó como se describe en la metodología, en cada estrato (inferior, medio y superior) de las dos áreas experimentales de alta y baja perturbación.

En la Figura 100 se muestra el I.V.I. obtenido para las especies exóticas presentes en el estrato inferior (E.I.), tanto en el área de alta perturbación (A.P.) como en baja perturbación (B.P.) La especie *S. trilobata* tiene el IVI más elevado (I.V.I.=200), en ambas áreas experimentales. Otra similitud entre las es que la segunda especie más importante es *P. pinnata*, pero con un I.V.I.=50 en el área A.P., que casi duplica el I.V.I.=30 que presenta en el área B.P.

Tabla 67

Listado de las especies exóticas y nativas encontradas en el muestreo realizado a lo largo de la transecta

N°	Familia	Nombre científico	Nombre común	Estatus	Hábito de crecimiento
1	Asteraceae	<i>Sphagneticola trilobata</i> (L.) Pruski	Flor de sapo, Wedelia	E	Hierba
2	Acanthaceae	<i>Avicennia germinans</i> (L.) Stearn	Mangle negro	N	Árbol
3	Amaranthaceae	<i>Achyranthes aspera</i> L.	Cola de zorro	N	Hierba
4	Amaryllidaceae	<i>Crinum amoenum</i>	Amancay	E	Trepadora
5	Apocynaceae	<i>Funastrum clausum</i> (Jacq.) Schltr.	Bejuco de leche	N	Hierba
6	Asteraceae	Especie 4	Hierba flor amarilla		Hierba
7	Cannaceae	<i>Canna glauca</i> L.	Platanillo	E	Trepadora

Caracterización Ecológica del Humedal Ramsar Isla Santay

N°	Familia	Nombre científico	Nombre común	Estatus	Hábito de crecimiento
8	Combretaceae	<i>Terminalia catappa</i> L.	Almendro	E	Árbol
9	Convolvulaceae	<i>Merremia umbellata</i> (L.) Hallier f.	Campanilla	N	Árbol
10	Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum glaucum</i> O.E. Schulz	Coquito	N	Trepadora
11	Fabaceae	<i>Erythrina glauca</i> Willd.	Palo prieto	N	Árbol
12	Fabaceae	<i>Entada polystachya</i> (L.) DC.	Bejuco de agua	N	Trepadora
13	Fabaceae	<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.	Saman	N	Árbol
14	Fabaceae	<i>Clitoria sp.</i>	Clitoria	N	Arbusto
15	Fabaceae	<i>Mimosa pigra</i> L.	Cariño de suegra	N	Árbol
16	Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Guasmo	N	Árbol
17	Malvaceae	<i>Hibiscus tiliaceus</i> L.	Majagua	E	Hierba
18	Mimosaceae	<i>Pithecellobium paucipinnatum</i> (Schery) A.H. Gentry & Dodson	Compiño	N	Árbol
19	Passifloraceae	<i>Passiflora foetida</i> L.	Bedosa		Trepadora
20	Poaceae	<i>Arundo donax</i> L.	Caña brava	E	Hierba
21	Pontederiaceae	<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms	Lechugín	E	Bulbosa
22	Rhizophoraceae	<i>Rhizophora mangle</i> L.	Mangle rojo	N	Trepadora
23	Typhaceae	<i>Typha angustifolia</i> Sib & Sm.	Tatora	E	Hierba
24		Especie 2	Flor blanca (T1)		Hierba
25		Especie 3	Hierba pequeña	N	Hierba
26		Especie 4	Espiga grande		Hierba
27		Especie 5	Hierba nueva		Hierba
28		Especie 6	H1 BD		Hierba
29		Especie 7	Arbusto corazón		Arbusto

Nota. Estatus: E=Exóticas, N=Nativas. Fuente: Matamoros (2018).

Tabla 68

Especies de plantas exóticas encontradas en el muestreo a lo largo del transecto

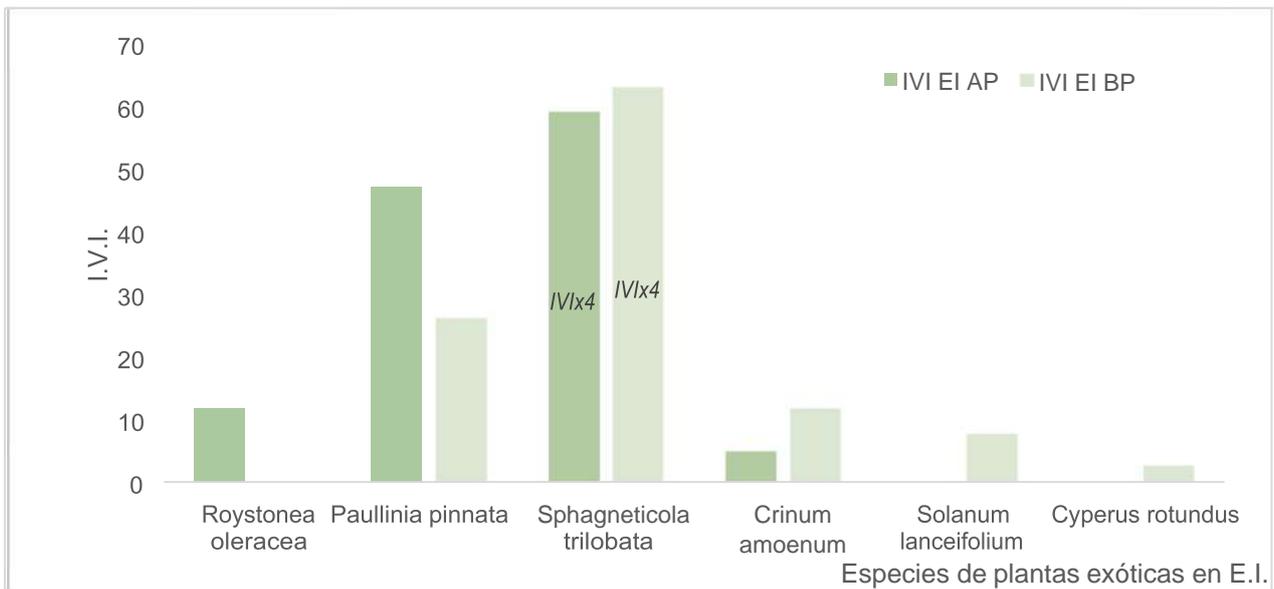
Taxonomía	Nombre común	Imagen
Reino: Plantae Subreino: Tracheophyta División: Angiospermae Clase: Liliopsida Subclase: Commelinidae Orden: Zingiberales Familia: Cannaceae Género: Canna Especie: <i>Canna glauca</i> L.	Platanillo	
Reino: Plantae Subreino: Tracheophyta División: Magnoliophyta Clase: Magnoliopsida Subclase: Dillenidae Orden: Malvales Familia: Malvaceae Género: Hibiscus Especie: <i>Hibiscus tiliaceus</i> L.	Majagua	
Reino: Plantae Subreino: Tracheophyta División: Magnoliophyta Clase: Liliopsida Subclase: Magnoliidae Orden: Poales Familia: Poaceae Género: Arundo Especie: <i>Arundo donax</i> L.	Caña brava	
Reino: Plantae Subreino: Tracheophyta División: Magnoliophyta Clase: Liliopsida Subclase: Magnoliidae Orden: Poales Familia: Pontederiaceae Género: Arundo Especie: <i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms	Lechugín, lirio de agua	
Reino: Plantae Subreino: Tracheophyta División: Magnoliophyta Clase: Magnoliopsida Subclase: Magnoliidae Orden: Myrtales Familia: Combretaceae Género: Terminalia Especie: <i>Terminalia catappa</i> L.	Almendro	

Nota. Fuente: Matamoros (2018).

Se puede observar que en el área de alta perturbación la especie *R. oleracea* ocupa el tercer lugar con un I.V.I. de 13, mientras que en el área de baja perturbación la tercera especie en importancia es *C. amoenum* con un valor de I.V.I. ligeramente superior a 10, seguido de la *S. lanceifolium* con un valor de I.V.I. menor a 10.

Figura 100

Índice de valor de importancia (I.V.I.) de las especies de plantas exóticas en el Estrato Inferior de alta (A.P.) y baja (B.P.) perturbación



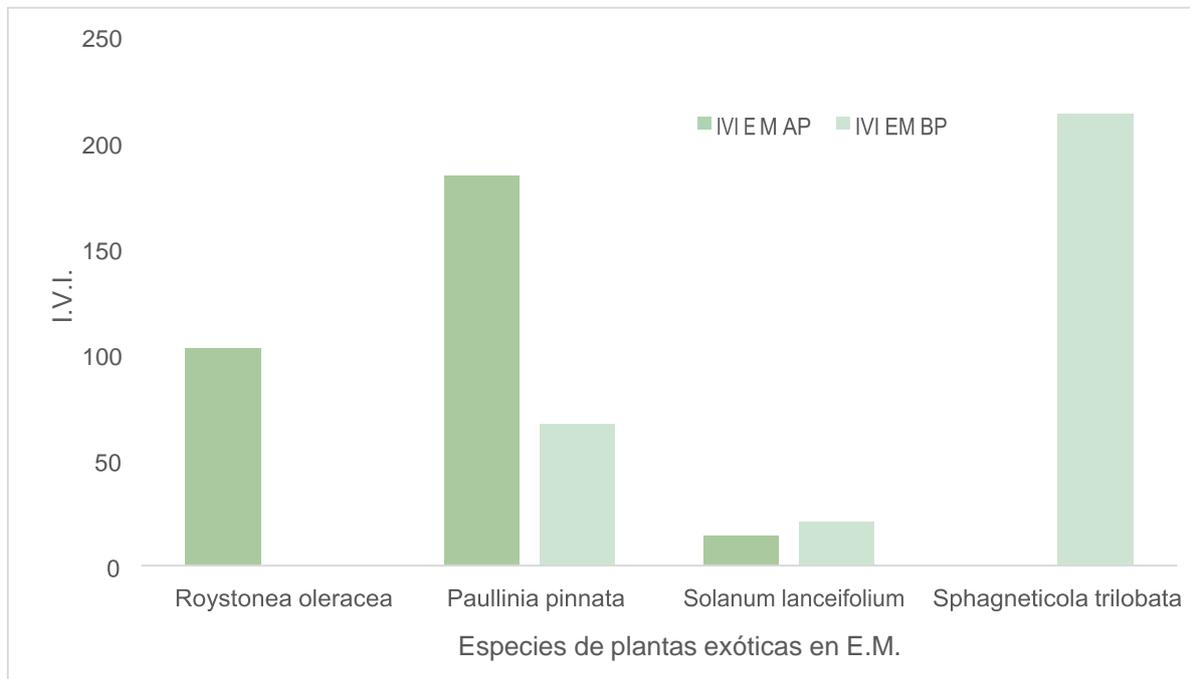
Nota. Alta Perturbación (A.P.), Baja Perturbación (B.P.). (Matamoros, 2018)

Por último, se tiene como especies con menor valor de importancia en este estrato a *C. amoenum* para el área de A.P. y a *C. rotundus* para el área de B.P. con un valor menor a cinco para ambos casos.

En la Figura 101 se puede observar que en el estrato medio (E.M.) de las dos áreas, se encuentran presentes tres especies exóticas en cada una. En el área de A.P., la especie con mayor I.V.I. es *P. pinnata* con un valor mayor a 175, seguida de la especie *R. oleracea* con un I.V.I. un poco mayor a 100, y por último con un I.V.I. menor a 20, la especie *S. lanceifolium*.

Figura 101

Índice de valor de importancia (I.V.I.) de las especies de plantas exóticas en el Estrato Medio de alta (A.P.) y baja (B.P.) perturbación



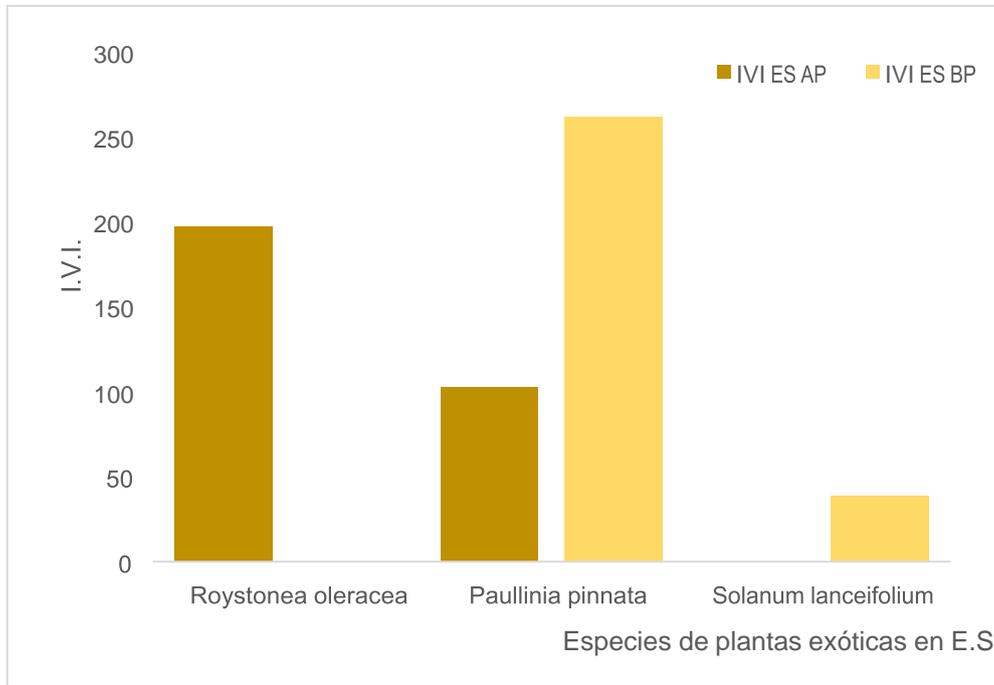
Nota. Alta Perturbación (A.P.), Baja Perturbación (B.P.). (Matamoros, 2018)

Mientras que en el estrato medio del área B.P., la especie con mayor I.V.I. es *S. trilobata* con un valor que sobrepasa los 200, seguida de la especie *P. pinnata* con un I.V.I. menor a 70, y por último con un I.V.I. menor a 30 la especie *S. lanceifolium*.

En la Figura 102, se muestran los I.V.I. de las especies exóticas presentes en el E.S. de las dos áreas experimentales, en las cuales se encuentran presentes dos especies en cada una. En el área experimental de A.P. la que posee un mayor I.V.I. es la especie *R. oleracea*, con un valor un poco menor a 200, seguida de la especie *P. pinnata* con valor de I.V.I. de alrededor de 100. Mientras que en el área de B.P. la especie de mayor importancia es *P. pinnata* con un valor de I.V.I. mayor a 250, y seguida de la de menor importancia con un valor de I.V.I. menor a 50, la especie *S. lanceifolium*.

Figura 102

Índices de valor de importancia (I.V.I.) de las especies de plantas exóticas en el Estrato Superior de alta (A.P.) y baja (B.P.) perturbación



Nota. Alta Perturbación (A.P.), Baja Perturbación (B.P.). Fuente: Matamoros (2018).

En cuanto a la totalidad de la synusia de especies exóticas, se puede observar en la Figura 103, que en las áreas experimentales de A.P. y B.P., se encontraron cinco especies diferentes en cada área, de las cuales cuatro se presentan en ambas áreas (*P. pinnata*, *S. trilobata*, *C. amoenum* y *S. lanceifolium*), mientras que *R. oleracea* sólo se registró en el área de A.P., y *C. rotundus* el área de B.P.

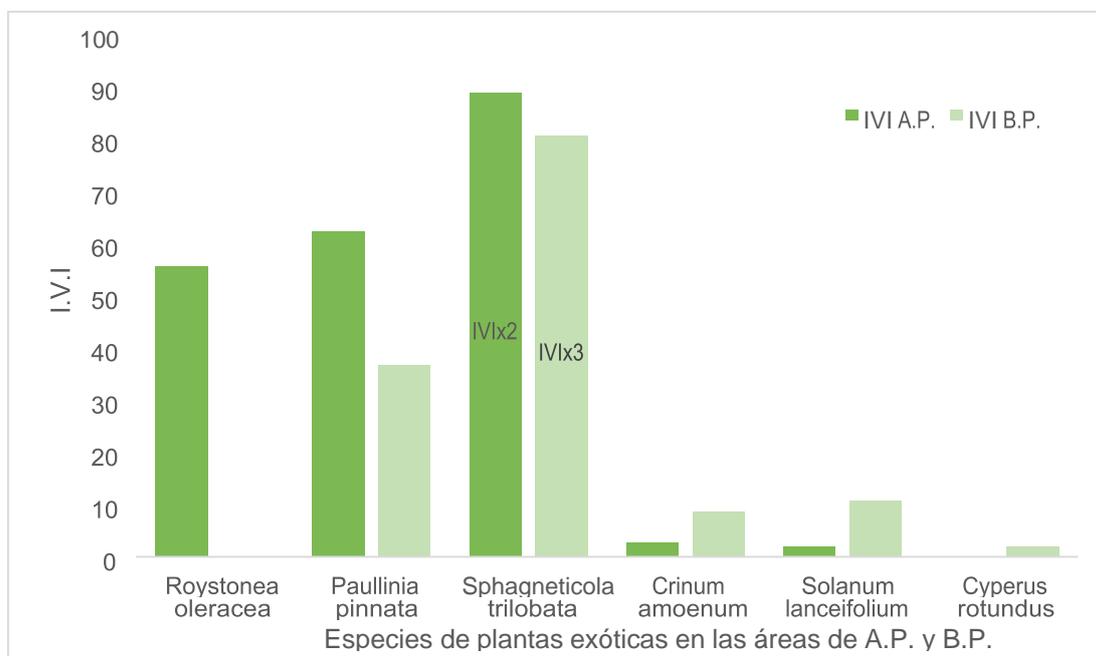
Al considerar la totalidad de la synusia de plantas exóticas, las dos áreas coinciden en que la especie con mayor importancia dentro de la synusia de especies de plantas exóticas es *S. trilobata* con un I.V.I. que supera a 160, en A.P., mientras que en B.P., esta especie posee un I.V.I. de 240. El segundo mayor valor de I.V.I., para las dos áreas, lo tiene la especie *P. pinnata*, con un I.V.I. ligeramente superior a 60 en A.P., y aproximadamente de 35 en B.P.

La especie *R. oleracea*, es la tercera especie en tener un I.V.I. mayor en A.P. con un I.V.I. de alrededor de 50, mientras que para B.P. la tercera especie en importancia es *S. lanceifolium*, con un valor un poco mayor a 10.

Por último, las especies con menor valor de I.V.I. es *C. amoenum* seguida de *S. lanceifolium* con valores menores a cinco en A.P., mientras que en B.P. estas especies son *C. amoenum* con un I.V.I. de 8, y *C. rotundus* con un I.V.I. menor a cinco.

Figura 103

Índice de valor de importancia (I.V.I.) de las especies de plantas exóticas en el área total de alta (A.P.) y baja (B.P.) perturbación



Nota. Alta Perturbación (A.P.), Baja Perturbación (B.P.). Fuente: Matamoros (2018).

3.1.3. Abundancia de Individuos, Equidad, Riqueza y Diversidad de Especies de Plantas Exóticas en Isla Santay

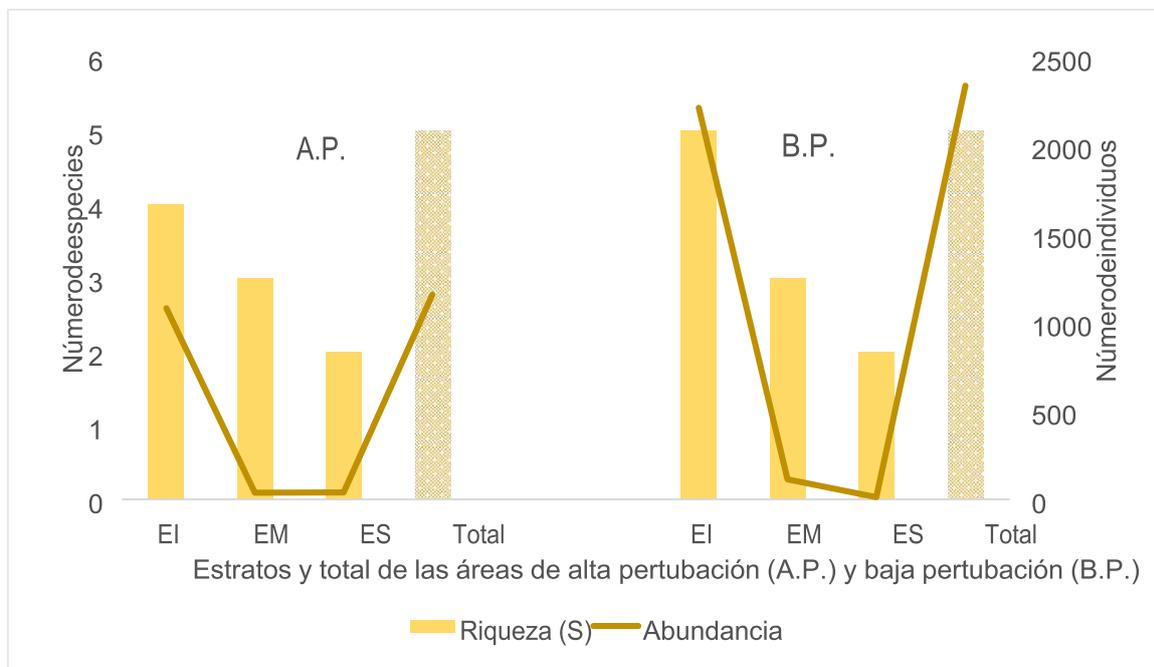
La equidad, riqueza y diversidad de la synusia de plantas exóticas se analizaron por estratos y por áreas de estudio, definidas por la presencia de alta y baja densidad de *R. oleracea*.

3.1.3.1. Abundancia de Individuos y Riqueza de Especies de la Synusia de Plantas Exóticas.

En el área de A.P., las especies de plantas exóticas encontradas son: *R. oleracea*, *S. trilobata*, *C. amoenum*, *P. pinnata* y *S. lanceifolium*, determinando un número o riqueza ® de especies de cinco, con una abundancia absoluta de 1156 individuos. Y en el área de B.P. las especies exóticas halladas son: *S. trilobata*, *C. amoenum*, *P. pinnata*, *S. lanceifolium* y *C. rotundus*, con un número o riqueza ® de especies de cinco, con una abundancia absoluta de 2338 individuos.

Figura 104

Abundancia de individuos y Riqueza de especies de plantas exóticas por estratos y total para ambas áreas



Nota. Alta Perturbación (A.P.), Baja Perturbación (B.P.), (Estrato Inferior (E.I.), Estrato Medio (E.M.), Estrato Superior (E.S.). Fuente: Matamoros (2018).

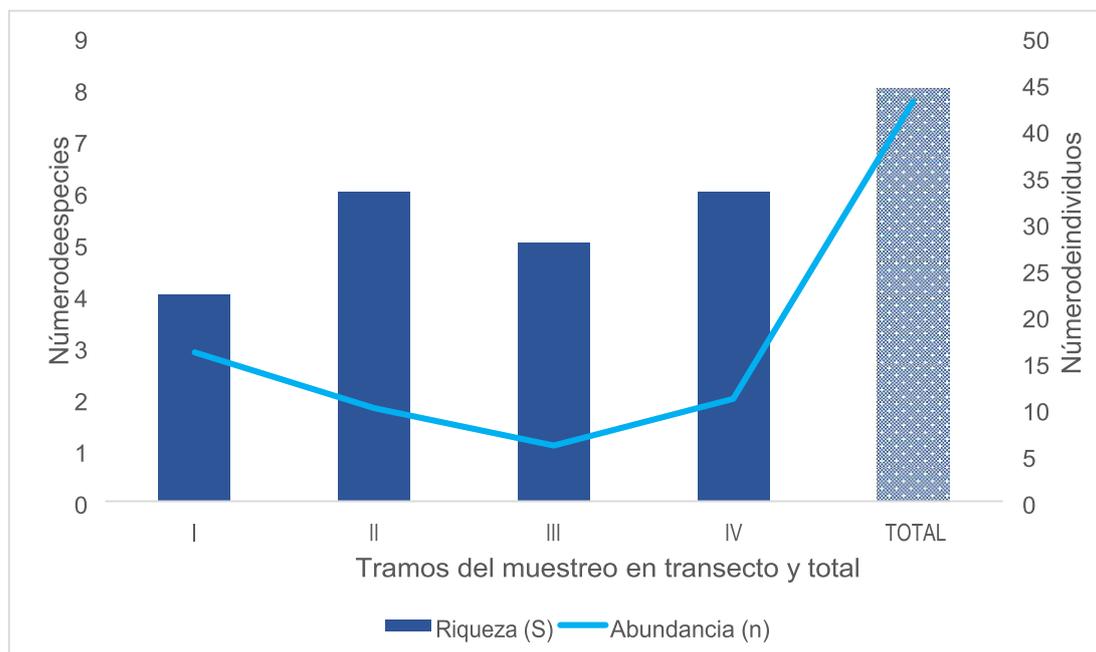
En la Figura 104 se presenta la riqueza de especies y abundancia de individuos de las plantas exóticas obtenidas de cada estrato, así como el total para cada área de estudio. En el estrato inferior (E.I.) de ambas áreas se encuentra la mayor riqueza de especies, así como la mayor cantidad de individuos. En cuanto a los estratos medios (E.M.) y superior (E.S.) la riqueza de especies es de 3 y 2

respectivamente, para ambas áreas. Sin embargo, la abundancia en A.P., en el E.M. es menor que en el E.S., y en B.P. sucede lo contrario.

Los resultados que se observan en la Figura 105, son los obtenidos en el muestreo a lo largo del transecto, en cuanto a la riqueza de especies y abundancia de individuos, en los tramos donde hay mayor riqueza de especies (seis spp.) es en los tramos II y IV con una abundancia de 10 y 11 individuos respectivamente, en el tramo I, la riqueza es menor, con cuatro especies, sin embargo es donde hay mayor una mayor abundancia, con 16 individuos, y por último el tramo III tiene una riqueza de cinco especies con una abundancia de seis individuos siendo la más baja entre los tramos. Finalmente, en la totalidad de las especies encontradas en el transecto se encuentra una riqueza igual a ocho con una abundancia de 43 individuos.

Figura 105

Riqueza de especies y abundancia de individuos de plantas exóticas en los tramos y el total del muestreo en transecto



Nota. Fuente: Matamoros (2018).

3.1.3.2. Diversidad y Equidad de la Synusia de Plantas Exóticas.

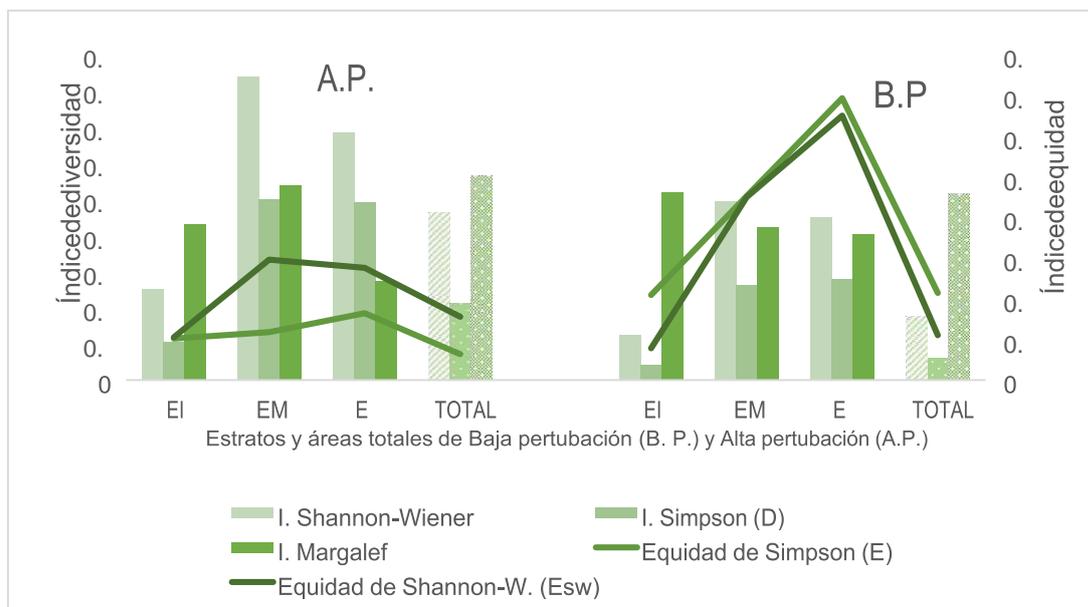
En cuanto a la diversidad de especies, se determinó mediante los índices de Shannon-Wiener (H'), Simpson (D) y Margalef ($D\alpha$), mientras que la equidad se

obtuvo a través de los índices de equidad de Shannon-Wiener (Es) y equidad de Simpson (E), cuyos resultados se muestran en la Figura 106.

Los valores de los índices de diversidad son diferentes en ambas áreas, aunque todos coinciden en que son inferiores a uno. Se puede observar que los índices de diversidad de Shannon-Wiener y Simpson, reflejan una mayor diversidad en el área de alta perturbación (A.P.) en comparación con el área de baja perturbación (B.P.) en todos los estratos, así como las áreas totales, mientras que el índice de Margalef no se comporta de igual forma.

Figura 106

Diversidad y equidad en las áreas de estudio A.P. y B.P. por estrato y total de la synusia de plantas exóticas



Nota. Alta Perturbación (A.P.), Baja Perturbación (B.P.), (Estrato Inferior (E.I.), Estrato Medio (E.M.), Estrato Superior (E.S.). Fuente: Matamoros (2018).

El valor del índice de Shannon-Wiener obtenido en ambas áreas, muestra que el E.I. posee la menor diversidad y el E.M. la mayor diversidad, luego está el E.S. que sigue de cerca al E.M.; en cuanto a la totalidad de las áreas de muestreo, el área de A.P. presenta una diversidad de casi el doble en relación al área de B.P.

Ambas áreas, presentan similitudes en el comportamiento de los valores del índice de diversidad de Simpson y del índice de diversidad de Shannon-Wiener,

al considerar la totalidad de las plantas exóticas y solo las presentes en el estrato inferior, sin embargo, el índice de diversidad de Simpson, indica que en el área de A.P. donde presenta mayor diversidad es en E.M. seguido ligeramente del E.S., mientras que en área de B.P., sucede lo contrario, siendo el E.S. mayor y también con poca diferencia de valores.

El índice de Margalef difiere totalmente con los índices anteriores, éste indica que en el área de alta perturbación (A.P.), el E.I. presenta menor diversidad y el E.M. la mayor diversidad, por último, el E.S.; en cuanto al área de baja perturbación (B.P.), el E.I. posee la mayor diversidad, luego están los estratos medio y superior, siendo el E.M. ligeramente mayor al E.S.; en cuanto a la totalidad de la synusia de plantas exóticas, el valor del índice de diversidad de Margalef, obtenido en el área de A.P. es ligeramente mayor al obtenido en el área de B.P.

Con relación a los valores de los índices de equidad obtenidos, ambos coinciden en casi todos los estratos para las dos áreas, tomando en cuenta que el valor máximo de estos índices es uno, los valores obtenidos para el estrato inferior (E.I.), refleja una baja equidad para las dos áreas de A.P. y B.P., así como también al considerar la totalidad de las especies en ambas áreas.

En el E.M. y E.S. de A.P. la equidad es mayor en relación con la obtenida en el E.I., con la diferencia que el índice de equidad de Shannon-Wiener, indica que hay mayor equidad en el estrato medio mientras que el valor del índice de equidad de Simpson es mayor en el estrato superior. En el área de B.P. sin embargo, es donde hay la mayor coincidencia entre los dos índices, donde se refleja que el E.S. posee la mayor equidad, pareciendo una comunidad bastante homogénea.

En cuanto a los resultados obtenidos en el muestreo de transecto, la diversidad y equidad de la synusia de plantas exóticas utilizando los índices anteriores, se puede observar en la Figura 107.

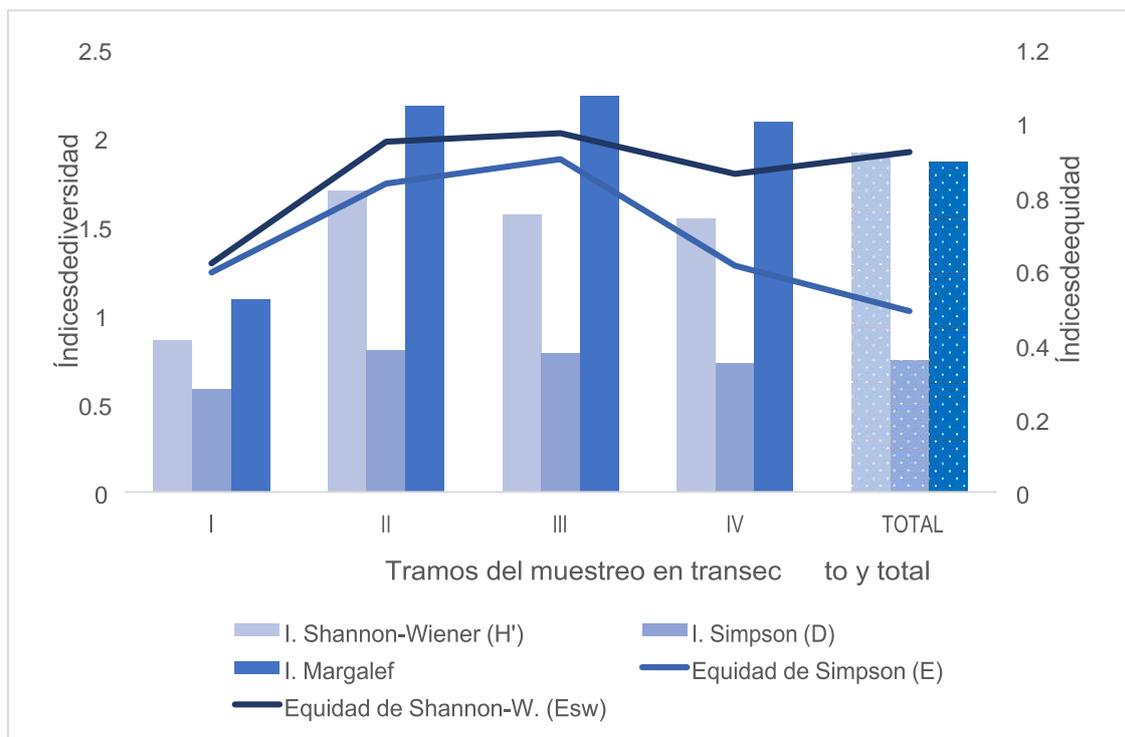
Los índices de diversidad presentan distintos resultados en todos los tramos en cuanto a los valores, pero una similitud en el orden de mayor a menor diversidad

entre ellos, sin embargo, en el total de las especies exóticas coinciden, con poca diferencia, los índices de Shannon-Wiener y Margalef, seguidos por el índice de Simpson, con un valor menor a la mitad.

El índice de Shannon-Wiener dice que, entre los tramos, existe una mayor diversidad en el tramo II, seguido de los tramos III y IV, con una ligera diferencia entre ambos, y finalmente el tramo I con la menor diversidad entre los cuatro.

Figura 107

Diversidad y equidad de la synusia de plantas de exóticas en los tramos y total del muestreo realizado en transecto



Nota. Fuente: Matamoros (2018).

Los índices de diversidad presentan distintos resultados en todos los tramos en cuanto a los valores, pero una similitud en el orden de mayor a menor diversidad entre ellos, sin embargo, en el total de las especies exóticas coinciden, con poca diferencia, los índices de Shannon-Wiener y Margalef, seguidos por el índice de Simpson, con un valor menor a la mitad.

El índice de Shannon-Wiener dice que, entre los tramos, existe una mayor diversidad en el tramo II, seguido de los tramos III y IV, con una ligera diferencia entre ambos, y finalmente el tramo I con la menor diversidad entre los cuatro.

Los tramos poseen un comportamiento parecido en cuanto al orden de magnitud de los valores de los índices de diversidad de Shannon-Wiener y de Simpson. Sin embargo, la magnitud del valor del índice de diversidad de Shannon-Wiener, son mayores a los del índice de Simpson. Así se tiene que entre los tramos II, III y IV hay poca diferencia de valores, siendo ligeramente el de mayor diversidad el tramo II; el tramo I sigue siendo el de menor diversidad.

Los valores de índice de diversidad de Margalef son los más elevados entre los demás índices, aunque si se compara la secuencia de magnitudes (mayor y menor), existen similitudes entre los tres índices. La única discrepancia entre el índice de Margalef y los demás es que la mayor diversidad entre los tramos está en el tramo III, seguido, con una ligera diferencia, por el tramo II y IV, y finalmente el tramo I, con el menor valor de diversidad.

En cuanto a la equidad de la synusia de plantas exóticas, los tramos I, II y III, muestran un comportamiento similar en cuanto a los valores de los índices utilizados de Shannon-Wiener y Simpson obtenidos, aunque los valores del índice de Equidad de Shannon-Wiener, son ligeramente mayores a los valores del índice de equidad de Simpson, y mayores en el tramo IV y en la totalidad de las especies exóticas. Entre los tramos los valores de los índices de equidad mayores, los presenta el tramo III, y donde hay una menor equidad es en el tramo I según el índice de Shannon-Wiener, y en el tramo IV según el índice de equidad de Simpson.

En la totalidad de la synusia de plantas exóticas el índice de Shannon-Wiener indica una mayor equidad ya que el valor es cercano a uno, y el índice de Simpson indica que posee una menor equidad, ya que su valor se acerca a 0.5.

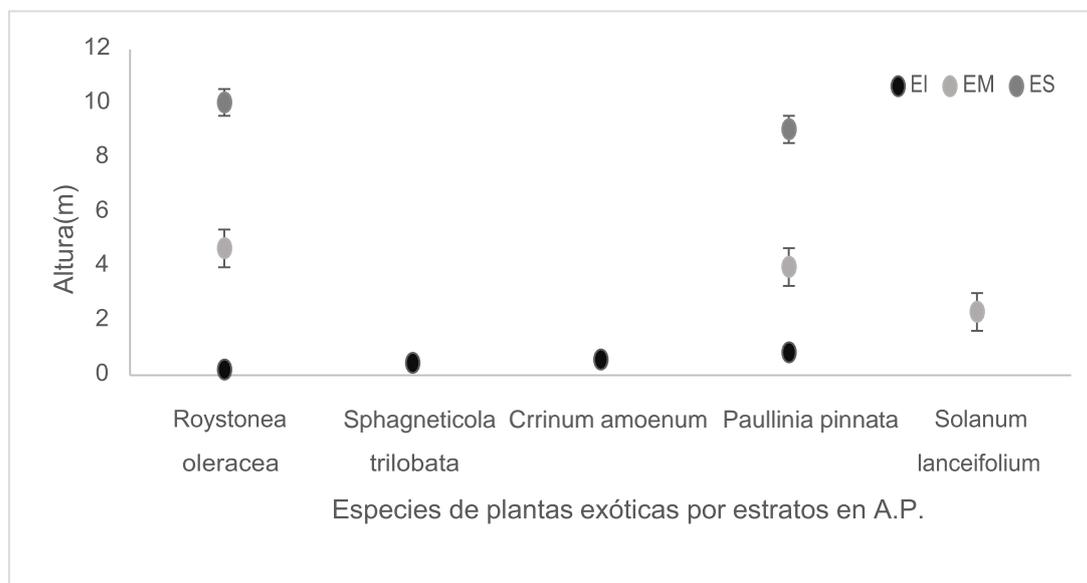
3.2. Estructura Física de la Synusia de Especies Exóticas en Isla Santay

3.2.1. Alturas Promedios de la Synusia de Plantas Exóticas

Se definió la estructura vertical de la synusia de plantas exóticas, mediante la obtención de la altura promedio de cada especie, la organización de las mismas mediante la representación de los perfiles de vegetación y mediante el análisis de los espectros de forma de vida, hábito de crecimiento, tipo y tamaño de la hoja, obtenidos al elaborar gráficos de barras histogramas, con la proporción de las especies que presentan cada uno de los atributos.

Figura 108

Alturas promedio de la synusia de plantas exóticas por estrato en el área de Alta Perturbación

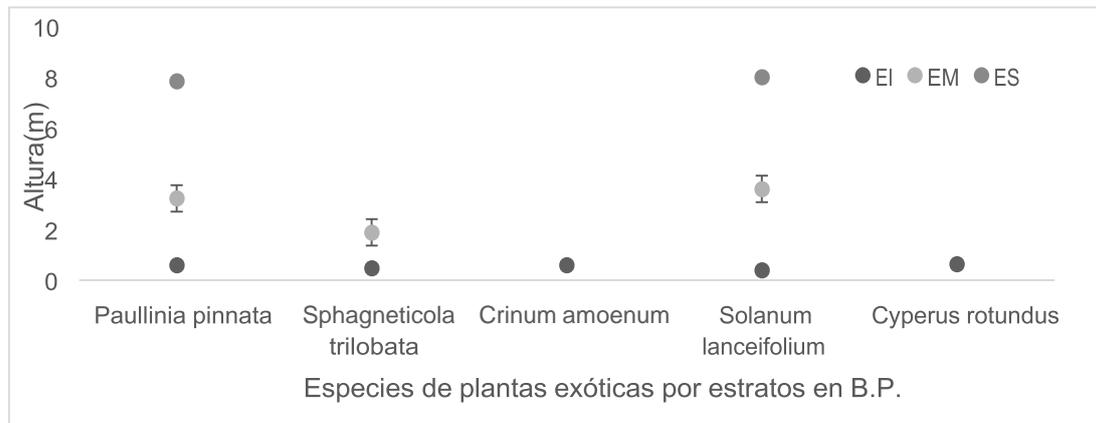


Nota. Alta Perturbación (AP), (Estrato Inferior (E.I.), Estrato Medio (E.M.), Estrato Superior (E.S.). Fuente: Matamoros (2018).

La determinación del promedio de altura de cada especie se la realizó por estrato en las dos áreas de experimentación. En la Figura 108 se observa que en el área de alta perturbación (A.P.), los promedios de alturas de la synusia de especies exóticas en E.I. están por debajo de un metro, en el E.M. el promedio varía entre dos a cinco metros de altura, y en el E.S. los promedios de estas especies presentes en el estrato van de alrededor de 9.5m.

Figura 109

Alturas promedio de la synusia de plantas exóticas por estrato en el área de Baja Perturbación



Nota. Baja Perturbación (BP), (Estrato Inferior (E.I.), Estrato Medio (E.M.), Estrato Superior (E.S.). Fuente: Matamoros (2018).

En la Figura 109 se observa que en el área de B.P., a diferencia del área de A.P. los promedios de alturas en los estratos disminuyen, así se ve que en el E.I. el promedio de altura de las especies no sobrepasa los 0.70 m, en el E.M. los promedios de altura de las especies varían entre 1.8 m a 4 m, y, por último, en E.S. los promedios de las especies circundan los 8 m de altura.

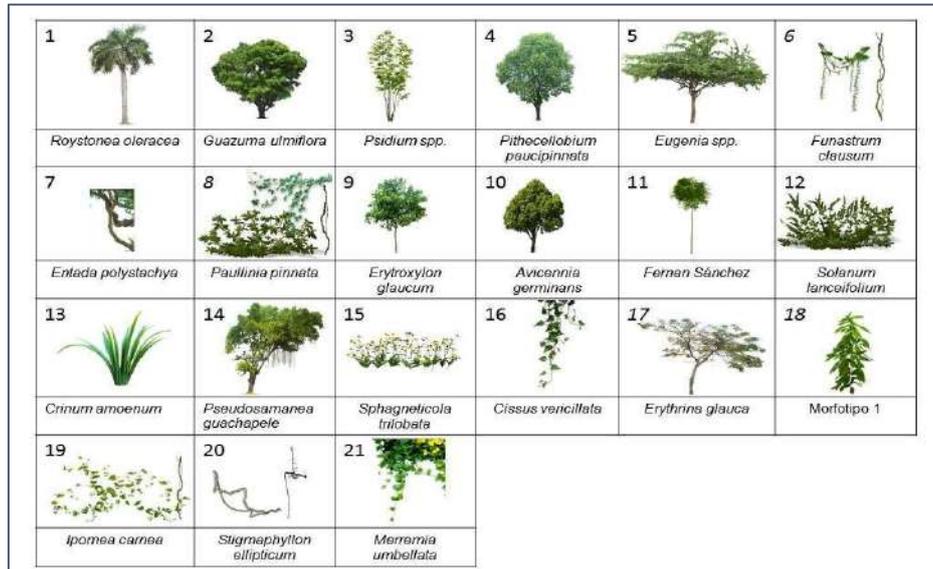
3.2.2. Perfiles de Vegetación

Para entender visualmente el arreglo espacial de las especies, se realizó bocetos del perfil de vegetación de una parcela que reúna las características más representativas de cada área experimental.

En la Figura 110 se muestra una representación o simbología de las especies de plantas exóticas y nativas que están presentes en los perfiles de vegetación de las áreas de perturbación alta (A.P.) y baja (B.P.), representados en las Figuras 110 y 111, donde se observan cinco de las seis especies vegetales exóticas, también su distribución, la masa foliar que estas ocupan y su nivel de importancia entre estas especies.

Figura 110

Simbología de las especies de plantas exóticas y nativas representadas en los perfiles de vegetación



Nota. Fuente: Matamoros (2018)

El perfil de la vegetación de A.P. representado en la Figura 111, muestra que se puede distinguir claramente los estratos, donde en el E.I. las especies llegan a una altura de hasta 1.5 m, y entre ellas están las especies exóticas *S. trilobata* distribuida al largo de la parcela en forma de parches y agrupada, y *P. pinnata* también en forma agrupada con alguna planta soporte cerca.

Figura 111

Perfil de la vegetación del área experimental de alta perturbación



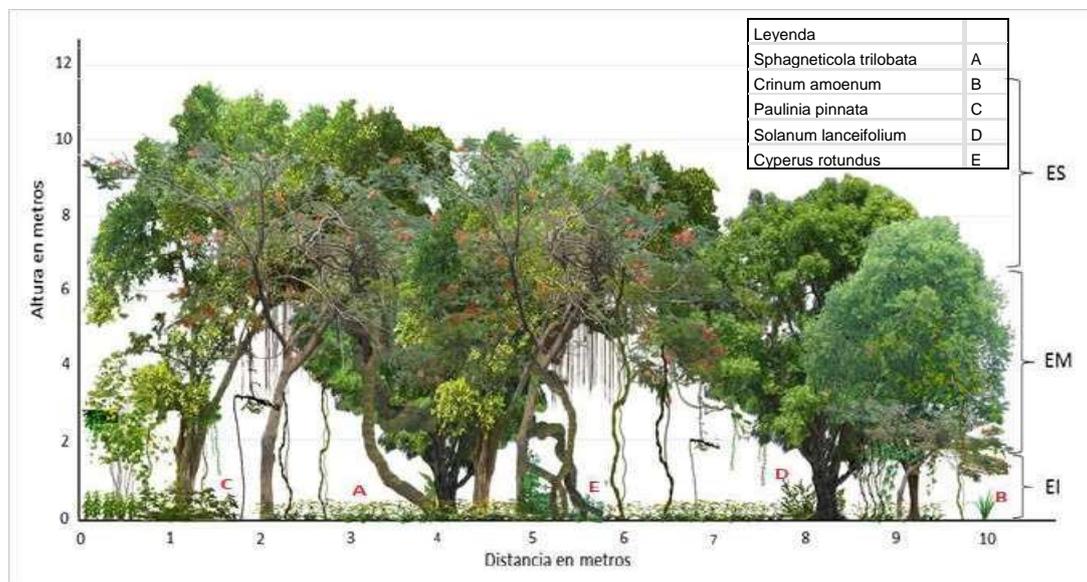
Nota. Fuente: Matamoros (2018)

En el E.M. se observan especies de hasta 6 m de altura, éstas incluyen a las especies de plantas exóticas: *R. oleracea*, *S. lanceifolium* sostenidas por un soporte biológico y *P. pinnata* también sostenida por otra especie como soporte.

En el E.S., se pueden distinguir especies de hasta 13 m de altura, siendo la especie de más altura precisamente, *R. oleracea*, donde se la observa en varios sitios de la parcela y también se observa la presencia de *P. pinnata*, sobre varias especies nativas y exóticas usadas como soportes.

Figura 112

Perfil de la vegetación del área experimental de baja perturbación



Nota. Fuente: Matamoros (2018).

En cuanto al perfil de la vegetación del área de baja perturbación (B.P.) (Figura 112), se puede observar también una estratificación definida, bajo los mismos rangos de altura. En E.I. las especies exóticas presentes son: *S. trilobata*, que se la observa mucho más abundante y agrupada en comparación con el área anterior, *C. amoenum* con sólo un individuo presente, *S. lanceifolium* que se encuentra agrupada, y *P. pinnata* también presente de manera agrupada, todas con alturas menores a 1.5 metros.

En el E.M. con alturas de hasta seis metros, se observa la presencia de las especies: *P. pinnata* con algunos individuos, y *S. lanceifolium* con un individuo

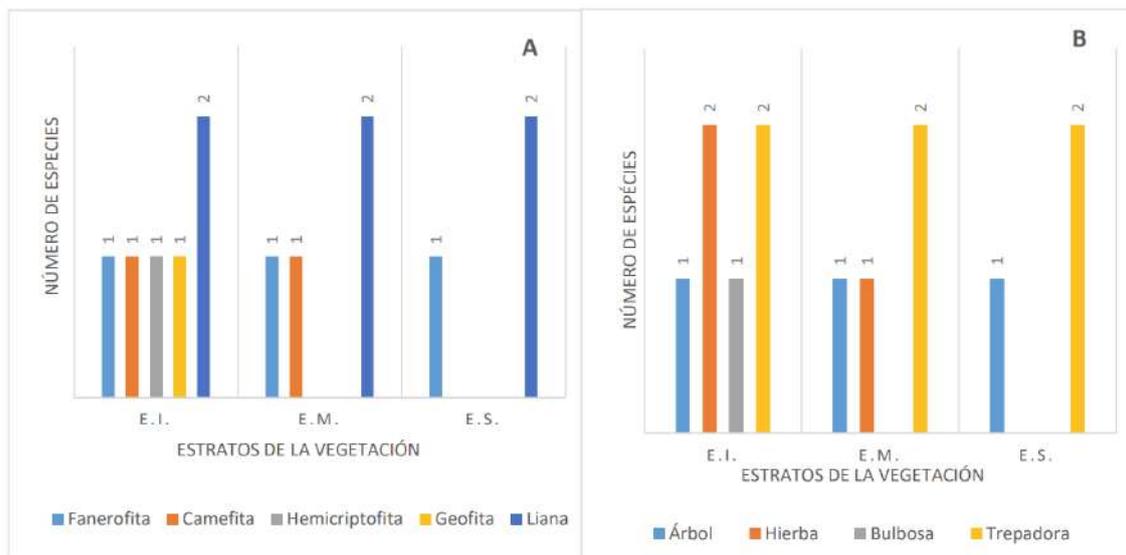
presente. Mientras que en el estrato superior (E.S) con una altura 11 metros se encuentra como la especie exótica con mayor presencia la especie *P. pinnata*.

3.2.3. Hábito de Crecimiento y Forma de Vida de la Synusia de Plantas Exóticas

Otra característica importante de la estructura física es conocer sobre la forma de vida y hábito de crecimiento de las especies, para ello se realizaron los espectros para ambos atributos, en cada área experimental, mediante la graficación de histogramas de barras (Figura 113).

Figura 113

Espectro de forma de vida (A) y de hábito de crecimiento (B) de la synusia de plantas exóticas



Nota. (Estrato Inferior (E.I.), Estrato Medio (E.M.), Estrato Superior (E.S.)).
Fuente: Matamoros (2018).

Como se observa en la Figura 113, la synusia de plantas exóticas presentes en los muestreos de las dos áreas de experimentación, tienen diferentes formas de vida y hábitos de crecimiento, que parecen relacionadas con los estratos en los que se encuentran.

En cuanto a la forma de vida (Figura 113A), se puede distinguir que las seis especies exóticas están presentes en E.I., sin embargo, las especies que poseen forma de vida hemicriptofita (1 spp.) y geofita (1spp.), sólo están presentes en este estrato, mientras que la camefita (1 spp.), también se encuentra en el E.M.

Finalmente, en el E.M. y E.S. se observa que las formas de vida predominantes son: fanerofita (1 spp.) y liana (2 spp.).

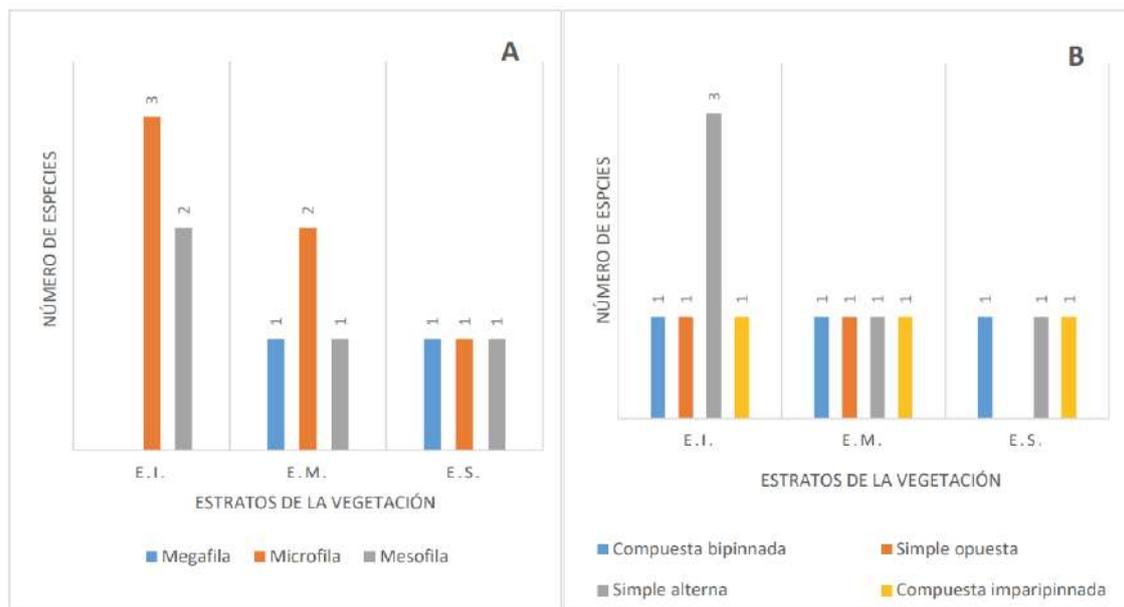
Mientras que los cuatro hábitos de crecimiento que la synusia de plantas exóticas poseen (Figura 113B), se ven presentes en el E.I., sin embargo, la especie con el hábito de crecimiento bulbosa sólo está presente en este estrato. Las especies herbáceas están presentes en el E.I. (2 spp.) y en E.M. (1 spp.). Finalmente, las especies con los hábitos de crecimiento arbóreo (1spp.) y trepador (2spp.) predominan en el E.M. y E.S.

3.2.4. Tipo y Tamaño de las Hojas de la Synusia de Plantas Exóticas

Finalmente, el último elemento de la estructura de la synusia de plantas exóticas es el tipo y tamaño de las hojas, ya que estas características están asociadas al estrato.

Figura 114

Espectro de tamaño de hojas (A) y de tipo de hojas (B) de la synusia de plantas exóticas



Nota. (Estrato Inferior (E.I.), Estrato Medio (E.M.), Estrato Superior (E.S.).

Fuente: Matamoros (2018).

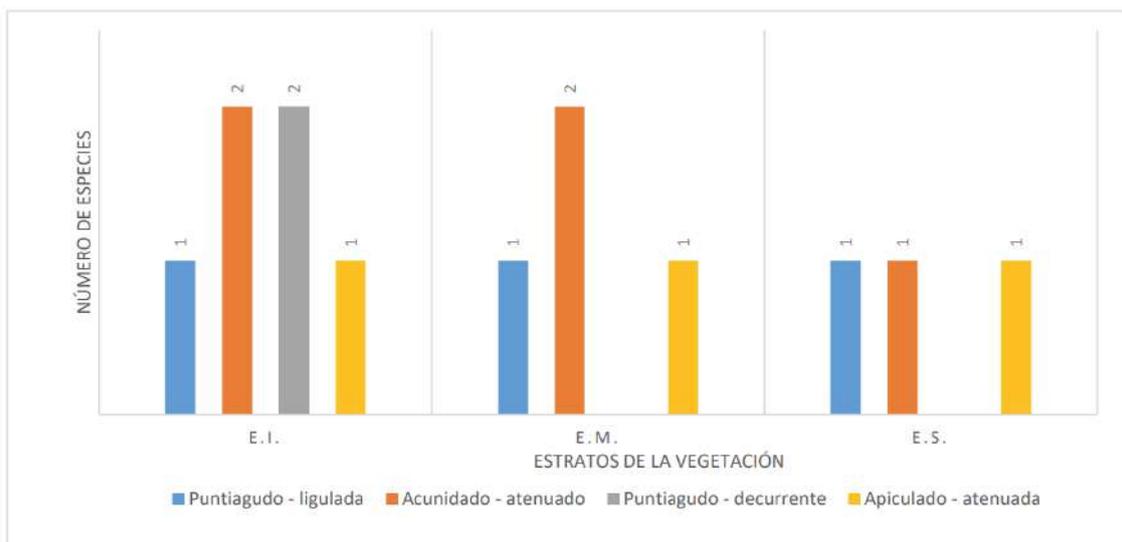
La Figura 114 indica que la synusia de las especies exóticas presentes en los muestreos de las dos áreas de experimentación, poseen tres tamaños y cuatro tipos de hojas. El mayor número de especies presentan hojas microfilas entre el E.I. y E.M.

Después están las especies que tienen un tamaño de hoja mesófila, con mayor presencia en el E.I., aunque también se encuentra presente en el E.M. y E.S. Y, finalmente, las especies exóticas con hojas megáfila está presente en el E.M. y E.S.

El tipo de hoja que predomina en E.I. son las hojas simples alternas, presentes en tres especies diferentes, y sólo una especie en el E.M. y E.S. Luego están las hojas de tipo simple opuestas, presentes con una especie en el E.I y E.M., finalmente se tiene a las hojas de tipo compuestas: compuesta bipinnada y compuesta imparipinnada, presentes en una especie para cada una en el E.I., E.M. y E.S.

Figura 115

Espectro de tipo de Ápice y base de la hoja de la synusia de plantas exóticas presentes por estrato en las dos áreas de experimentación



Nota. (Estrato Inferior (E.I.), Estrato Medio (E.M.), Estrato Superior (E.S.).

Fuente: Matamoros (2018)

La Figura 115 indica que se definieron cuatro tipos de hojas de acuerdo a su ápice y base, de las seis especies diferentes de la synusia de plantas exóticas

de las dos áreas de experimentación. En el E.I. los tipos de hojas que predominan con dos especies exóticas cada una, son las que tienen un ápice puntiagudo y una base decurrente, así como también las que tienen ápice acuminado y base atenuada, la cual ésta última también está presente en el E.M con dos especies y en el E.S. con una especie.

Por último, las especies exóticas que tienen tipo de hoja con ápice puntiagudo y base ligulada (1 spp.), y con ápice apiculado y base atenuada (1 spp.), están presentes en todos los estratos.

3.2.5. Determinación de la Dispersión de la Synusia de Especies Exóticas en Isla Santay

La dispersión de la synusia de especies exóticas fue determinada mediante el índice de Morisita ($I\delta$), en las dos áreas de experimentación (alta y baja perturbación), y en los tres estratos (inferior, medio y superior), los cuales se muestran en las Tablas 69 y 70.

De acuerdo a la Tabla 6, la distribución para las especies de plantas exóticas en el área de A.P., en el estrato inferior (E.I.), tres de las cinco especies (*R. oleracea*, *S. trilobata* y *C. amoenum*) tienen un valor mayor a uno (>1), lo cual indica que tiene un arreglo o distribución espacial agrupado, y las dos especies exóticas *P. pinnata* y *S. lanceifolium*, posee valores menores a uno (<1), lo cual muestran un arreglo o distribución espacial uniforme.

Tabla 69

Patrón de dispersión de las plantas exóticas determinados por el índice de Morisita ($I\delta$), en el área de Alta Perturbación

Especies	E.I.		E.M.		E.S.	
	$I\delta$	Patrón	$I\delta$	Patrón	$I\delta$	Patrón
<i>Roystonea oleracea</i>	10	Agrupado	0.889	Uniforme	1.385	Agrupado
<i>Sphagneticola trilobata</i>	3.713	Agrupado				
<i>Crinum amoenum</i>	30	Agrupado				
<i>Paullinia pinnata</i>	0	Uniforme	12	Agrupado	1.838	Agrupado
<i>Solanum lanceifolium</i>	0	Uniforme	1.212	Agrupado		

Nota. Fuente: Matamoros (2018)

En el estrato medio (E.M.), se puede observar que sólo están presentes tres especies exóticas de las cinco, una de ellas, *R. oleracea*, muestra un valor menor a uno, lo cual indica una distribución espacial uniforme, mientras que las dos especies *P. pinnata* y *S. lanceifolium*, con valores del índice de Morisita mayores a uno, poseen una distribución espacial agrupado.

Finalmente, en el estrato superior (E.S.), se encuentran presentes dos especies de plantas exóticas, *R. oleracea* y *P. pinnata*, con valores mayor a uno, que indica según la interpretación del índice de Morisita, una distribución espacial agrupada.

Tabla 70

Patrón de dispersión de las plantas exóticas determinados por el índice de Morisita (Iδ), en el área de Baja Perturbación

Especies	E.I.		E.M.		E.S.	
	Iδ	Patrón	Iδ	Patrón	Iδ	Patrón
<i>Paullinia pinnata</i>	3.947	Agrupado	3.517	Agrupado	1.385	Agrupado
<i>Sphagneticola trilobata</i>	2.331	Agrupado	7.5	Agrupado		
<i>Crinum amoenum</i>	11.25	Agrupado				
<i>Solanum lanceifolium</i>	9	Agrupado	6.667	Agrupado	10	Agrupado
<i>Cyperus rotundus</i>	30	Agrupado				

Nota. (Estrato Inferior (E.I.), Estrato Medio (E.M.), Estrato Superior (E.S.).
Fuente: Matamoros (2018).

La Tabla 70 muestra que, en el área de experimentación de baja perturbación, el E.I. presenta cinco especies de plantas exóticas: *P. pinnata*, *S. trilobata*, *C. amoenum*, *S. lanceifolium* y *C. rotundus*, las cuales presentan un índice de distribución de Morisita con valores mayores a uno, indicando un arreglo o distribución espacial agrupada.

En el E.M. la presencia es de tres especies de plantas exóticas: *P. pinnata*, *S. trilobata* y *S. lanceifolium*, al igual que en el estrato inferior, presentan valores de índice de distribución de Morisita mayores a uno, indicando un arreglo o patrón de distribución espacial agrupado.

Por último, en el E.S. se encuentran presentes dos especies de plantas exóticas, *P. pinnata* y *S. lanceifolium*, las cuales también presentan valores de índice de distribución de Morisita mayores a uno, indicando un patrón de distribución agrupado.

3.3. Análisis Estadístico

El análisis estadístico inferencial de los resultados obtenidos de las variables independientes: abundancia, frecuencia, densidad, riqueza y diversidad de la synusia de especies de plantas exóticas encontradas, se compararon por estratos similares entre las dos áreas experimentales de alta y baja perturbación, mediante la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney, mientras que para la comparación entre todos los estratos del área de alta perturbación versus los estratos del área de baja perturbación se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, con ayuda del programa informático de estadísticas InfoStat (Di Renzo et al., 2017).

Para ello se plantearon las siguientes hipótesis en cada variable:

Para la variable independiente abundancia de individuos:

H₀: La abundancia de individuos de la synusia de especies exóticas de cada uno de los estratos es la misma entre las intensidades de perturbación.

H_{eco}: La abundancia de individuos de la synusia de especies exóticas de cada uno de los estratos no es la misma entre las intensidades de perturbación.

Tabla 71

Comparación de la abundancia de individuos de la synusia de plantas exóticas por estratos y total entre las áreas experimentales

Variable	Perturbación	N*	Media	p** (2colas)
Abundancia Estrato Inferior	Alta Baja	30 30	36.00 73.54	0.016
Abundancia Estrato Medio	Alta Baja	20 20	1.85 5.65	0.748
Abundancia Estrato Superior	Alta Baja	10 10	3.90 1.20	0.012
Abundancia Total	Alta Baja	60 60	19.27 38.97	0.275

Nota. *Tamaño de la muestra del grupo, *valor crítico (p) asociado o nivel de probabilidad. Fuente: Matamoros (2018).

La Tabla 71 indica que existen diferencias significativas estadísticamente de la abundancia de individuos de la synusia de plantas exóticas entre las intensidades de perturbación en los estratos: inferior y superior, ya que el estadístico de la prueba U proyecta un valor de probabilidad inferior al nivel de significancia ($p = 0.05$), lo cual significa que en estos dos estratos se rechaza la H_0 y se acepta la H_{eco} , mientras que en el estrato inferior y total, este valor crítico es superior al nivel de significancia ($p = 0.05$) rechazando la H_{eco} .

Comparando la abundancia de individuos presentes en los tres estratos de cada área experimental, mediante la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, se puede conocer si estadísticamente existe una diferencia significativa entre ellos bajo las siguientes hipótesis:

H_0 : La abundancia de individuos de la synusia de especies exóticas es la misma entre los estratos bajo ambas intensidades de perturbación.

H_{eco} : La abundancia de individuos de la synusia de especies exóticas es diferente en los estratos bajo ambas intensidades de perturbación.

Tabla 72

Comparación de la abundancia de individuos de la synusia de plantas exóticas entre estratos de las áreas experimentales

Variable	Estrato	Perturbación	N	Promedio de rangos	gl*	C**	H***	P****
Abundancia	Inferior	Alta	30	60.85	5	0.97	25.37	0.0001
		Baja	30	84.58				
	Superior	Alta	20	47.23				
		Baja	20	46.33				
		Alta	10	65.55				
		Baja	10	37.05				

Nota. *Grados de libertad (gl), **factor de correlación en caso de empates ©, ***estadístico de prueba (H) y ****valor crítico (p) asociado. Fuente: Matamoros (2018).

Como se observa en la Tabla 72, existe diferencias significativas de la abundancia de individuos de la synusia de planta exóticas entre los estratos, ya que el estadístico H proyectó un valor crítico ($p = 0.0001$), que está por debajo del nivel de significancia ($p = 0.05$). Al parecer el estrato donde se encuentra la

diferencia según los valores que se observan en el promedio de rangos, es en el estrato inferior de baja perturbación. Esto indica que en este caso se acepta la H_{eco} y se rechaza la H_0 .

Para la variable independiente frecuencia relativa se plantean las siguientes hipótesis:

H_0 : La frecuencia relativa promedio de la synusia de especies exóticas de cada uno de los estratos es la misma entre las intensidades de perturbación.

H_{eco} : La frecuencia relativa promedio de la synusia de especies exóticas de cada uno de los estratos no es la misma entre las intensidades de perturbación.

Tabla 73

Comparación de la frecuencia relativa promedio de especies de la synusia de plantas exóticas por estratos y total entre las áreas experimentales

Variable	Perturbación	N*	Promedio	p** (2colas)
Frecuencia Relativa Estrato Inferior	Alta Baja	30 30	0.90 1.33	0.064
Frecuencia Relativa Estrato Medio	Alta Baja	20 20	0.90 0.65	0.213
Frecuencia Relativa Estrato Superior	Alta Baja	10 10	1.60 0.50	0.005
Frecuencia Relativa Total	Alta Baja	60 60	1.02 0.97	0.640

Nota. *Tamaño de la muestra del grupo, *valor critico (p) asociado o nivel de probabilidad. Fuente: Matamoros (2018).

La Tabla 73 muestra que al comparar la variable frecuencia relativa promedio de la synusia de plantas exóticas de cada uno de los estratos entre las dos áreas experimentales, existe una diferencia significativa estadísticamente solo en el estrato superior (E.S.), ya que su valor crítico (p) es menor al nivel de significancia ($p = 0.05$) lo cual significa que en este estrato se acepta la H_{eco} , y se rechaza la H_0 , mientras que el estrato medio e inferior, incluso en el total, el valor crítico (p) está por encima del nivel de significancia, por ello estos estratos y el total aceptan la H_0 .

Considerando la frecuencia relativa promedio de la synusia de plantas exóticas de los tres estratos de las áreas bajo perturbación alta (A.P.) y baja (B.P.), y

comparándolos entre sí mediante la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, se puede conocer si estadísticamente existe una diferencia significativa entre ellos bajo las siguientes hipótesis:

H₀: La frecuencia relativa promedio de la synusia de especies exóticas es la misma entre los estratos bajo ambas intensidades de perturbación.

H_{eco}: La frecuencia relativa promedio de la synusia de especies exóticas es diferente entre los estratos bajo ambas intensidades de perturbación.

Tabla 74

Comparación de la frecuencia relativa promedio de especies de la synusia de plantas exóticas entre estratos de las áreas experimentales

Variable	Estrato	Perturbación	N	Promedio de rangos	gl*	C**	H***	P****
Frecuencia Relativa	Inferior	Alta	30	56.82	5	0.88	17.05	0.0016
		Baja	30	73.78				
	Superior	Alta	20	57.27				
		Baja	20	46.65				
		Alta	10	86.35				
		Baja	10	40				

Nota. *Grados de libertad (gl), **factor de correlación en caso de empates ©, ***estadístico de prueba (H) y ****valor crítico (p) asociado. Fuente: Matamoros (2018).

Como se observa en la Tabla 74, existen diferencias significativas de la frecuencia relativa promedio de la synusia de plantas exóticas entre los estratos, ya que el estadístico H proyectó un valor crítico ($p = 0.0016$), que está por debajo del nivel de significancia ($p = 0.05$). Al parecer el estrato donde se encuentra la diferencia según los valores que se observan en los promedios de rangos, es en el estrato superior. de alta perturbación. Esto indica que en este caso se acepta la H_{eco} y se rechaza la H₀.

Para la variable independiente densidad relativa se plantean las siguientes hipótesis:

H₀: La densidad relativa promedio de la synusia de plantas exóticas de cada uno de los estratos es la misma entre las intensidades de perturbación.

H_{eco} : La densidad relativa promedio de la synusia de plantas exóticas de cada uno de los estratos no es la misma entre las intensidades de perturbación.

En la Tabla 75 se puede observar que, al comparar la densidad relativa promedio de la synusia de plantas exóticas de cada uno de los estratos entre las dos áreas experimentales, existen diferencias significativas estadísticamente en los estratos inferior, superior y en el total ya que sus valores críticos ($p < 0.02$), están por debajo del nivel de significancia, lo cual significa que acepta la H_{eco} y se rechaza la H_0 . Mientras que en el estrato medio, su valor crítico (p) sobrepasa el nivel de significancia, demostrando estadísticamente que no hay diferencias significativas y se acepta la H_0 .

Tabla 75

Comparación de la frecuencia relativa promedio de especies de la synusia de plantas exóticas entre estratos de las áreas experimentales

Variable	Perturbación	N*	Promedio	p** (2colas)
Densidad Relativa Estrato Inferior	Alta Baja	30 30	1.2 2.56	0.013
Densidad Relativa Estrato Medio	Alta Baja	20 20	0.02 0.07	0.748
Densidad Relativa Estrato Superior	Alta Baja	10 10	0.00024 0.01	0.012
Densidad Relativa Total	Alta Baja	60 60	0.61 1.30	0.018

Nota. *Tamaño de la muestra del grupo, *valor crítico (p) asociado o nivel de probabilidad. Fuente: Matamoros (2018)

Al comparar los estratos de las áreas bajo perturbación alta (A.P.) y baja (B.P.), mediante la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, se puede conocer si estadísticamente existe una diferencia significativa entre ellos bajo las siguientes hipótesis:

H_0 : La densidad relativa promedio de la synusia de especies exóticas es la misma en los estratos bajo ambas intensidades de perturbación.

H_{eco} : La densidad relativa promedio de la synusia de especies exóticas es diferente en los estratos bajo ambas intensidades de perturbación.

Como se observa en la Tabla 76, existen diferencias significativas entre los estratos ya que el estadístico H proyectó un valor crítico ($p = 0.000001$), inferior

al nivel de significancia ($p = 0.05$). Al parecer el estrato donde se encuentra la diferencia según los valores que se observan en los promedios de rangos, es en el estrato inferior de baja perturbación. Esto indica que en este caso se acepta la H_{eco} y se rechaza la H_0 .

Tabla 76

Comparación de la densidad relativa promedio de especies de la synusia de plantas exóticas entre estratos de las áreas experimentales

Variable	Estrato	Perturbación	N	Promedio de rangos	gl*	C**	H***	P****
Densidad Relativa	Inferior	Alta	30	62.57	5	0.97	36.1	0.000001
		Baja	30	89.37				
	Medio	Alta	20	51.6				
		Baja	20	48.48				
	Superior	Alta	10	27.6				
		Baja	10	42.45				

Nota. *Grados de libertad (gl), **factor de correlación en caso de empates ©, ***estadístico de prueba (H) y ****valor crítico (p) asociado. Fuente: Matamoros (2018)

Para la variable independiente riqueza de especies se plantean las siguientes hipótesis:

H_0 : La riqueza de especies de la synusia de plantas exóticas de cada uno de los estratos y total es la misma entre las intensidades de perturbación.

H_{eco} : La riqueza de especies de la synusia de plantas exóticas de cada uno de los estratos y total es diferente entre las intensidades de perturbación.

Tabla 77

Comparación de la riqueza de especies de la synusia de plantas exóticas por estratos y total entre las áreas experimentales

Variable	Perturbación	N*	Media	p** (2colas)
Riqueza Estrato Inferior	Alta	30	0.90	0.064
	Baja	30	1.33	
Riqueza Estrato Medio	Alta	20	0.90	0.213
	Baja	20	0.65	
Riqueza Estrato Superior	Alta	10	1.30	0.022
	Baja	10	0.50	
Riqueza Total	Alta	60	2.60	0.291
	Baja	60	2.20	

Nota. *Tamaño de la muestra del grupo, *valor crítico (p) asociado o nivel de probabilidad. Fuente: Matamoros (2018).

En la Tabla 77 se presenta la comparación de la riqueza especies de la synusia de plantas exóticas por estrato entre las dos áreas experimentales mediante análisis estadístico inferencial con la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney, mostrando diferencias significativas solamente en el estrato superior, que de acuerdo al valor crítico ($p = 0.02$), es estadísticamente significativa, aceptando la H_{eco} y rechazando la H_0 , mientras que los demás estratos y el total, obtuvieron resultados mayores al nivel de significancia ($p = 0.05$), aceptando la H_0 .

Por otro lado, al comparar los estratos, de las áreas bajo perturbación alta (A.P.) y baja (B.P.), mediante la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, se puede conocer si estadísticamente existe una diferencia significativa entre ellos bajo las siguientes hipótesis:

H_0 : La riqueza de especies de la synusia de plantas exóticas es la misma en los estratos bajo ambas intensidades de perturbación.

H_{eco} : La riqueza de especies de la synusia de plantas exóticas es diferente en los estratos bajo ambas intensidades de perturbación.

Como se observa en la Tabla 78, existe una diferencia significativa entre los tratamientos (6 estratos) ya que el estadístico H proyecta un valor crítico de 0.009, el cual está por debajo del nivel de significancia de 0.05. Al parecer el estrato donde se encuentra la diferencia según los valores que se observan en los promedios de rangos, es en el E.I. de baja perturbación. Esto indica que en este caso se acepta la H_{eco} y se rechaza la H_0 .

Tabla 78

Comparación de la riqueza de especies de la synusia de plantas exóticas entre estratos de las áreas experimentales

Variable	Estrato	Perturbación	N	Promedio de rangos	gl*	C**	H***	P****
Riqueza	Inferior	Alta	30	57.67	5	0.87	13.39	0.009
		Baja	30	75.03				
	Medio	Alta	20	58.4				
		Baja	20	47.55				
	Superior	Alta	10	75.4				
		Baja	10	40.6				

Nota. *Grados de libertad (gl), **factor de correlación en caso de empates ©, ***estadístico de prueba (H) y ****valor crítico (p) asociado. Fuente: Matamoros (2018).

Para la variable independiente diversidad se plantean las siguientes hipótesis:

H₀: La diversidad de especies de la synusia de plantas exóticas es la misma entre las áreas experimentales de alta y baja perturbación.

H_{eco}: La diversidad de la synusia de especies exóticas es diferente entre las áreas experimentales de alta y baja perturbación.

Tabla 79

Comparación de la diversidad especies de la synusia de plantas exóticas entre las áreas experimentales

Variable	Perturbación	N*	Promedio	p** (2colas)
Diversidad de Simpson	Alta Baja	3 3	0.63 0.81	0.400
Diversidad de ShannonWiener	Alta Baja	3 3	0.59 0.36	0.400
Diversidad de Margalef	Alta Baja	3 3	0.41 0.45	0.999

Nota. *Tamaño de la muestra del grupo, *valor critico (p) asociado o nivel de probabilidad. Fuente: Matamoros (2018).

La Tabla 79 muestra que la comparación de la diversidad de especies de la synusia de plantas exóticas considerando los valores de los índices de diversidad de los estrato entre las dos áreas bajo diferentes niveles de perturbación, indican un valor crítico (p = 0.4) similar con los índices de diversidad de Simpson y de Shannon-Wiener, mientras que el valor crítico (P = 0.999) que se obtuvo al comparar la diversidad de especies de la synusia de plantas exóticas de las dos áreas experimentales bajo alta y baja perturbación con el índice de diversidad de Margalef fue mayor (p = 0.999).

En todos los casos, los valores de p crítico obtenidos al comparar los diferentes índices de diversidad, son superiores al nivel de significancia (p = 0.05), lo cual indica que estadísticamente no hay diferencias significativas y todos los índices rechazan la H_{eco} y aceptan la H₀.

4. Discusión

Las especies exóticas identificadas en las áreas de experimentación son una muestra del total de especies exóticas presentes en toda el área protegida de la

isla Santay, ya que, en el muestreo realizado a lo largo de la ciclovía, tomada como un transecto de referencia, se obtuvo como resultado un total de 11 especies exóticas identificadas, lo que sugiere que pueden existir otras especies exóticas más, como lo reportado por Herrera et al. (2018).

En el plan de manejo realizado para la isla Santay en el 2010 se reportaron 15 especies de plantas exóticas o introducidas, de las cuales cinco de ellas coinciden como especies exóticas, reportadas en este trabajo, estas especies son: *C. amoenum*, *R. oleracea*, *S. trilobata*, *T. catappa* y *C. rotundus*. Mientras que *H. tiliaceus* y *E. crassipes* están reportadas como nativas en el Plan de Manejo citado anteriormente, de acuerdo con Guevara & Ramírez (2015) estas plantas se reportan como especies introducidas en Ecuador. Las otras cuatro especies exóticas encontradas en el presente trabajo, no se reportan en dicho plan de Manejo.

Un aspecto interesante de estas especies exóticas encontradas es que cuatro de ellas, *S. trilobata*, *R. oleracea*, *E. crassipes* y *A. donax*, son consideradas como especies con alto potencial invasor, o agresivamente invasoras según lo afirman Staples & Herbst (2005), Herrera et al. (2017a), Guevara & Ramírez (2015), Herrera et al. (2017b).

Por otro lado la riqueza que se encontró en las áreas de muestreo no varió significativamente una de otra, según el análisis estadístico inferencial, la única diferencia significativa que se encontró fue entre los estratos superiores de las dos áreas experimentales, esto puede deberse a que hubo una mayor presencia de las especies *R. oleracea* y *P. pinnata* en las parcelas del estrato superior de alta perturbación (A.P.) y una menor presencia de las especies exóticas *P. pinnata* y *S. lanceifolium* entre las parcelas del área de baja perturbación (B.P.), a pesar de que sólo se hayan encontrado dos especies exóticas en ese estrato en cada área.

Según el Catálogo de plantas vasculares del Ecuador disponible en Tropicos.org Missouri Botanical Garden, se reportan 600 especies de plantas introducidas en el país, de las cuales 94 se encuentran en la costa, zona donde está localizada

la isla Santay, que, en el reporte de este trabajo, se obtuvo una riqueza total de 11 especies.

Otros estudios similares realizados en Argentina, en el Parque Nacional Los Alerces, evaluaron la diversidad de plantas exóticas y reportaron una riqueza de 67 especies exóticas (Kutschker et al., 2015), al igual que un estudio sobre la estructura y diversidad florística realizado en un humedal urbano en Bogotá Colombia, por Gonzales-Pinto (2017), que encuentra una riqueza de 23 especies exóticas identificadas en el área.

Es importante señalar las diferencias que se obtienen en la abundancia total de individuos de las especies exóticas entre las dos áreas, aunque estadísticamente no son significativas, no deja de observarse una gran diferencia de alrededor de 1000 individuos entre un área y otra, siendo el área de baja perturbación la de mayor cantidad de individuos. Sin embargo, sí se presentan diferencias estadísticamente significativas entre la mayoría de los estratos, al compararlos entre las dos áreas, siendo el área de baja perturbación la que generalmente muestra diferencias mayores.

La especie con mayor cantidad de individuos es la especie herbácea *S. trilobata*, con gran presencia en el estrato inferior, la cual se reporta como una especie introducida, agresiva en varios lugares de norte y sur América, siendo una especie de origen centroamericano según Staples & Herbst (2005). Incluso en el muestro realizado a lo largo del transecto esta especie herbácea es la que presenta mayor cantidad de individuos.

La diversidad de Simpson (D) y Shannon-Wiener (H'), que se observa en la Figura 108, indican que el área de alta perturbación presenta mayores valores de diversidad en estos dos índices, en comparación con el área de baja perturbación. Mientras que los dos índices de equidad coinciden en que, el área de baja perturbación presenta mayor equidad que el área de alta perturbación; estos resultados están de acuerdo con el estudio realizado por (Mendoza & Jiménez, 2011) sobre la estructura de la vegetación, su diversidad y regeneración natural de árboles en bosque seco de la Comuna Limoncito (Santa

Elena, Ecuador), al comparar la diversidad y equidad en dos áreas de experimentación, de alta y baja perturbación humana.

La dispersión de la *synusia* de especies de plantas exóticas, al utilizar el índice de Morisita (Morisita, 1959), en las dos áreas de experimentación los índices obtenidos muestran que las especies exóticas en su mayoría poseen una distribución espacial agrupada, mostrándose parches de individuos de una sola especie, como lo demuestra el estudio realizado para la especie exótica *R. oleracea* en el humedal isla Santay que presenta una distribución agrupada según Herrera et al. (2017a).

El mayor Índice de Valor de Importancia (I.V.I.) alcanzado en las dos áreas de experimentación lo tiene la especie *S. trilobata*, y con bastante diferencia con las demás especies, debido posiblemente a que, dentro del total de individuos presentes de todas las especies exóticas, *S. trilobata* tiene el 88 % de individuos en A.P. y el 97 % de individuos en B.P.

Actualmente no se pudo encontrar estudios similares donde evalúe la importancia (I.V.I.) de especies exóticas en humedales y/o áreas protegidas en Ecuador, sin embargo, en Costa Rica (Centro América), Di Stéfano et al. (1998), estudian el potencial invasor de una especie de la familia Myrtaceae, y señalan que esa especie es la que tiene mayores valores de I.V.I. en los estratos inferior y medio, comparativamente con las demás especies nativas y exóticas.

Las clases de alturas en el área de A.P. revela que la mayoría de las especies exóticas inventariadas están agrupadas en el estrato inferior, por tratarse de especies que en su mayoría son herbáceas y las demás son plántulas o plantas jóvenes. La especie con mayor altura es *R. oleracea*, pero su presencia sólo se registró en el área de A.P., incluso es una de las especies con mayor altura en el humedal de isla Santay como lo indican estudios sobre la palma imperial (Ayala et al. 2016, Herrera et al. 2017a). Mientras que el área de B.P., muestra una diferencia importante en cuanto a los promedios de altura, ya que se muestran menores en todos los estratos.

Además, se observa en el área de B.P. en la Figura 111, que la especie *S. trilobata* alcanzó mayores alturas, llegando a formar parte también del estrato medio, igualmente aparece otra especie exótica herbácea *C. rotundus*, ausente en la otra área, y las especies exóticas trepadoras por sus alturas, sugieren que sus soportes también tienen esos promedios de alturas. Aparentemente, en el área de B.P. la ausencia de una especie exótica como *R. oleracea*, contribuye al desarrollo de otras especies exóticas más, al no crear competencias por el espacio y altura.

En las Figuras 113 y 114, se presentan los perfiles de vegetación de ambas áreas, mostrando diferencias importantes en el arreglo espacial y vertical de las especies de plantas en general, y se puede notar la presencia-ausencia de ciertas especies, en ambas áreas se evidencia la importante participación de las especies exóticas, encontradas en todos los estratos, como en el área de A.P. donde se observa que entre las especies de plantas, la presencia de las especies exóticas es muy notable sobre todo en los estratos inferior y superior.

De la misma manera en el área de B.P. presenta un perfil de vegetación diferente al del área de A.P., mostrando un bosque más natural al de la zona, pero sin dejar de notarse la presencia imponente de las especies exóticas, que en este caso se agrupan en el E.I., y en el E.S. con las especies exóticas trepadoras.

Resultados similares en el análisis de los perfiles de vegetación, son obtenidos por Cárdenas - Torres (2014), en un estudio del análisis de comparación de la estructura de la vegetación en los Llanos del Orinoco Colombiano, determinan las clases de alturas de las especies vegetales y analizan los perfiles de vegetación, evidenciando cambios de estructura significativos entre las áreas analizadas.

La forma de vida y hábito de crecimiento de las especies de planta exóticas está muy relacionado al estrato en el que se encuentran (Raunkiaer, 1934), la synusia de plantas exóticas encontradas en los muestreos muestra una variedad de formas de vidas y hábitos de crecimiento, donde la predominancia en cuanto a la forma de vida es de Fanerófito tipo liana, mientras que el hábito de crecimiento predomina las plantas herbáceas y trepadoras.

Similar a lo reportado por Frank Rubio y Vásquez Rodríguez (2010) en monitoreo de herbáceas, trepadoras y epífitas del bosque protector Prosperina, donde menciona la presencia de dos especies exóticas las cuales tienen como formas de vida de camefita y fanerófita tipo liana, así como el hábito de crecimiento herbáceo y trepador; cabe mencionar, que una de las especies reportadas en ese estudio, es una planta trepadora (*P. pinnata*) reportada también en esta investigación.

Así mismo, en un monitoreo de las plantas exóticas en Argentina, realizado por Kutschker et al. (2015), encuentra que las especies exóticas herbáceas son las que predominan ante las demás especies exóticas.

El tipo y forma de las hojas que la synusia de plantas exóticas presentan, (Figuras 18 y 19) se puede observar una relación con los estratos en los que se encuentran. El tipo de hoja más común entre todos los estratos es la microfila, que incluso es la más abundante en el estrato inferior, así como también en cuanto a la forma de la hoja, lo más común entre los estratos son las hojas de forma simple alterna, estas descripciones coinciden, al menos, con las mismas especies exóticas reportadas en este estudio y en el de Herrera et al. (2017b).

5. Conclusiones

Las especies exóticas identificadas en los muestreos de las dos áreas de experimentación fueron seis, sin embargo, el muestreo realizado a lo largo de la ciclovía tomada como referencia de transecto, mostró que había la presencia de cinco especies más.

La riqueza, la diversidad y equidad de la synusia de plantas exóticas fue baja, sin embargo, se observó una abundancia de individuos considerablemente alta, pero concentrada con alrededor del 90% en una sola especie, *S. trilobata*, el cual fue la causa de los resultados de estas variables.

La dispersión de la synusia de plantas exóticas de acuerdo con el índice de Morisita muestran un arreglo espacial agrupado, formando parches de abultamiento de individuos entre los espacios que ocupan.

Se evidenció que *S. trilobata* es la especie exótica más importante, seguida de *P. pinnata* y la tercera es *R. oleracea*. Además de que la synusia de plantas exóticas están presentes en todos los estratos, sin embargo, donde muestran mayor concentración es en el estrato inferior.

Existen diferencias importantes entre las áreas de experimentación, en cuanto al arreglo espacial en promedio de alturas de las especies y la presencia-ausencia entre ellas, que varía de un área a otra.

Los perfiles de vegetación muestran diferencias estructurales entre las áreas sometidas a alta y baja perturbación, posiblemente determinadas por la presencia de la especie exótica *R. oleracea* en alta perturbación.

El hábito de crecimiento, la forma de vida, así como el tipo y tamaño de las hojas de la synusia de plantas exóticas son diversos y se ven muy relacionados a los estratos en los que se encuentran presentes.

Conclusiones

Las condiciones ambientales de la isla, con un clima uniforme semiárido seco, isohipertérmico, biestacional, formada como una planicie fluvial con una topografía plana, presenta áreas contrastantes con diferentes drenajes y regímenes de humedad, áreas distribuidas a lo largo de la costa de la isla, con inundaciones frecuentes debido al régimen diario de las mareas con suelos mal drenados que parecen favorecer la presencia de Bosques de Manglar y Bosques de Palma y por otro lado áreas centrales de la isla con pocas inundaciones solo afectadas por los agujeros con suelos mejor drenados favorecen a los Bosques Abiertos Dispersos y los Herbazales.

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.

La superficie de isla Santay, muestra una clara recuperación de la cobertura vegetal en el período de observación, a partir del abandono de las actividades agropecuarias, al ser expropiadas las haciendas y recibir denominaciones como área protegida y como humedal Ramsar. Las comunidades con mayor incremento en la superficie de la isla son el Bosque con alta densidad de palmas aumentando un 20% y la del Bosque con baja densidad de palmas con el 17%, en ambos el principal componente es la palma imperial, *Roystonea oleracea*, una especie introducida, generando una comunidad artificial, que puede ser considerado como un antroma.

En las áreas del Bosque de Palmas y Bosque de Manglar, las especies de plantas identificadas fueron ocho. *R mangle* es la especie más abundante en el área del Bosque de Manglar en todos los estratos, mientras que, en el área de Bosque de Palmas *R oleracea* es la especie más abundante en el estrato superior con un número alto de individuos, de igual manera en el estrato medio, pero con pocos individuos presentes y en el estrato inferior se registró, además, *A. germinans* con igual número de individuos, siendo la más abundante C

amoenum en pequeños parches. En cada área la especie más abundante e importante presenta un patrón de dispersión agrupado.

La diversidad, riqueza y equidad de las especies de plantas en los dos bosques fue baja, a pesar, se registró una abundancia de individuos alta, pero con dominancias aproximadamente del 90% en una sola especie, *R mangle* y *R oleracea* son la causa de los resultados de estas variables.

Varias especies identificadas en este estudio se registran en otros estudios realizados en isla Santay y en el plan de manejo, sin embargo, existen otras que no se mencionan y es necesario el reconocimiento de su estatus. La mayoría de especies se reportan como nativas tanto en el Herbazal como en el Bosque Abierto Disperso.

En las áreas de Bosque Abierto Disperso (Bosque Seco) y Herbazal, se determinó que existen diferencias estructurales importantes respecto al arreglo espacial considerando el promedio de altura de las especies representado en el perfil de vegetación, siendo el Bosque Abierto Disperso dónde se presentan especies de mayor altura y en mayor cantidad. El hábito de crecimiento, tipo y tamaño de las hojas de las especies vegetales presentes, son diversos y están muy relacionados con el estrato en que se desarrollan.

La especie de hierba *L. octovalvis*, reportada como maleza, es la más frecuente, densa e importante en el área de Bosque Abierto Disperso seguida por la especie *T. billbergii*. Mientras que la especie de hierba *C. rotundus* es la más frecuente, densa e importante en el área de Herbazal seguida por la especie *S. scabra*. La riqueza, diversidad y equidad en ambas comunidades analizadas fueron bajas. El patrón de dispersión de las especies en las comunidades vegetales Bosque Abierto Disperso y Herbazal de acuerdo con el Índice de Morisita es agrupado, ciertas especies forman parches con densidad moderada y alta, principalmente en el Bosque Abierto Disperso.

En las áreas que fueron consideradas como perturbadas en función de dos niveles de la densidad de la palma imperial *R. oleracea*, se identificaron nueve especies de plantas trepadoras, sin embargo, esto no representa a la totalidad

de las especies de plantas trepadoras en la isla Santay. La mayor abundancia de individuos de la synusia de plantas trepadoras en comparación con otros estudios se presenta en el área de menor perturbación, en particular en el estrato medio, mientras que, en el área de mayor perturbación, las trepadoras son más abundantes en el estrato inferior.

P. pinnata es la especie más abundante en el área de mayor perturbación en cada estrato, mientras que, en el área de menor perturbación *S. clausum*, *I. carnea* y *E. polystachya* son las más abundantes en el estrato inferior, medio y superior, respectivamente. Las especies más importantes son *P. pinnata* y *E. polystachya* en alta y baja perturbación respectivamente. Las especies raras son *C. verticillata* en el estrato inferior y medio y *S. clausum* en el estrato superior de alta perturbación. Mientras que, *I. carnea* en el estrato inferior, *S. ellipticum* en el estrato medio e *Ipomoea sp.* En el estrato superior, fueron las especies más raras del área de baja perturbación.

Los índices de diversidad de Simpson, Shannon-Wiener y Margalef son superiores en el área de baja perturbación, este último solamente es superior en el estrato medio del área de mayor perturbación.

Las especies exóticas identificadas en los muestreos de las dos áreas de experimentación fueron seis, sin embargo, el muestreo realizado a lo largo de la ciclovía tomada como referencia de transecto, mostró que había la presencia de cinco especies más.

La riqueza, la diversidad y equidad de la synusia de plantas exóticas fue baja, sin embargo, se observó una abundancia de individuos considerablemente alta, pero concentrada con alrededor del 90% en una sola especie, *S. trilobata*, el cual fue la causa de los resultados de estas variables.

La dispersión de la synusia de plantas exóticas de acuerdo con el índice de Morisita muestran un arreglo espacial agrupado, formando parches de abultamiento de individuos entre los espacios que ocupan.

Se evidenció que *S. trilobata* es la especie exótica más importante, seguida de *P. pinnata* y la tercera es *R. oleracea*. Además de que la synusia de plantas

exóticas están presentes en todos estratos, sin embargo, donde muestran mayor concentración es en el estrato inferior.

Los perfiles de vegetación muestran diferencias estructurales entre las áreas sometidas a alta y baja perturbación, posiblemente determinadas por la presencia de la especie exótica *R. oleracea* en alta perturbación.

Recomendaciones

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 meteorológicas que permitan obtener información confiable, y así lograr mejores resultados en los cálculos del balance hídrico, y 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, y reconocer el porqué de la variabilidad y distribución de hábitats, 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).

Además, se recomienda realizar investigaciones posteriores al que antecede para conocer los microorganismos presentes en el suelo en condiciones anaerobias e hipersalinas.

Este estudio debería ampliarse mediante la evaluación 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 del suelo 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 en la Isla Santay, es deseable profundizar más en el tema para corroborar las tendencias encontradas. 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.

Agilizar convenios de universidades y entidades públicas o privadas que faciliten información, como base para múltiples proyectos investigativos.

Promover la divulgación de los proyectos de investigación dentro de la Isla Santay, contribuyendo con la reafirmación de los criterios por los cuales fue declarada sitio RAMSAR y Área Nacional De Recreación Isla Santay.

Para lograr la recuperación y rehabilitación de áreas perturbadas en el Humedal Ramsar Isla Santay, se recomienda realizar más estudios sobre la vegetación del humedal en especial en los manglares que sirvan de instrumento para la correcta gestión, recuperación y conservación del ecosistema.

Se sugiere que los resultados de esta investigación y estudios similares sirvan de aporte para elaborar un plan de manejo de la especie exótica *Roystonea oleracea* donde se tomen medidas y acciones para el control y monitoreo, que será llevado a cabo por la comunidad que habita Isla Santay y autoridades gubernamentales pertinentes.

Establecer acciones de control respecto a las especies a las especies de hierbas reportadas como malezas, considerando que algunas especies tienen uso medicinal, de esta forma poder disminuir la abundancia de estos individuos que pueden impedir el desarrollo de especies que favorecen el ecosistema de isla Santay.

Socializar con la comunidad de habitantes de isla Santay los resultados obtenidos en este estudio, así como con las autoridades correspondientes para lograr que se tomen medidas de prevención de introducción de especies exóticas medidas de conservación para las especies nativas.

Establecer parcelas de monitoreo continuo de la vegetación con área representativa en diferentes niveles de perturbación, puede proporcionar en el tiempo información valiosa sobre el estado de regeneración y sucesión de las especies, sobre las dinámicas de las especies, la estructura y diversidad de los ecosistemas en isla Santay.

Realizar análisis comparativos entre las especies exóticas y nativas, para comprobar los impactos que las synusia de especies exóticas está teniendo sobre estas especies y el ecosistema del humedal Ramsar isla Santay.

Referencias bibliográficas

- Acevedo, O. (2014). Identificación de las principales variables asociadas a condiciones de humedad. 35. Bogotá: Instituto de investigación de Recursos biológicos Alexander von Humboldt.
<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.
https://horizon.documentation.ird.fr/exldoc/pleins_textes/divers11-10/21849.pdf
- Adhikari, K. & Hartemink, A. (2016). Linking soils to ecosystem services- A global review. *Geoderma*, 262, 101-111.
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.08.009>
- Addo-Fordjour, P., Duah, P. E. & Agbesi, D. K. K. (2013). Factors Influencing Liana Species Richness and Structure following Anthropogenic Disturbance in a Tropical Forest, Ghana. *ISRN Forestry*, 2013(Article ID 920370), 1–11. <https://doi.org/10.1155/2013/920370>
- Addo-Fordjour, P., Rahmad, Z. B. & Shahrul Anuar, M. S. (2012). Effects of human disturbance on liana community diversity and structure in a tropical rainforest, Malaysia: implication for conservation. *Journal of Plant Ecology*, 5(4), 391–399. <https://doi.org/10.1093/jpe/rts012>
- Aguirre-Mendoza, Z. (2012). Especies forestales de los bosques secos del Ecuador. Guía dendrológica para su identificación y caracterización. Quito, Ecuador: Proyecto Manejo Forestal Sustentable ante el cambio climático. MAE/FAO.
- Almeida, P., Duriavich, M., Napolitano, R., & Feoli, E. (2016). Aplicación de técnicas SIG, sensores remotos y analisis multicritico para la detección de impactos antropogénicos en la cobertura de suelos y su proyección para el 2010. *Revista tecnológica ESPOL-RTE*, 74.

- Altamirano, M. (2007). Estudio de Factibilidad Proyecto de Humedales Provincia de Esmeraldas: La laguna de La Ciudad, La Tola, Eloy Alfaro. Guayaquil: Ministerio del Ambiente.
- Alves Rezende, A. (2005). Comunidade de lianas e sua associação com árvores em uma floresta estacional semidecidual. In Universidade Estadual de Campinas. Universidade Estadual de Campinas.
- Amador, G. A., Damasceno-Júnior, G. A., Casagrande, J. C. & Sartori, Â. L. B. (2012). Structure of two communities dominated by *Copernicia alba* and associations with soil and inundation in pantanal wetland, Brazil. *Oecologia Australis*, 16(04), 846–858.
<https://doi.org/10.4257/oeco.2012.1604.09>
- Anbarashan, M. & Parthasarathy, N. (2013). Diversity and ecology of lianas in tropical dry evergreen forests on the Coromandel Coast of India under various disturbance regimes. *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 208(1), 22–32.
<https://doi.org/10.1016/j.flora.2012.12.004>
- 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.
<https://181.39.85.171/bitstream/123456789/1971/1/ANDRADE%20CHICA%20ANDR%c3%89S%20.pdf>
- Andrade, J.C., Mafla, S., Ávila, E., Hernández, J. (2024). Characterization of Microbial Communities from the Rhizosphere of the Royal Palm (*Roystonea oleracea*) in a RAMSAR Wetland in Ecuador. In: Aransiola, S.A., Atta, H.I., Maddela, N.R. (eds) *Soil Microbiome in Green Technology Sustainability*. Springer, Cham.
https://doi.org/10.1007/978-3-031-71844-1_19
- Arango, G.M., J.W. Branch y V. Botero. (2005). Clasificación no supervisada de coberturas vegetales sobre imágenes digitales de sensores remotos: “Landsat – ETM+”. *Revista Facultad Nacional Agronomía Medellín* 58(1): 2611-2634.

- Araujo-Murakami, A., Paniagua, Na., Cayola, L., Jorgensen, P. M., Valdes, O., Macuapa, E. & Calzadilla-Tomianovich, M. (2009). Diversidad Y Estructura Florística Del Bosque De Llanura Y Palmar De Pantano Amazónico Preandino En El Sector De Chalalan, Parque Nacional Madidi, Bolivia. *Kempffiana*, 5(1), 3–27.
- Arbo, M. M. & González, A. M. (2019). *Botánica Morfológica. Morfología de plantas vasculares*. Corrientes, Argentina. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Noreste.
<https://www.botanica.unne.edu.ar/print/Hipertextos-2019.pdf>
- Arévalo, A. (2012). Estructura y distribución espacial de *Croton wagneri* Müll. Arg. (Euphorbiaceae) en un gradiente del matorral seco del sur de Ecuador. (Tesis de pregrado). Loja, Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja.
- Arias, H., Mora, R., & Vargas, C. (2014). Metodología para la corrección atmosférica de imágenes aster, rapideye, spot 2 y landsat 8 con el modelo flaash del software envi. *Revista Geográfica de América Central*, 39-59.
- Armas, C. (2010). Caracterizaicón físico - química y dinámica del carbono orgánico en los suelos de algunos ecosistemas de las Islas Canarias. (Tesis Doctoral). Universidad de la Laguna, España.
<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:
<https://doi.org/10.1007/s12224-015-9221-0>
- Ayala, C., Barona, M., Bermeo, F., Dorregaray, F., Guiracocha, G., Pardon, F., . . . Hernández Rosas, J. (2016). Proyecto: Potencial de invadir e impactos de la palma imperial (*Roystonea oleracea*) en los humedales Ramsar de la Isla Santay. *Misionero del Agro* (12), 54-69.
- Aye, Y., Pampasit, S., Umponstira, C., & Thanacharoenchanaphas, K. (2014). Floristic Composition, Diversity and Stand Structure of Tropical Forests in

- Popa Mountain Park. *Journal of Environmental Protection*, 5(17), 1588-1602.
- Badii, M. H., & Guillen, L. A. (2012). *Métodos No-Paramétricos de Uso Común. (Non Parametric Methods of Common Usage)*. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 7(1), 132-155.
- Bano, S., Khan, S. M., Alam, J., Alqarawi, A. A., Abd_Allah, E. F., Ahmad, Z., Rahman, I. U., Ahmad, H., Aldubise, A. & Hashem, A. (2016). Ecofloristic studies of the Beer Hills along the Indus River in the districts Haripur and Abbottabad, Pakistan. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 25(4): 801-810. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.02.009>
- Baridón, E. (2019). Apunte de edafología. Curso edafología departamento de ambiente y recursos naturales facultad de Ciencias agrarias y forestales. UNLP. <https://www.studocu.com/ec/document/universidadde-guayaquil/morfologia/tema-2-morfologia-26-03-19/42032888>
- Barik, S. K., Adhikari, D., Chettri, A. & Singh, P. P. (2015). Diversity of Lianas in Eastern Himalayas and North-Eastern India. En N. Parthasarathy, P. Vivek, & C. Muthumperumal, *Biodiversity of Lianas*. Rajasthan: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-14592-1>
- Begon, M., Harper, J. L. & Townsend, C. R. (2006). *Ecology: Individuals, Populations and Communities*. In Blackwell science (4th ed.). Blackwell Publishing Inc. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- 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.
- Bermeo, K., Ayala, C. y Hernández Rosas, J. (2022). Mycorrhizal activity in roots of climbing plants of the Ramsar wetland of Santay Island, Guayas,

- Ecuador. Third Student Congress on Food Science, Agriculture and Environment. Universidad Agraria del Ecuador.
- Bernardino Piguave, J. y Hernández Rosas, J. (2024). Actividad micorrízica en raíces de *Roystonea oleracea* en el humedal Ramsar isla Santay, Ecuador. *Acta Biol. Venez.*, 44(1): 51-60. Disponible en http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/revista_abv
- Berroterán, José. (1985). Geomorfología de un área 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: <https://doi.org/10.5772/intechopen.79142>
- Boone, J., Heider, C., Cole, T., Dwire, K. y Donato, D. (2011). Ecosystem carbon stocks Micronesian mangrove forests. *Wetlands*, 31(2), 343-352. doi: <https://doi.org/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.

- Brice, M.-H., Bergeron, A. & Pellerin, S. (2014). Liana distribution in response to urbanization in temperate forests. *Écoscience*, 21(2), 104–113. <https://doi.org/10.2980/21-2-3692>
- Briceño, F. (2013). Cambios de cobertura de la tierra en el valle del río Momboy. Venezuela: San Cristobal. (Tesis de Grado). Universidad de Los Andes, San Cristobal.
- 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>
- Burnham, R. J. & Santanna, C. V. (2015). Distribution, diversity, and traits of native, exotic, and invasive climbing plants in Michigan. *Brittonia*, 67(4), 350–370. <https://doi.org/10.1007/s12228-015-9385-1>
- 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. <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.
- Campanello, P. I., Garibaldi, J. F., Gatti, M. G. & Goldstein, G. (2007). Lianas in a subtropical Atlantic Forest: Host preference and tree growth. *Forest Ecology and Management*, 242(2–3), 250–259. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.01.040>
- 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 -Torres, M. (2014). Estudio comparativo de la composición florística, estructura y diversidad de fustales en dos ecosistemas del campo de producción 50k CPO-09, llanos del orinoco colombiano. *Colombia Forestal*, 17(2), 203-229.

- 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. <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. <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].
- Castillo Elías, B., Gervacio Jiménez, H., & Bedolla Solano, R. (2018). Estructura forestal de una zona de manglar en la laguna de Coyuca de Benítez, Guerrero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(45), 66-93. doi: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i45.140>
- Chapa, D., Sosa, J., & Alba, A. (2008). Estudio multitemporal de fragmentación de los bosques en la Sierra Fría, Aguascalientes, Mexico. *Madera y bosques*, 14(1): 37-51.
- Chapman, S. (1976). *Methods in Plant Ecology*. Oxford: Blackwell Sc. Publish.
- 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: <https://doi.org/10.1080/10549811.2014.925402>
- Chicas Batres, F. A., González Leiva, J. A., & Sayes, J. A. (2016). Composición florística y estructura del manglar de la Bahía de La Unión, El Salvador. *Rev. COMUN. Cient. Tecno*, 2(1), 52-64.
- Chuvienco, E. (1995). *Fundamentos de Teledetección Espacial*. Madrid. EDICIONES RIALP S.A.
- 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. y 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. y Estrada, M. (2010). Guía Práctica para la Caracterización del suelo y del terreno. 62. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura tropical [CIAT]; Corporación BIOTEC. https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/69682/RASTA_2011.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Colonnello, G., Rodríguez, L. y Guinaglia, R. (2012). Caracterización estructural y florística de un bosque con palmas anegado (chaguaramal), península de Paria, estado Sucre, Venezuela. *Acta Botánica Venezolánica*, 35(1), 1–26.
- 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. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/1515/S30924E16PL_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Corrales, C., Vargas, I., Vallejo, S. y Martínez, M. (2014). Deficiencia de azufre en suelos cultivables y su efecto en la productividad. *Biotecnia*, XVI (1), 38-44.
- Curtis, J. T., y McIntosh, R. P. (1951). An upland forest continuum in the pariréforest border region of Wisconsin. *Wisconsin: Ecology* 32(3): 476-496.
- Dangwal, L. R., Singh, T., Singh, A. y Sharma, A. (2012). Plant diversity assessment in relation to disturbances in subtropical Chirpine forest of the western himalaya of district Rajouri, J & K, India. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 2(2), 206–213.
- Dávila, 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 iquitosperú. (Tesis de pregrado). Escuela de formación profesional de Ingeniería en Ecología de bosques tropicales, Iquitos, Perú.

- De la Orden, E. A. (2020) Conceptos de Ecología. La Comunidad Vegetal. San Fernando del Valle de Catamarca. Editorial Científica Universitaria, Universidad Nacional de Catamarca.
<https://editorial.unca.edu.ar/Publicacione%20on%20line/Ecologia/imagenes/pdf/ecologia%202/Comunidad%20veg%20ecopa.pdf>
- Di Stéfano, J., Fournier, L., Carranza, J., Walter Marín y Mora, A. (1998). Potencial invasor de *Syzygium jambos* (Myrtaceae) en fragmentos. *Revista de Biología Tropical*, 46(3), 567-573.
http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77441998000300009
- Dodson, C.H. & Gentry, A.H. (1991). Biological extinction in western Ecuador. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 78: 273–295.
- 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.
<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/DOMINGUEZ%20HERMENEJILDO%20YULY%20ANGELICA.pdf>
- Domínguez Domínguez, M., Zavala Cruz, J., y Martínez Zurimendi, P. (2011). Manejo forestal sustentable de los manglares de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México: Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental. Colegio de Postgraduados.
- Donato, D., Kauffman, J., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M. y Kanninen, M. (2011). Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature Geoscience*, 4(5), 293-297.
- Downie, N. M., y Heath, R. W. (1986). *Métodos estadísticos aplicados*. (5ta edición). México: Harla.
- Durán Carcía, R. y García Contreras, G. (2011). Distribución espacial de la vegetación. *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatan*. 131-135.
<https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap3/03%20Distribucion%20espacial.pdf>
- Durigon, J., Durán, S. M. & Gianoli, E. (2013). Global distribution of root climbers is positively associated with precipitation and negatively associated with

- seasonality. *Journal of Tropical Ecology*, 29(04), 357–360.
<https://doi.org/10.1017/S0266467413000308>
- Durigon, J. & Luiz, J. (2011). Floristic composition and biogeographic relations of a subtropical assemblage of climbing plants. 1027–1044.
<https://doi.org/10.1007/s10531-011-0012-5>
- Elizondo, C. (2011). Estudio de Caracterización y Diagnóstico del Área de Manglares y Humedales de Puerto Morelos. Juárez: Jardín Botánico de ECOSUR Dr. Alfredo Barrera Marín. doi:
<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2994.8401>
- Espinosa, C.I., de la Cruz, M., L. Luzuriaga, A. Escudero, A. (2012). Tropical dray forest of the Ecuadorian Pacific region: Diversity, structure, function and conservation management. *Ecosistemas* 21(1-2):167-179
- Euan Hernández, A. A. (2014). Diversidad de Especies de Mangle en Soto La Marina, Tamaulipas e Isla de Jaina Hecelchakán, Campeche. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Fernández, Á., Guzmán, G. y Colonnello, E. (2007). Inventario de la diversidad florística de un sector del curso medio del río Palmar, estado Zulia. *Revista de La Facultad de Agronomía de La Universidad Del Zulia*, 24(1), 415–421.
- Frank Rubio, R. D. y Vasquez Rodriguez, D. A. (2010). Monitoreo de Herbáceas, Trepadoras y Epífitas en la zona alta del Bosque Protector Prosperina (Tesis de Grado) Escuela Superior Politecnica Del Litoral. Guayaquil.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Fraser, S., Singleton, P. y Clarkson, B. (2018). Hydric soils – field identification guide. 83. Tasman, New Zealand: Manaaki Whenua - Landcare Research.
<https://www.envirolink.govt.nz/assets/R13-5-Hydric-soilsfield-identification-guide.pdf>
- Fuentes Claros, A., Araujo Murakami, A., Cabrera Condarco, H., Canqui, F., Cayola, L., Maldonado, C. y Paniagua, N. (2004). Estructura, composición y variabilidad del bosque subandino xérico en un sector del Valle del río Tuichi, Anmi Madidi, La Paz (Bolivia). *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental*, 15, 41–62.

- 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 Manabi.
- García, J. & Francois, J. (2008). Comparación de metodologías para el mapeo de la cobertura y uso del suelo en el sureste de México. *Investigaciones geográficas*, Vol. 67.
- García, J. & Sánchez, C. (2006). Comunidades helechos estructura y composición. *Rev. Biol. Neotrop.*, 3(2), 139–156.
- 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.
- García-Lahera, J.P., Rodríguez Farrat, L.F. & Salabarría Fernández, D.M. (eds.). 2017. Protocolos para el monitoreo de especies exóticas invasoras en Cuba. Editorial GAIA, La Habana, Cuba. https://www.researchgate.net/publication/321296084_Protocolos_para_el_monitoreo_de_especies_exoticas_invasoras_en_Cuba
- Gentry, A. H. (1982). "Patterns of neotropical plant species diversity. *Evolutionary Biology*. Hecht, Wallace and Prance". Plenum Publishing Corporation, 15(1), 1-54.
- Gómez-Gómez, M., Danglot-Banck, C., y Vega-Franco, L. (2003). Sinopsis de pruebas estadísticas no paramétricas. Cuándo usarlas. *Revista Mexicana de Pediatría*, 70(2), 91-99.
- Gonzaga, C. (2014). Aplicación de índices de vegetación derivados de imágenes satelitales para la caracterización de cobertura vegetal. 1-3. Recuperado el 05 de Diciembre de 2016
- González, S. (2005). La Geografía escalar del capitalismo actual. *Geo Crítica / Scripta Nova*. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales. 9(189): 91-111.

- 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.
- González, L. & Romero, Á. (2013). Análisis multitemporal de los cambios de la cobertura de la tierra e incidencia del cultivo de palmas en el territorio del municipio de Villanueva Casanare. Pontificia Universidad Javeriana, 42-64.
- González Osorio, H., Siavosh Sadeghian, K. S. & Mejía Muñoz, B. (2005). El azufre en los suelos de la zona cafetera colombiana. 332. Colombia: Avance técnico Cenicafé.
<https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/355/1/avt0332.pdf>
- Gonzales-Pinto, A. L. (2017). Estructura y diversidad florística de la zona terrestre de un humedal urbano en Bogotá (Colombia). Luna Azul, (45): 201-226. <https://doi.org/10.17151/luaz.2017.45.11>
- Gotelli, N. J. (2001). A primer of Ecology (Third). Sinauer Associates, Inc.
- Greig-Smith, P. (1983). Quantitative plant ecology (3ra ed.). Berkeley: University of California Press. Berkeley.
- Grupo Especialista en Invasiones Biológicas [GEIB] (2009). Conceptos sobre invasiones biológicas. Consecuencias de la introducción de especies exóticas invasoras. GEIB: <http://geib-conceptos.blogspot.com/2009/03/consecuencias-de-la-introduccionde.html>
- Gualdrón, R. y Salinas; J. G. (1982). El azufre en suelos de los llanos orientales de Colombia. Suelos Ecuatoriales. 11(2): 221-230.
- Guerra Cerezo, E. (2010). Análisis multitemporal de la cobertura y uso de la tierra a través del sistema LCCS en la cuenca baja del Río Grande Santa Cruz. Universidad Mayor de San Simón.
- Guevara, M. F. & Ramírez, L. J. (2015). Eichhoinia Crassipes; su Invasividad y Potencial Fitorremediador. La Granja: Revista de Ciencias de la Vida, 22, 5-11.

- Guevara Romero, M. L., & Montalvo Vargas, R. (2015). Cambio de uso de suelo y vegetación derivados de la dotación de infraestructura: Sierra norte del Estado de Puebla. *Nova Scientia*, 7(13), 314-336.
- Gutiérrez-Báez, C., Ortiz-Díaz, J., Flores-Guido, J., y Zamora-Crescencio, P. (2012). Diversidad, estructura y composición de las especies leñosas de la selva mediana subcaducifolia del Punto de Unión Territorial (PUT) de Yucatán, México. *Polibotánica* (33), 151-174.
- 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.
- Hauenstein, E., González, M., Peña-Cortés, F. & Muñoz-Pedrerros, A. (2002). Clasificación Y Caracterización De La Flora Y Vegetación De Los Humedales De La Costa De Tolten (IX Región, Chile). *Gayana Botánica*, 59(2), 87–100. <https://doi.org/10.4067/S0717-66432002000200006>
- Hayes, M., Jesse, A., Tabet, B., Reef, R., Keuskamp, J. & Lovelock, C. (2017). The contrasting effects of nutrient enrichment on growth, biomass allocation and decomposition of plant tissue in coastal wetlands. *Plant and Soil*, 416(1), 193-204. doi: <https://doi.org/10.1007/s11104-017-3206-0>
- Hendershot, W. H., Lalonde, H., Duquette, M., & Carter, M. R. (1993). Soil sampling and methods of analysis. Canadian Society of Soil Science. Lewis Publishers, London.
- Hernández, J. (2000). Manual de Métodos y Criterios para la Evaluación y Monitoreo de la Flora y la Vegetación. Santiago: Universidad de Chile.
- Hernández, O. (2012). Análisis Multitemporal de Cobertura Vegetal del Municipio del Distrito Central años 1987 y 2006. (Tesis de Grado). Universidad Nacional. Autónoma de Honduras.
- Hernández, M. E., y Moreno-Casasola, P. (2018). Almacenes y flujos de carbono en humedales de agua dulce en México. *Madera y Bosques*, 24(1): 1-12. doi: <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2401881>
- Hernández-Rosas, J. (2015). Diferencias en los Balances Hídricos de las comunidades herbáceas de la región “El Salao”, Edo. Guárico. Venezuela.

- El Misionero del Agro, 12: 23-36. Obtenido en http://archivo.uagraria.edu.ec/web/revistas_cientificas/6/20-2015.pdf
- Hernández Rosas, J., Zambrano Zavala, L., Arízaga Gamboa, R., Andrade Yunga, J., Ferruzola Sánchez, L., Bruno Weibel, K., Morales Consuegro, J. y Pita Villamar, R. (2022). Captura de carbono por especies de plantas en la región Costa del Ecuador. Manta. Casa Editora del Polo. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/378300036_Captura_de_carbo_no_por_especies_de plantas_en_la_region_costa_del_Ecuador
- Herrera, I., Hernández, J., Suárez, C., Cornejo, X., Goncalvez, E., Ayala, C. (2017a). Reporte y distribución potencial de una palma exótica ornamental (*Roystonea oleracea*) en Ecuador. *Rodriguésia*, 68(2), 2-13. https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2175-78602017000200759
- Herrera, I., Ayala, C., Suárez, C., Peñafiel, M. & Romoleroux, K. (2017b). Plantas exóticas introducidas en Ecuador continental: Catálogo descriptivo de algunas especies. Guayaquil: Universidad Agraria del Ecuador.
- Herrera, I., Ordoñez, L. C., Freire, E., & Rizzo, K. (2018). Malezas y plantas exóticas en las cercanías de una ciclo-vía en un área protegida y sitio Ramsar (Isla Santay) en la costa del Ecuador. *Investigatio* (11), 17-28.
- Herrera Silveira, J., Camacho Rico, A., Pech, E., Pech, M., Ramírez Ramírez, J., & Teutli Hernández, C. (2016). Dinámica del carbono (almacenes y flujos) en manglares de México. *Terra Latinoamericana*, 34(1), 61-72.
- Heynes Silerio, S. A., González Elizondo, M., González Elizondo, M., Ruacho González, L., & López Enríquez, I. L. (2017). Humedales: vegetación acuática y subacuática. En J. Valero-Padilla, *La biodiversidad de Durango: Estudio de Estado* (págs. 249-257). México, DF, México: CONABIO, SRNyMA.
- Homeier, J., Englert, F., Leuschner, C., Weigelt, P. & Unger, M. (2010). Factors controlling the abundance of lianas along an altitudinal transect of tropical forests in Ecuador. *Forest Ecology and Management*, 259, 1399–1405. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.01.008>

- Howard, G. (1999). Especies invasoras y humedales. Ramsar COP7 DOC, 24: 1-11.
- Ibáñez, S., & Moreno, R. (2002). Procesos formadores de suelos: Gleyficación. Recuperado el 02 de 02 de 2022, de <https://n9.cl/ubj24>
- Ibarra-Manríquez, G. & Martínez-Ramos, M. (2002). Landscape variation of liana communities in a Neotropical rain forest. *Plant Ecology*, 160(1), 91–112. <https://doi.org/10.1023/A:1015839400578>
- iNaturalist. (2019). Disponible en <https://www.inaturalist.org>. Consultado el [15 febrero 2019]
- INFOSTAT, Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M. and Robledo, C.W. (2017) InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en <http://www.infostat.com.ar>
- 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]. <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. <https://n9.cl/gq2k8>
- Jaramillo, A., Navarrete, R., Carcelen, F., Massay, J. & Mora, S. (2008). Ficha Informativa del Humedal N° 1041 Isla Santay. Fundación Malecón 2000, 02-13. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/31571784/Ficha_Isla_Santaylibre.Pdf?1392415046=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DFicha_informativa_del_Sitio_Ramsar_1041.pdf&Expires=1745083200&Signature=VHYThIKbrem6JxZqhPJ5ilcOu2vGzuK4Cjv2s3q4DgQrOXdFsMuQ~pt4IL1jUpDZVwnKHTgw9gO-cO~VjiUtwyk7Xr7CLx6SlvJ~Y6EZqh59RV4JbvA1AO7ppRK7q7Q0MH3uRQZVs64Eh56W2pr8wkelU1wJKOeOu~3~3Xn5QpDFcC~Qms0oqmcceJZ6duEisJf7zecChvK6AAleQ1U1SwnoNL0f1vtQi7fojnBc2hOJwgaNFmZzvlrBuBIR2ExrUWOzFfmvv2ZI60nWPXF1auku1kskuVAcAiaFFlapc050-

[gMVpJ~y0Uxk1VbH4PjJ6N~t2vQR~ZQBTEgNU0x1dMg &Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/646/documents/EC1041mgt.pdf)

- 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. <https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/646/documents/EC1041mgt.pdf>
- Kandasamy, K., y Bingham, B. L. (2001). Biology of Mangroves and Mangrove Ecosystems. *Advances in Marine Biology*, 40(1), 81-251. doi: [https://doi.org/10.1016/S0065-2881\(01\)40003-4](https://doi.org/10.1016/S0065-2881(01)40003-4)
- Kass, D. (1996). Fertilidad de Suelos. San José, Costa Rica: EUNED.
- Kershaw, K. (1969). Quantitative and dynamic ecology. (E. Arnold, Ed.) London: Ltd. Reprinted.
- Kusumoto, B., Enoki, T. & Watanabe, Y. (2008). Community structure and topographic distribution of lianas in a watershed on Okinawa, southwestern Japan. *Journal of Tropical Ecology*, 24(06), 675. <https://doi.org/10.1017/S0266467408005452>
- Kutschker, A., Hechem, V., Codesal, P., Marcia, R., López, S. & Valeria Silva. (2015). Diversidad de plantas exóticas en áreas sometidas a distintos disturbios en el Parque Nacional Los Alerces, Chubut (Argentina). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 50 (1): 47-59. Disponible en <https://doi.org/10.31055/1851.2372.v50.n1.10857>
- La Roca Cervigon, N. & Hurtado Soler, A. (2012). Estructura del alcornocal de Mosquera tras un aprovechamiento secular (Serra d'Espadà, Castellón, España). *Cuadernos de Geografía*, 90, 169–186.
- Labrada, M. (2015). Evaluación de cambios en la cobertura vegetal de manglares mediante la aplicación de los sensores remotos. *Dialnet plus*, 6-13.
- Labrador, J. (2008). Manejo del suelo en los sistemas agrícolas de producción ecológica. 47. Sociedad Española de Agricultura Ecológica [SEAE]. <https://itscv.edu.ec/wp-content/uploads/2018/10/MENEJO-DEL-SUELO-AGROECOLOGICA.pdf>

- 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>
- Lara, C. (2018). Análisis multitemporal del desarrollo de la cobertura vegetal mediante el uso de sensores remotos en la isla Santay- provincia del Guayas. (Tesis de Pregrado). Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/LARA%20MERCH%C3%81N%20C RISTINA%20MAR%C3%8DA.pdf>
- Lema Vélez, L. F. & Polanía, J. (2007). Estructura y dinámica del manglar del delta del río Ranchería, Caribe colombiano. *Revista de Biología Tropical*, 55(1), 11-21.
- Letcher, S. G. & Chazdon, R. L. (2009). Lianas and self-supporting plants during tropical forest succession. *Forest Ecology and Management*, 257(10), 2150–2156. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.02.028>
- 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>
- Loor, A. (2015). La participación de la comunidad San Jacinto de Santay de la Isla Santay hacia el turismo (Tesis de pregrado). Guayaquil, Ecuador: Universidad Casa Grande.
- Lot, A. & Chiang, F. (1986). *Manual de Herbario. Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección*. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

- Lot, A., Zepeda, C., y Mora, A. (2015). Vegetación acuática y subacuática de México. En A. Mora-Olivo, Catálogo de la flora y vegetación de los humedales mexicanos (págs. 27-104). México, DF, México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Lowman, M. & Nadkarni, N. M. (2004). Forest Canopies. In *Ecology* (2nd ed., Vol. 54). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Luna, E. (2017). Suelos de un humedal salino y fluctuante: La Laguna de Gallocanta. (Tesis Doctoral). Universidad de Zaragoza, España. <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. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/9711>
- Magurran, A. (1988). *Ecological Diversity and Its Measurement*. New Jersey: Princeton University Press.
- Mandal, G. & Joshi, S. P. (2014). Analysis of vegetation dynamics and phytodiversity from three dry deciduous forests of Doon Valley, Western Himalaya, India. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, 7(3), 292–304. <https://doi.org/10.1016/j.japb.2014.07.006>
- Mani, S., & Parthasarathy, N. (2016). Tree diversity and stand structure in inland and coastal tropical dry evergreen forests of peninsular India. *Current Science*, 90(9), 1238-1246.
- Manrow, M., y Vilchez Alvarado, B. (2012). Estructura, composición florística, biomasa y carbono arriba del suelo en los manglares Laguna de Gandoca y Estero Moín, Limón, Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 9(23), 1-18.
- 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).

- Marechal, C., Delgado, J., Mejía, A., Bohórquez, S., & Orellana, J. (2000). Ficha Informativa de los Humedales Ramsar. Comité Ecológico del Litoral. Guayaquil: Comité Ecológico del Litoral.
- Margalef, R. (1977). *Ecología*. Barcelona: Ediciones Omega.
- Martínez, C. (2005). Estudio multitemporal de cambios en la cobertura vegetal (1979-2004) y modelización prospectiva en la provincia de Cotopaxi. EcoCiencia, Quito.
- Martínez López, R. (2010). Analisis Multitemporal para la evaluación de la degradación ambiental en los ecosistemas del Golfo de Fonseca, sección Honduras. [Tesis de Magister, Universidad San Francisco de Quito]. https://issuu.com/unigis_latina/docs/binder1
- Martínez, L. & Ruiz, L. (2017). Analisis de la perdida en la cobertura vegetal a partir de un estudio multitemporal 2007-2013. [Tesis de Grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3275/1/MartinezLiseth_RuizOrjuelaLissaMaria2016.pdf
- Martella, M., Trumper, E., Bellis, L., Renison, D., Giordano, P., Bazzano, G., & Gleiser, R. (2012). Manual de Ecología. Evaluación de la biodiversidad. *Reduca (Biología)*, 5(1), 71-115.
- Mascaro, J., Schnitzer, S. A. & Carson, W. P. (2004). Liana diversity, abundance, and mortality in a tropical wet forest in Costa Rica. *Forest Ecology and Management*, 190(1), 3–14. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2003.10.002>
- Matamoros, A. (2018). Estructura y diversidad de especies de plantas exóticas en el humedal RAMSAR de la Isla Santay, Guayas (Tesis de pregrado). Guayaquil, Ecuador: Universidad Agraria del Ecuador.
- Matteucci, S. D., y Colma, A. (1982). Metodología para el estudio de la vegetación. Washington: OEA. Secretaría General.
- 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: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/37/1/012040>

- McKean, S. (1993). Manual de análisis de suelos y tejido vegetal. 97. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT]. http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos/Ciat/Digital/S593.M2_Manual_de_an%C3%A1lisis_de_suelos_y_tejido_vegetal_Una_gu%C3%ADa_t%C3%B3rica_y_pr%C3%A1ctica_de_metodologia.pdf
- McRoberts, R., Tomppo, E., & Czaplewski, R. (1997). Diseños de muestreo de las Evaluaciones Forestales Nacionales. http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/national_forest_assessment/images/PDFs/Spanish/KR2_ES_4.pdf
- 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.
- Mena, C., Ormazábal, Y., Morales, Y., Santelices, R., & Gajardo, J. (Julio de 2011). Índices de área verde y cobertura vegetal para la ciudad de parral (chile) mediante fotointerpretación y sig. 524. <http://www.bioline.org.br/pdf?cf11052>
- Méndez, W. (2018). Diversidad y abundancia de la synusia de plantas trepadoras en la isla Santay (Tesis de pregrado). Guayaquil, Ecuador: Universidad Agraria del Ecuador.
- Mendoza, J. & Jimenez, E. (2011). Estructura de la Vegetación, Diversidad y Regeneración Natural de árboles en bosque seco en la comuna limoncito-provincia de Santa Elena (Tesis de grado), Escuela Superior Politécnica del Litoral. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/17077>
- Menéndez Carrera, L. (2013). Ecosistema de manglar en el Archipiélago Cubano (Tesis Doctoral). Universidad de Alicante, Alicante.
- Menéndez Carrera, L & Guzmán Menéndez, J M. (2006). El ecosistema de manglar en el Archipiélago Cubano: estudios y experiencias enfocados a su gestión. Editorial Academia, La Habana. https://www.researchgate.net/profile/Pedro-Alcolado-2/publication/267097213_Mortalidad_masiva_de_manglares_un_caso_e

[n el norte de Cuba/links/544547a30cf2f14fb80ef8e9/Mortalidadmasiva-de-manglares-un-caso-en-el-norte-de-Cuba.pdf](http://www.bibliotecaonuu.org/links/544547a30cf2f14fb80ef8e9/Mortalidadmasiva-de-manglares-un-caso-en-el-norte-de-Cuba.pdf)

Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE] (2000). Estrategias de Adaptación al Cambio Climático en la Cuenca Baja del Río Guayas y Golfo Interior de Guayaquil. <http://www.bibliotecaonuu.org/ResultsPreli.aspx?Code=422>

Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE] (2010). Proyecto de recuperación de las áreas protegidas de la ciudad de Guayaquil: Estero Salado e Isla Santay. Ministerio del Ambiente-Subsecretaria de Gestión Marina y Costera.

<https://www.ambiente.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2020/07/2.E-ESTERO-SALADO.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].

<http://190.152.46.74/documents/10179/242256/19+PLAN+DE+MANEJO+ISLA+SANTAY+ANR+Isla+Santay.pdf/a13669f7-b6e6-4592-93c6c339f48b00ea>

Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE]. (2015). Quinto Informe Nacional para el Convenio sobre la Diversidad Biológica. Quito - Ecuador.

Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE]. (2016). Estrategia Nacional de Biodiversidad 2015-2030. primera edición.

<http://maetransparente.ambiente.gob.ec/documentacion/WebAPs/Estrategia%20Nacional%20de%20Biodiversidad%202015-2030%20-%20CALIDAD%20WEB.pdf>

Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE] (2019). Plan de acción decenal para la prevención, manejo y control de las especies exóticas en Ecuador continental.

<https://www.ambiente.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2019/02/AM-007-2019-PLAN-DE-ACCION.pdf>

Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE]; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura [FAO], (2014). Árboles y

- Arbustos de los Manglares del Ecuador.
<https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/55818.pdf>
- Minitab, L. L. C. (2021). Minitab. Computer Software]. <https://www.minitab.com>.
- Montañez Valencia, R., Escudero Vásquez, C., y Duque Montoya, Á. (2010). Patrones de Distribución Espacial de Especies Arbóreas en Bosques de Alta Montaña del Departamento de Antioquia, Colombia. *Revista Facultad Nacional De Agronomía, Medellín*, 63(2), 5629-5638.
- Montaño, M. & Sanfeliu, T. (2008). Ecosistema Guayas (Ecuador), Medio ambiente y sostenibilidad. *Revista Tecnológica ESPOL*, 21(1), 1-6.
<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>
- Monzón, A. N., Castañeda Noa, I. & Mederos, J. M. (2001). Flora y Vegetación de Cayo Santa María (Archipiélago Sabana-Camagüey). *Jardín Botánico Nacional, Universidad de La Habana*, 22(1), 67–84.
- Morán, M. (2021). Estructura y diversidad del Bosque Seco y herbazal de isla santay. (Tesis de Pregrado). Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador.
https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/MORAN%20PILAY%20GILBY%20MILENA_compressed.pdf
- Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. *M&T–Manuales y Tesis SEA*, (1): 1-84.

- Moreno-Casasola, P., Cejudo-Espinosa, E., Capistrán-Barradas, A., InfanteMata, D., López-Rosas, H., Castillo-Campos, G., Pale-Pale, J. & Campos-Cascaredo, A. (2010). Composición Florística, Diversidad Y Ecología De Humedales Herbáceos Emergentes En La Planicie Costera Central De Veracruz, México. *Boletín de La Sociedad Botánica de México*, 87, 29–50.
- 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.
- Moreno Casasola, P., López Rosas, H., Infante Mata, D. y Peralta Pelaez, L. A. (2011). La biodiversidad de los humedales. En C. N. (Conabio), *La biodiversidad en Veracruz* (págs. 217-228). México, DF, México: Instituto de Ecología.
- Moreno-Casasola, P. & Warner, B. (2009). *Breviario para describir observar y manejar humedales*. Xalapa, México, México: Instituto de Ecología.
- Moreno Pavón, K. A. (2018). *Estructura y zonación de la vegetación arbórea del manglar de la Comunidad Masa 1*. Universidad de Especialidades Espíritu Santo.
- Morisita, M. (1959). Measuring the dispersion and the analysis of distribution patterns. *Memoires of the Faculty of Science, Kyushu University, Series E. Biology* 2, 215-235.
- Mostacedo, B., & Fredericksen, T. (2000). *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*. (D. Nash, Ed.) Santa Cruz de la Sierra, Bolivia: El País.
- Muthumperumal, C. & Parthasarathy, N. (2013). Diversity, distribution and resource values of woody climbers in tropical forests of southern Eastern Ghats, India. *Journal of Forestry Research*, 24(2), 365–374. <https://doi.org/10.1007/s11676-012-0315-8>
- Muthuramkumar, S. & Parthasarathy, N. (2000). Alpha Diversity of Lianas in a Tropical Evergreen Forest in the Anamalais, Western Ghats, India. *Diversity and Distributions*, 6(1), 1–14. <https://doi.org/10.1046/j.14724642.2000.00057.x>

- Myers, R. (2013). Humedales dominados por palmas (Arecaceae) en el Neotrópico: Una introducción. *Revista de biología tropical*, 61(1), 5-24.
- Nascimento, M., Araújo, R., Lima, M., Barros Fagundes Netto, E., y Alvarenga Braga, J. (2013). The Imperial Palm (*Roystonea oleracea* (Jacq.) O.F. Cook) as an invasive species of a wetland in Brazilian Atlantic forest. *Wetlands Ecology and Management*, 21, 367–371. doi: <https://doi.org/10.1007/s11273-013-9306-6>
- 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 área of brazilian cerrado vegetation. *EDINBURGH JOURNAL OF BOTANY*, 69(1), 1-27. doi: <https://doi.org/10.1017/S0960428611000382>
- Nielsen, J. N. (2001). Diversity and distribution of lianas in a neotropical rain forest, Yasuní National Park, Ecuador. *Journal of Tropical Ecology*, 17(01), 1–19. <https://doi.org/10.1017/S0266467401001018>
- Núñez, M. & Pauchard, A. (2010). Biological invasions in developed contries: does one model fit all? *Biological Invasions* 12, 707-714.
- Oliveira, M. T. de, Damasceno-Junior, G. A., Pott, A., Paranhos Filho, A. C., Suarez, Y. R. & Parolin, P. (2014). Regeneration of riparian forests of the Brazilian Pantanal under flood and fire influence. *Forest Ecology and Management*, 331, 256–263. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.08.011>
- 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 Agricultura y la Alimentación [FAO] (2004). *Inventario Forestal Nacional. Manual de Campo*. Guatemala: Forest Resources Assessment Working paper.

- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO] (2007). The world's mangroves 1980-2005. A thematic study prepared in the framework of the Global Forest Resources 2005. Roma: FAO Forestry Paper 153.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2009). Guía para la descripción de suelos (Cuarta ed.). Roma: FAO. <http://www.fao.org/3/a0541s/a0541s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO] (2010). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010. Roma: FAO Forestry Paper 163.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO] (2016). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2015. ¿Cómo están cambiando los bosques del mundo? <http://www.fao.org/3/a-i4793s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas. (2018). Día Internacional de la Diversidad Biológica, 22 de mayo. <http://www.un.org/es/events/biodiversityday/index.shtml>
- 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>
- Organización de Naciones Unidas. (1992). Convenio de las Naciones Unidas sobre Diversidad Biológica. Rio de Janeiro.
- Orjuela Rojas, A., Villamil, C., & Sanjuan Muñoz, A. (2011). Cobertura y estructura de los bosques de mangle en la Baja Guajira, Caribe Colombiano. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, 40(2), 381-399.
- 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]. https://www.conacyt.gov.py/sites/default/files/Tesis-Elmira_Oroa.pdf

- Ortiz, C., Ramírez, I., Vidal, O., Álvarez, M., Pérez, Y., Solís, J., & Álvarez, I. (2014). Estudio preliminar de la biodiversidad vegetal terrestre en el Estero Walker (Región de Aysén, Chile). *Gayana Botánica*, 71(2), 227-245.
- Palacios Bermúdez, E. (2015). Análisis Multitemporal de los cambios de la cobertura en la zona pacífico norte del departamento del Chocó 1990-2014. Manizales: Universidad de Manizales.
- Parthasarathy, N., Vivek, P., Muthumperumal, C., Muthuramkumar, S. & Ayyappan, N. (2015). Biodiversity of Lianas. In N. Parthasarathy (Ed.), *Sustainable Development and Biodiversity*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-14592-1>
- Pauchard, A., Quiroz, C., García, R., Anderson, C. B. & Kalin Arrollo, M. T. (2011). Invasiones biológicas en América Latina y el Caribe: tendencias en investigación para la Conservación Biológica: Perspectivas desde América Latina. Simonetti J, Dirzo R. Editorial Universitaria, Santiago Chile. pag 79- 94.
- Paul, G. S. & Yavitt, J. B. (2011). Tropical Vine Growth and the Effects on Forest Succession: A Review of the Ecology and Management of Tropical Climbing Plants. In *Botanical Review* (Vol. 77, Issue 1, pp. 11–30). <https://doi.org/10.1007/s12229-010-9059-3>
- Peña, C., & Cardona, G. (2010). Dinámica de suelos amazónicos: Procesos de degradación y alternativas para su recuperación. Bogotá, Colombia: Instituto Sinchi.
- Peet, R. (1975). Relative Diversity Indices. *Ecology*, 56(2): 496 - 498.
- Pincheira-Ulbrich, J., Rau, J. R. & Smith-Ramírez, C. (2012). Diversidad de plantas trepadoras y epífitas vasculares en un paisaje agroforestal del sur de Chile: Una comparación entre fragmentos de bosque nativo. *Boletín de La Sociedad Argentina de Botánica*, 47(3–4), 411–426.
- Pinto, C. A., Garrido, J. T. & Ortiz Díaz, J. J. (2017). Diversidad, estructura y afinidades florísticas de un bosque temporalmente inundable de la Península de Yucatán. *Revista de Biología Tropical*, 65(3), 868–880.
- 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.
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/30305/1/Trabajo%20de%20Titulaci%c3%b3n.pdf>
- Putra, S., Prabowo, A., & Rayes, M. (2014). Studi tingkat perkembangan tanahpada Toposequen Gunung AnjasmoroMalang, Jawa Timur. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 1(1), 39-50.
- Qi, D. H., Guo, H. J. & Sheng, C. Y. (2013). Assessment of plant species diversity of ancient tea garden communities in Yunnan, Southwest of China. *Agroforestry Systems*, 87(2), 465–474.
<https://doi.org/10.1007/s10457-012-9567-8>
- Quinn, G. P. & Keough, M. J. (2002). *Experimental Design and Data Analysis for Biologists*. In Cambridge University Press. Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Quintana, D. D. La. (2005). Diversidad florística y estructura de una parcela permanente en un bosque amazónico preandino del sector del Río Hondo, Área Natural de Manejo Integrado Madidi (La Paz, Bolivia). *Ecología en Bolivia*, 40(3), 418–442.
- Radford, A., Dickison, W., Massey, J. & Bell, R. (1974). *Vascular Plant Systematics*. New York, USA: Harper and Row Publishers.
- Ramsar. (2015). El Cuarto Plan Estratégico para 2016 – 2024. Punta del Este. Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas – la “Convención de Ramsar”:
<https://www.ramsar.org/es/acerca-de/la-importancia-de-loshumedales>
- Raunkiaer, C. (1934). *The Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography*. Oxford: Clarendon Press.

- Reddy, M. S. & Parthasarathy, N. (2003). Liana diversity and distribution in four tropical dry evergreen forests on the Coromandel coast of south India. *Biodiversity and Conservation*, 12(8), 1609–1627. <https://doi.org/10.1023/A:1023620901624>
- Reddy, M. S. & Parthasarathy, N. (2006). Liana diversity and distribution on host trees in four inland tropical dry evergreen forests of peninsular India. *Tropical Ecology*, 47(1), 109–123. <https://doi.org/10.1017/S1477200004001604>
- Reza Gaona, M., Jiménez Cauch, J. y López, X. (2011). Reporte final del proyecto de monitoreo del manglar en el municipio de Solidaridad (Riviera Maya) Quintana Roo, México. Amigos de Sian Ka'an A.C.
- Rodríguez, F., M. Larrea, A. Ruíz, V. Benítez, F. Nogales, P. Suárez, L. Suárez, I. Jaramillo & P. Guerrero. (1995). Caracterización Ecológica y Socioeconómica de la Isla Santay. Guayas – Ecuador/ Eco Ciencia /Quito - Ecuador.
- Rodríguez, Villón, G. (2015). Determinación de la Estructura, Diversidad y Abundancia de la Vegetación del Mamglar de Palmar, Provincia de Santa Elena. [Tesis de Grado, Universidad Estatal Provincia de Santa Elena]. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/2204>
- Rodríguez Cevallos, A. y Hernández Rosas, J. (2024). Caracterización de los visitantes florales y polinizadores de la vegetación en isla Santay. *Polo del Conocimiento*, 9 (7): 246-269. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/7500>
- Roeder, M., Hölscher, D. & Ferraz, I. D. K. (2010). Liana regeneration in secondary and primary forests of central Amazonia. *Plant Ecology and Diversity*, 3(2), 165–174. <https://doi.org/10.1080/17550874.2010.484555>
- Rojas, S. (2011). Evaluación de metodologías para procesamiento de imágenes satelitales para identificación de cambios de uso de suelo. [Tesis de Grado, Escuela Politecnica del Ejercito] <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/5930030>

- Romahn De La Vega, C. F. y Ramírez Maldonado, H. (2010). Dendrometría. Mexico, DF: Universidad Autónoma de Chapingo.
- 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.
- Sala, O., Chapin, F., Armesto, J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R. & Wall, D. (2000). Global biodiversity scenarios for the year 2100. Science, 278, 1770-774.
- Samaniego, J., Trejo, C., Vásquez, H., Eraso, D., Larreta, E., Cando, M., & Agreda, A. (2010). Plan de manejo: Área Nacional de recreación Isla Santay y Gallo. página web del SUIA: [http://simce.ambiente.gob.ec/sites/default/files/documentos/anny/Product_o%203,%20PLAN%20DE%20MANEJO%20\(corregido%20abr%202011\).pdf](http://simce.ambiente.gob.ec/sites/default/files/documentos/anny/Product_o%203,%20PLAN%20DE%20MANEJO%20(corregido%20abr%202011).pdf)
- Sánchez-Rodríguez, E., López-Mata, L., García-Moya, E., & Cuevas-Guzmán, R. (2003). Estructura, composición florística y diversidad de especies leñosas de un bosque mesófilo de montaña. Boletín de la Sociedad Botánica de México (73), 17-34.
- Sanches, M. C. & Valio, I. F. M. (2002). Seedling Growth of Climbing Species from a Southeast Brazilian Tropical Forest Stable. Plant Ecology, 154(51), 51–59.
- 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. https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/SANTANDER%20MOREIRA%20ROGERS%20XAVIER_compressed.pdf
- Santiago-Pérez, A. L., Jardel-Peláez, E. J., Cuevas-Guzmán, R. & HuertaMartínez, F. M. (2009). Vegetación de bordes en un Bosque Mesófilo de Montaña del Occidente de México. Boletín de La Sociedad Botánica de México, 85, 31–49.
- Santillán, M. (2017). Manual de malezas presentes en cultivos de importancia económica del Ecuador. Quito, Ecuador: Agrocalidad.

- Schnitzer, S. A. & Bongers, F. (2002). The ecology of lianas and their role in forests. *Trends in Ecology & Evolution*, 17(5), 223–230. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(02\)02491-6](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(02)02491-6)
- Schnitzer, S. A., Dalling, W. & Carson, W. P. (2000). The impact of lianas on tree regeneration in tropical forest canopy gaps: evidence for an alternative pathway of gap-phase regeneration. *Journal of Ecology* 88:655–666.
- Schüttler, E. & Karez, C. S. (2008). *Especies exóticas invasoras en las Reservas de Biosfera de América Latina y el Caribe. Un informe técnico para fomentar el intercambio de experiencias entre las Reservas de Biosfera y promover el manejo efectivo de las invasiones biológicas*. Montevideo: UNESCO.
- 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]. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/P33-9965.pdf>
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo [SENPLADES]. (2013). *Plan Nacional Buen Vivir* (pp. 1–602).
- 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>
- 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.
- Smith, T. M. & Smith, R. L. (2012). *Elements of Ecology*. Boston: Benjamin Coummings.
- 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. 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.
https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051546.pdf
- Solano Decker, G. y Hernández Rosas, J. (2022). Estudio de abundancia y distribución del Caracol Africano (*Achatina fulica*) en la Isla Santay, Provincia del Guayas. Polo del Conocimiento, 7(6): 2458-2474. Disponible en <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/4203>
- 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. (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>
- Staples, G. W. & Herbst, D. R. (2005). A tropical Garden Flora: Plants Cultivated in the Hawaiian Islands and Other Tropical Places. Bishop Museum Press, 908.
- Talukdar, S. (2017). Diversity Indices of Aquatic Macrophytes in Jharokh Wetland, Assam, India. International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations In Technology, 3(5), 32–35.
- 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.
<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/23364>
- The International Plant Names Index Collaborators [IPNI] (2019). International Plant Names Index. Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/uhl1mw> accessed via GBIF.org on 2024-08-21.
- 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. <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/60259#page=58>

- Thornthwaite, C. (1948). An Approach Toward a Rational Classification of Climate. *Geog*, 66(1), 55-94.
<https://doi:10.1097/00010694194807000-00007>
- 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.
- Tiner, R. (1999). *Wetland indicators: a guide to wetland identification, delineation, classification, and mapping* / Ralph Tiner. (Primera ed.). Boca Raton: Taylor & Francis. <https://doi:10.1201/9781420048612>
- Tng, D., Apgaua, D., Campbell, M., Cox, C., Crayn, D., Ishida, F., Liddell, M., Seager, M. & Laurance, S. (2016). Vegetation and floristics of a lowland tropical rainforest in northeast Australia. *Biodiversity Data Journal*, 4, e7599. <https://doi.org/10.3897/BDJ.4.e7599>
- 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.
<https://181.39.85.171/bitstream/123456789/2040/1/TOR%c3%81N%20FI%20GUEROA%20ROCIO%20GUADALUPE%20.pdf>
- Torrez Flores, V. W., García, E., Araujo, A. & Macia, M. (2008). Estructura y patrones de diversidad vegetal leñosa en relación a topografía y variables edáficas - Sector de bosque seco semideciduo subandino (Río San Juan, Parque Nacional Madidi, Bolivia). Universidad Mayor de San Andres.
- 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>
- Trejo, C. & Lavayen, Y. (2010). Descripción de la flora representativa del Área Nacional de Recreación Isla Santay (ANRIS). Guayaquil: Ministerio del Ambiente del Ecuador. Tropicos.org. Missouri Botanical Garden 23 de Enero de 2018. <http://www.tropicos.org/ProjectList.aspx>

- Tukey, J. (1949). Comparing Individual Means Analysis of Variance. *Biometrics*, 5(2), 99-114. doi: <https://doi.org/10.2307/3001913>
- United Nations Environment Programme (2010). State of Biodiversity in Latin America and the Caribbean. Disponible en http://www.unep.org/delc/Portals/119/Latinamerica_StateofBiodiv.pdf
- United Nations Environment Programme [UNEP-WCMC] (2016) El estado de la biodiversidad en América Latina y el Caribe. UNEP-WCMC, Cambridge, Reino Unido.
- 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. <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-soiltexture/>
- 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. 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)
- Valiela, I. & Cole, M.L., 2002. Comparative evidence that salt marshes and mangroves may protect seagrass meadows from land-derived nitrogen loads. *Ecosystems* 5, 92-102. <https://seagrant.whoi.edu/wpcontent/uploads/2015/01/WHOI-R-04-003-Valiela-I.-Salt-MarshesBiolog.pdf>

- 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.
- Vázquez, R. (2015). Metodología para ajustar clasificaciones supervisadas de imágenes satelitales, una contribución a la conservación del gorrión serrano. México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Vásquez, M., Larrea, M., Suárez, I., & Ojeda, P. (2001). Biodiversidad en los bosques secos del suroccidente de la provincia de Loja. Un reporte de las evaluaciones ecológicas y socioeconómicas rápidas. Quito, Ecuador: Ecociencia, Ministerio del Ambiente, Herbario LOJA y Proyecto Bosque seco.
- Vasquez, S. (2018). Composición florística de árboles y arbustos de diez parques de la Ciudad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil.
- Velarde, E. P., Guzmán, R. C. & Koch, S. D. (2008). Plantas vasculares y vegetación de la parte alta del arroyo agua fría, municipio de minatitlán, Colima, México. *Acta Botanica Mexicana*, 84(1), 25–72.
- Vera, T. (2022). Caracterización físico química de los suelos asociados a las comunidades vegetales presentes en el humedal Ramsar isla Santay. (Tesis de grado). Universidad Agraria del Ecuador. [https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/VERA%20SEGURA%20TATIANA%201%20\(1\).pdf](https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/VERA%20SEGURA%20TATIANA%201%20(1).pdf)
- Villagra, B. L. P., Gomes, E. P. C., Burnham, R. J. & Romaniuc Neto, S. (2013). Diversity and abundance of climbers from the Atlantic Forest, southeastern Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 22(11), 2505–2517. <https://doi.org/10.1007/s10531-013-0533-1>
- 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]. <https://www.fao.org/3/i3361s/i3361s.pdf>

- Villaseñor, D., Chabla, J. & Luna, E. (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. (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.
- Villegas, R. & Muñoz, C. (2011). Tasa de cambio de uso del suelo en el Parque Nacional Pico de Orizaba, Veracruz, México en el periodo 2003–2011. Xalapa, Veracruz: Instituto de Ecología, A.C.
- Walpole, R., Myers, R., Myers, S., & Ye, K. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias* (Novena ed.). México: Pearson.
- Walter, E. y E. Medina 1971. Caracterización climática de Venezuela sobre la base de climadiagramas de estaciones particulares. *Bol. Soc. Ven. Cienc. Nat.* 29 (119-120):211-240
- Wanbeke, V. (1982). *Calculated soil moisture and temperature regimes of Africa*. New York, USA: Cornell University.
https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNAAQ982.pdf
- Washington, H. G. (1984). Diversity, biotic and similarity indices. *Water Res*, 18(6), 653-694.
- Webb, L. (1959). Physiognomic classification of Australian rain forests. *Journal of Ecology*, 47, 551-570.
- Weil, R. y Brady, N. (2016). *The nature and properties of soils*. Boston: Person.
- Winckell, A., Zebrowski, C., Sourdat, M. (1997). Los paisajes naturales del Ecuador. Quito, EC, CEDIG, IPGH, ORSTOM, IGM. v. 2 (Geografía Básica del Ecuador). *Geografía Física*. tomo 4 (417 pp.).
- Yeshitela, K. & Bekele, T. (2003). The Woody Species Composition and Structure of Masha-Anderacha Forest, Southwestern Ethiopia. *Ethiopian Journal of Biological Sciences*, 2(1), 31–48.
- Zarco-Espinoza, V., Valdéz-Hernández, J., Ángeles-Pérez, G. & CastilloAcosta, O. (2010). Estructura y Diversidad de la Vegetación Arbórea del Parque Estatal Agua Blanca. Macuspana, Tabasco: Universidad y Ciencia.

- Zepner, L., Karrash, P., Wiemann, F. & Bernard, L. (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.
- Zucaratto, R., y Pires, A. (2014). The exotic palm *Roystonea oleracea* (Jacq.) O.F. Cook (Arecaceae) on an island within the Atlantic Forest Biome: Naturalization and influence on seedling recruitment. *Acta Botanica Brasilica*, 28(3), 417-421. doi: <https://doi.org/10.1590/0102-33062014abb3473>

Anexo I: Metodología para la Caracterización de la Vegetación

1. Tamaño del Área Muestral y Tipo de Muestreo

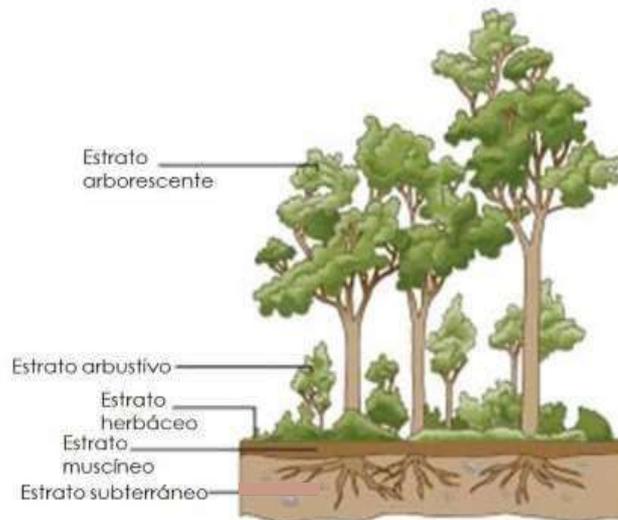
Se ubicaron las parcelas correspondientes a las zonas definidas para el muestreo en el que se escogen subjetivamente las variaciones dentro de una comunidad, registrando su ubicación mediante coordenadas cartográficas con GPS y se delimita la unidad de muestreo a utilizar, para subdividir la zona cerciorándose que la variabilidad quede representada en los diferentes estratos (Tiner, 1999; Hernández, 2000).

Según Moreno Casasola y Warner (2009), el área total a muestrear, incluso su variabilidad se decide de manera arbitraria; para este estudio se utilizaron 5000m² (0,5 ha) para cada área experimental, lo cual es común en estudios de vegetación, haciendo comparables sus resultados (Lowman y Nadkarni, 2004; Martella et al., 2012). Debido a la presencia de diferentes estratos de plantas aplicamos un muestreo sistemático estratificado.

Se definieron tres estratos de vegetación (Figura 116) de acuerdo con McRoberts et al. (1997), y cada estrato se evaluó en parcelas de diferentes áreas independientemente (Quinn & Keough, 2002), dependiendo del tamaño en altura de cada uno y con un número de réplicas diferentes debido a la variabilidad de cada estrato (Kershaw, 1969; Chapman, 1976; Mostacedo & Fredericksen, 2000).

Figura 116

Estratificación Vertical de comunidades vegetales



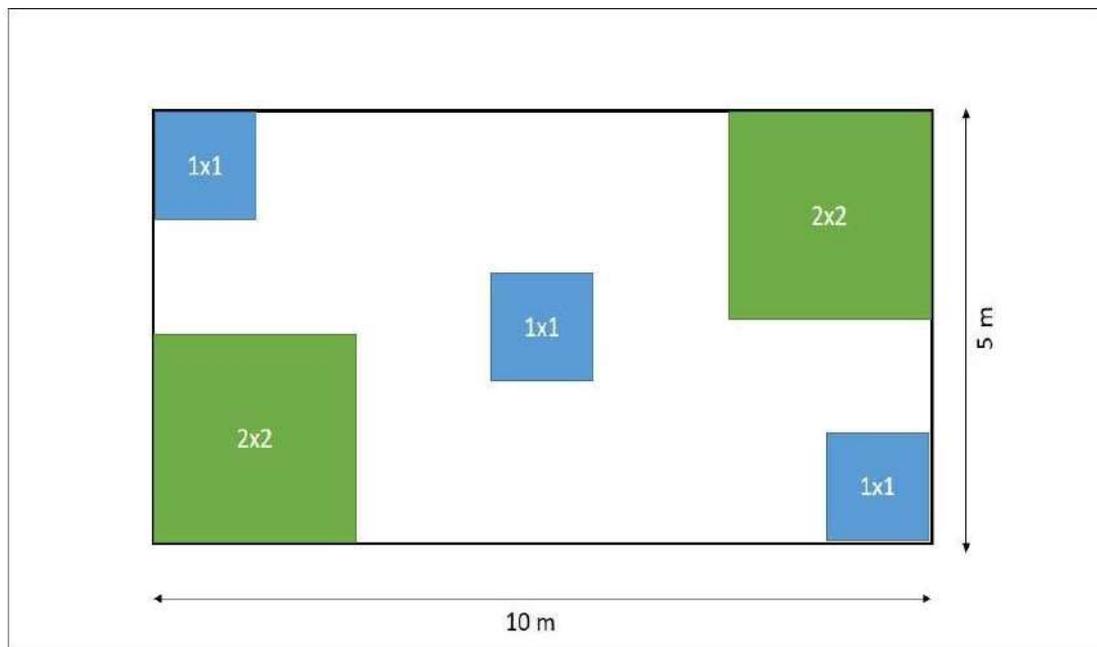
Nota. Fuente: de la Orden (2020)

- Estrato Superior (arbóreo) = $10 \times 5 \text{ m}^2$ (estableciéndose 10 parcelas en la parcela mayor de 0.5 ha en cada área de estudio. El estrato superior se encuentra conformado por todos los individuos cuya altura es superior a 3 m.
- Estrato Medio (arbustivo) = $2 \times 2 \text{ m}^2$ (estableciéndose 2 parcelas en los vértices superior izquierdo y en el vértice inferior derecho de cada parcela de $10 \times 5 \text{ m}^2$ [estrato superior], con un total de 20 parcelas por nivel de perturbación). El estrato medio se encuentra conformado por todos los individuos cuya altura es superior a 1.5 m e inferior a 3 m.
- Estrato Inferior (herbáceo) = $1 \times 1 \text{ m}^2$ (estableciéndose 3 parcelas en los vértices superior derecho, centro y en el vértice inferior izquierdo de cada parcela de $10 \times 5 \text{ m}^2$ [estrato superior], con un total de 30 parcelas por nivel de perturbación). El estrato inferior se encuentra conformado por todos los individuos cuya altura es menor a 1.5 m.

Las parcelas establecidas para el estrato superior fueron distribuidas en forma aleatoria y luego las parcelas para los dos estratos restantes fueron establecidas de forma sistemática, como se indica en la Figura 117.

Figura 117

Diseño de parcelas para muestreo sistemático estratificado



Nota. Fuente: Matamoros (2018)

2. Recolección de Datos en el Campo

2.1. Observaciones de Campo

Se registraron y contaron el número de individuos, también se tomaron las medidas del largo y ancho de hojas para realizar el cálculo del área foliar en milímetros cuadrados (mm^2) (Arbo y González, 2019) y se identificó la forma de vida y el hábito de crecimiento de cada especie presente en las diferentes parcelas.

En forma simultánea al censo, se realizó la recolecta por triplicado de ejemplares botánicos de cada especie, los cuales fueron procesados, herborizados (Lot & Chiang, 1986) e identificados taxonómicamente, por medio de un especialista, comparando con muestras en un herbario o en literatura florística especializada o base de datos (Villagra et al., 2013; Muthumperumal y Parthasarathy, 2013).

En cada una de las áreas de 0,5 ha, se delimitan 10 parcelas de manera aleatoria, cuyas medidas son $10 \times 5 \text{ m}^2$, y se realizan las siguientes actividades para todas las plantas con una altura mayor a 3 m:

- a. Localización en la parcela, de todos los individuos con una altura superior a 3 m, midiendo el perímetro (PAP) = perímetro a la altura del pecho, o a 1,30 m sobre el nivel del suelo.
- b. Se anotó en la libreta de trabajo, el perímetro, el nombre científico y vulgar de la especie y si el tronco es simple o ramificado. En este último caso se determinó el número de troncos secundarios presentes. Según FAO (2004) se toma la medida del perímetro del tronco de árboles o arbustos con la ayuda de una cinta métrica preferiblemente o cinta diamétrica en centímetros. En caso de existir división del tallo principal por debajo de 1.30 m de altura, con dos o más troncos secundarios, se midió el perímetro de cada uno de ellos y se tomó como perímetro del árbol, la sumatoria de los perímetros de los troncos secundarios.

En el caso que la división empiece desde 30cm a 1.3m se consideró a cada tronco como un árbol independiente y se midió el perímetro a un metro por encima del origen de la división.

En el último caso si la división del tallo principal comenzó encima de 1.3m o más arriba, el árbol se midió como uno solo por debajo del punto de intersección de la división sin que haya protuberancias que influyan en la medición.

- c. Se observó si la base del tronco fue afectada previamente por la acción de intervención humana. El grado de interferencia humana puede evidenciarse observando si existen en la zona representantes de una misma especie con tallos no ramificados, por lo que cuando se tala el tronco principal, se rompe la dominancia apical, originándose de los restos, ramas o troncos secundarios.
- d. Se recopilaron las características morfológicas de la hoja, tales como: si es simple o compuesta (en caso de ser pinnada o bipinnada tomar un folíolo o pinna). Se midió el largo y el ancho a cada hoja o pinna, para lo cual se tomó un mínimo de 5 láminas foliares para cada individuo, obteniendo los valores promedio en cada caso. Se clasificó también el tipo, forma y tamaño según la clave de Radford et al. (1974), aplicada por García-Lahera, Rodríguez Farrat, & Salabarría Fernández (2017).

- e. Se estableció para cada especie, el hábito y mecanismo de crecimiento (árbol, palma, trepadora, parasita, epífita, hierba) como lo señalan Burnham & Santanna (2015) y la forma de vida (fanerófita, caméfito, hemicriptófita, geófita, hidrofita) según la clasificación de Raunkiaer (1934), utilizada por Ortiz et al. (2014).
- f. Se midió la altura de cada individuo.
- g. Se registro la presencia o ausencia de otras especies.

En las dos parcelas de 2x2 m² dentro de cada parcela de estrato superior se muestrearon todos los individuos de las especies definidas como pertenecientes al estrato medio. Para ello se realizó lo siguiente:

- h. Se contó el número de individuos de cada especie presente de la parcela y se midió el perímetro (PAP)=perímetro a la altura del pecho, o a 1,30 m. sobre el nivel del suelo.
- i. Se efectuaron los procedimientos descritos en b, c, d, e, f y g indicados para el estrato superior

En las tres parcelas de 1x1 m² consideradas para el muestreo del Estrato Inferior, dentro de la parcela del estrato superior se realizó lo siguiente:

- j. Se identificaron las plantas herbáceas comprendidas dentro del área y se contó el número total de individuos, incluyendo las plántulas de los representantes arbóreos que se encontraron en la parcela.
- k. Se anoto el nombre científico y vulgar de cada especie y se determinó el perímetro de los individuos aproximadamente a 10 cm. sobre el nivel del suelo.
- l. También se ejecutan los procedimientos descritos en d, e, f y g del Estrato Superior.

2.1.2. Estimación del Diámetro

El DAP se obtiene con la siguiente fórmula:

$$DAP = \frac{\text{Perímetro del árbol a la altura del pecho}}{\pi}$$

Donde: π tiene un valor igual a 3.1416

Todos los tipos de medida del DAP se pueden observar representados en la Figura 36 (véase en anexos).

2.1.3. Estimación de la Altura

La estimación de la altura de la vegetación se realizó por medio de instrumentos basados en principios geométricos, en este caso un hipsómetro (Romahn De La Vega y Ramírez Maldonado, 2010, Muthumperumal & Parthasarathy, 2013).

2.2. Determinación de la Estructura de la Vegetación

Se establecieron las características físicas y biológicas de la vegetación en cada una de las áreas experimentales presentes en isla Santay utilizando la metodología recomendada (Mattuechi & Colma, 1982)

2.2.1. Determinación de la Estructura Biológica de la Vegetación

2.2.1.1. Colección y Tratamiento de Muestras Botánicas para el Herbario

Se colectaron muestras botánicas durante todos los monitoreos de campo que se realizaron en todas las parcelas, tratando de evitar la colecta innecesaria. Así mismo, se obtuvieron imágenes fotográficas de los diferentes especímenes y de cada uno de sus módulos (como hojas, flores y frutos). De cada especie diferenciada en el campo (morfotipo), se recolectaron tres muestras botánicas completas (es decir que presenten al menos un órgano reproductivo como flor o fruto), procediendo a la mejor identificación posible durante los muestreos y se incluyó información referente a su hábito de crecimiento.

La mayoría de las muestras se identificaron a partir de las imágenes tomadas en el campo, con ayuda de literatura (Santillán, 2017), claves y bases de datos botánicas digitales como: Trópicos (Tropicos.org. Missouri Botanical Garden), The International Plants Name Index (ipni.org. International Plants Name Index). Estos medios permitieron la identificación taxonómica de los individuos y su distribución geográfica.

Las muestras recolectadas en el campo fueron sometidas a un proceso de acondicionamiento y preparación botánica, colocándolas en prensas botánicas y sometiéndolas a un tratamiento de secado a 60 °C durante 48 horas, en una estufa de convección, para luego colocarlas en cartulinas de montaje, con la información necesaria en la etiqueta respectiva. Finalmente se depositaron en el herbario del Laboratorio de Estudios Ambientales de la Universidad Agraria del Ecuador, bajo condiciones de preservación con una atmósfera enriquecida en naftalina.

2.2.1.2. Abundancia Absoluta y Relativa de Individuos

La abundancia absoluta se representa, mediante el número de individuos por especie encontrados en el área de estudio (n_i).

La abundancia relativa se determinó con la siguiente fórmula:

$$Ar = \frac{n_i}{N} \times 100$$

Donde:

Ar: Abundancia relativa

n_i : es el número de individuos de la i ésima especie N: número total de individuos de todas las especies.

2.2.1.3. Densidad Absoluta y Relativa

Cuantificar la densidad absoluta y relativa de cada especie.

Para calcular la densidad absoluta se utiliza la siguiente fórmula:

$$Da = \frac{n_i}{A_1}$$

Donde:

Da: Densidad absoluta,

n_i : es el número de individuos por especie,

A_1 : es el área total muestreada.

$$Dr = \frac{\text{Densidad absoluta de una especie}}{\text{Sumatoria de las densidades absolutas de todas las especies}} \times 100$$

2.2.1.4. Cobertura Absoluta y Relativa

Cuantificar la respectiva cobertura absoluta y relativa para cada especie

- Para calcular la cobertura absoluta se debe obtener el área basal el cual se describe con la siguiente fórmula:

$$AB = \frac{\pi}{4} DAP^2$$

Donde:

AB: Área Basal,

π : 3.1416,

DAP: (Diámetro a nivel del pecho) se medirá para cada individuo,

Ca: Cobertura absoluta.

$$Ca = \frac{\text{Área basal total de la iésima especie}}{\text{Área muestral}}$$

Cr: Cobertura relativa

$$Cr = \frac{\text{Cobertura absoluta iésima especie}}{\text{Sumatoria de las coberturas absolutas de todas las especies}} \times 100$$

2.2.1.5. Frecuencia Absoluta y Relativa

Se cuantifico para cada especie la frecuencia absoluta y relativa.

La fórmula para expresar la frecuencia absoluta (Fa) es la siguiente:

$$Fa = \frac{n_p}{P_1}$$

Donde:

Fa: Frecuencia absoluta,

n_p : es el número total de parcelas que contiene la iésima especie,

P_1 : es el número total de parcelas,

Fr: Frecuencia relativa.

$$Fr = \frac{\text{Frecuencia absoluta de la } i\text{ésima especie}(Fa)}{\text{Sumatoria de las frecuencias absolutas de todas las especies}} \times 100$$

2.2.1.6. Índice de Valor de Importancia (IVI₃₀₀)

Con los resultados obtenidos de densidad relativa, cobertura y frecuencia relativas para cada una de las especies, obtenemos es Índice de Valor de Importancia (IVI₃₀₀) que fue desarrollado por Curtis y McIntosh (1951) y aplicado por Zarco-Espinoza et al. (2010) mediante:

$$IVI = Dr + Fr + Cr$$

2.2.1.7. Diversidad de Especies

La diversidad se calcula con los índices de diversidad de Simpson, Shannon Wiener y Margalef (Peet, 1975; Margalef, 1977; Begon et al. 2006; Gotelli, 2001):

- D: Índice de diversidad de Simpson

$$D = \sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i}{N}\right)^2 = \sum_{i=1}^S P_i^2 \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{D} = \frac{1}{\sum_{i=1}^S P_i^2}$$

Donde:

P_i: es igual a la abundancia proporcional de la especie i,

n_i: es el número de individuos en la i-ésima especie,

N: es el número total de individuos.

A mayor valor de D menor dominancia de una (o de un grupo) de especie(s).

- H': Índice de diversidad de Shannon-Wiener

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \times \ln(p_i)$$

Donde:

S: es el número de especies,

p_i: es la proporción de los individuos de la especie n_i del total N.

$$p_i = n_i / N$$

A mayor valor de H mayor diversidad de especies.

- D_α : Índice d diversidad de Margalef:

$$D_\alpha = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Donde:

S: es el número de especies

N: es el número total de individuos.

A mayor valor de D_α , mayor diversidad de especies.

2.2.1.8. Riqueza de Especies

- A partir de la información obtenida se elaboraron curvas de especies-área para cada Área de muestreo, las cuales consistieron en graficar el número de especies vegetales encontradas para una superficie de muestreo determinada (Greig-Smith, 1983; Moreno, 2001).
- La riqueza se puede determinar considerando simplemente el número de especies (S), o a partir del inverso del índice de diversidad de Simpson:

$$D = \sum \frac{ni(ni - 1)}{N(N - 1)} \quad \Rightarrow \quad R = \frac{1}{D}$$

Donde:

R: es la riqueza,

N: es el número total de individuos,

ni: es el número de individuos por especie.

2.2.1.9. Equidad de Individuos

Para calcular la equidad de individuos se utilizan los índices de equidad de Simpson y Pielou

- Índice de Equidad de Simpson (E)

$$E = \frac{D}{D_{max}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^S p_i^2} \times \frac{1}{S}$$

Donde:

D: es el índice de diversidad de Simpson,

D_{max} : Diversidad máxima, está representado por $1/S$ S: Riqueza de especies, es igual al número total de especies,

p_i : es la proporción de los individuos de la especie n_i del total N.

$$p_i = n_i / N$$

- Índice de Equidad de Pielou (J')

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}} = \frac{-\sum_{i=1}^S p_i \times \ln(p_i)}{\ln(S)}$$

Donde:

H' : es el índice de diversidad de Shannon Wiener

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \times \ln(p_i)$$

H'_{max} : Diversidad máxima de Shannon Wiener

$$H'_{max} = \ln(S)$$

Valores cercanos a 1 representan condiciones donde las especies son igualmente abundantes y aquellos cercanos a 0, representa la dominancia de una sola especie (Magurran, 1988).

2.2.2. Determinación de Estructura Física de la Vegetación

2.2.2.1. Estructura Física.

Se determinó la estructura física de la vegetación, describiendo el arreglo espacial de los diferentes individuos de las especies que encontramos en las áreas de muestreo, tanto vertical como horizontal. La estructura vertical se establece por la identificación de estratos (Superior o arbóreo, medio o arbustivo e inferior) de las especies encontradas las que se hallan formadas por el empaquetamiento de la superficie foliar de las especies. La estructura horizontal se determinó por el arreglo extendido de los individuos de la vegetación en las áreas experimentales en isla Santay.

Para determinar la estructura física de la vegetación se realizan histogramas donde se detallan clases de altura y área basal, para comprender el arreglo espacial vertical y horizontal en las zonas de bosque de manglar y bosque de palmas en cada uno de los estratos.

- Estructura horizontal: Se elaboro el espectro de área basal de los individuos que se monitorearon, utilizando un diagrama de barras histogramas, donde se graficó el porcentaje de individuos por categorías de áreas (GutiérrezBáez et al., 2012).
- Estructura vertical: La determinación de la distribución por altura de la vegetación de la Isla Santay, se elaboró un espectro de altura, mediante un diagrama de barras o histograma donde se consideró el promedio de altura de cada especie presente en los tres estratos que fueron estudiados (GutiérrezBáez et al., 2012).

Se obtiene la estratificación en el campo de forma relativa y tomando en cuenta principalmente la altura de los individuos en las comunidades evaluadas en isla Santay. Esta estratificación se representó mediante perfiles de vegetación, para de esta forma poder elaborar el análisis y la descripción de la misma.

Se determinó la forma de vida de cada una de las especies presentes, según el criterio de clasificación elaborado por Raunkiaer (1934) y su hábito de crecimiento.

Según la clave de Radford et al. (1974), se clasificaron las muestras de plantas según las características morfológicas de las hojas para determinar la forma y tipo de hoja y se estableció el tamaño de las hojas según la clave de Raunkiaer y Webb (Webb, 1959).

La estructura de la vegetación de las comunidades consideradas se caracterizó mediante:

- Números de especies de los estratos superior (arbóreo), medio (arbustivo) e inferior (herbáceo).
- Porcentaje de individuos de las diferentes clases de tamaño de área basal y altura.

- Proporción de las especies en estudio por formas de vida.
- Proporción del tamaño y tipo de hoja para cada especie en total y para los diferentes estratos.

2.2.2.2. Patrón de Dispersión.

La dispersión horizontal de la vegetación se obtiene mediante el índice de Morisita (Morisita, 1959) y organizando el DAP por categoría de diámetros (Montañez et al., 2010).

El índice de Morisita está representado por la siguiente fórmula:

$$I\delta = \sum_{i=1}^N \frac{ni(ni - 1)}{n(n - 1)} \times N$$

Donde:

n_i : representa el número de individuos de la i -ésima muestra,

“ n ”: representa el número total de individuos de las muestras,

“ N ”: representa el número de datos o parcelas.

Si el índice de agregación es mayor que 1 es agregada, si es igual a 1 la distribución es aleatoria y si es menor que 1 será uniforme (Cabrera & Wallace, 2007).

La significación estadística de la desviación del índice de Morisita con respecto a la unidad puede ser comprobada con la Distribución probabilística de Fisher “ F ”, en la cual:

$$F_c = \frac{I\delta(n - 1) + N - n}{N - 1}$$

El valor de F_c debe ser comparado con la tabla de “ F ” con $N-1$ grados de libertad en el numerador e infinito en el denominador; con 0.05 de probabilidad de error. Si “ F_c ” calculado da como resultado que es $>$ que “ F ” tabulado, entonces el índice de Morisita es significativo, con lo que se puede distinguir el patrón de dispersión espacial (Arévalo, 2012).

2.3. Análisis Estadístico

El diseño estadístico de esta investigación fue cuantitativo inferencial se comparan las variables abundancia, densidad, cobertura, frecuencia, índice de valor de importancia, clases de alturas y clases de área basal entre Bosque de palmas (Alta perturbación) y Bosque de manglar (baja perturbación), mediante la U de Mann-Whitney (Downie y Heath, 1986, Badii y Guillen, 2012), mientras que para comparar las mismas variables entre los estratos del bosque de palmas y los del bosque de manglar, se utilizó la prueba de Kruskal Wallis (Gómez-Gómez et al., 2003).

La hipótesis nula (H_0): Indica que la abundancia, frecuencia, densidad, clases de altura y área basal de especies de la vegetación en las comunidades y en sus estratos de las áreas experimentales en la Isla Santay son iguales.

La hipótesis alterna o ecológica (H_{ecol}): Indica que la abundancia, frecuencia, densidad, clases de altura y área basal de las especies de la vegetación en las comunidades y en sus estratos de las áreas experimentales en la Isla Santay son diferentes.

Los análisis estadísticos se realizaron con un nivel de significancia de 0,05.

2.3.1. Procedimiento Para el Cálculo de la Prueba no Paramétrica de U de Mann-Whitney

- Se sumaron los rangos de cada uno de los inventarios (grupos) y se calcularon la suma de los rangos de los datos de cada uno de los grupos (R_1 y R_2)
- Se calcularon los estadísticos U_1 y U_2 a partir de las siguientes fórmulas:

$$U_1 = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - R_1$$

$$U_2 = n_1 n_2 + \frac{n_2(n_2 + 1)}{2} - R_2$$

- Se obtiene el estadístico U_{cal} escogiendo el valor más grande entre U_1 y U_2 .

- Se comprueba la significación estadística del estadístico U_{cal} comparando este valor con el valor de un estadístico U_{crit} obtenido a partir de las tablas correspondientes.

Si $U_{cal} > U_{crit}$ ($\alpha=0.05$ o inferior) \Rightarrow se rechaza H_0 y se acepta H_{ecol} (las medianas son diferentes)

Si $U_{cal} < U_{crit}$ ($\alpha=0.05$) \Rightarrow se acepta H_0 y se rechaza H_{ecol} (las medianas son iguales)

2.3.2. Procedimiento Para el Cálculo de la Prueba no Paramétrica de Kruskal-Wallis

- Se asignó rangos a cada dato. Para ello se ordenaron todos los datos (juntando los dos grupos) en orden creciente. El rango de cada dato fue el número de orden que le corresponde a cada dato. Cuando se repita el mismo valor numérico, el rango que se asigna a esos datos es la media aritmética de los rangos que les corresponderían en función del número de orden que ocupan Walpole et al. (2012).
- Se suman los rangos R de cada uno de los inventarios (grupos) y se calcula la suma de los rangos de los datos de cada uno de los grupos.
- Se procede a calcular el estadístico H:

$$H = \frac{12}{N(N + 1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N + 1)$$

Donde:

k = número de grupos,

N = número total de datos,

n_i = número de datos en el grupo i.

En caso de que existan rangos ligados (dos o más números con el mismo rango) se aplica un factor de corrección, siendo H_c el estadístico que se utiliza en lugar de H, calculado según la siguiente expresión:

$$H_c = \frac{H}{C}$$

$$C = 1 - \frac{\sum_{i=1}^m (t_i^3 - t_i)}{N^3 - N}$$

Donde:

t_i = número de rangos ligados en cada grupo,

m = número de grupos de rangos ligados.

El valor crítico del estadístico calculado (H o H_c) se consultó en la tabla No. 5 en Anexos de la X^2 si $N \geq 15$, o si $k > 5$, para $(k-1)$ grados de libertad. Si $N < 15$ y $k < 5$ se consultará en la tabla No. 6 en Anexos específica para H .

Si $H_{cal} \geq H_{crít} (X^2_{crít}) \Rightarrow$ se rechaza H_0 y se acepta H_{ecol} (alguna de las medianas es diferente)

Si $H_{cal} < H_{crít} (X^2_{crít}) \Rightarrow$ se acepta H_0 y se rechaza H_{ecol} (las medianas son iguales)

Se espera rechazar la H_0 con al menos el 0,05% de significancia.

Este libro presenta las principales características ecológicas actuales del humedal Ramsar de isla Santay, un ecosistema costero clave para la biodiversidad del Ecuador. Se analizan aspectos del ambiente físico y la evolución de la cobertura vegetal de la isla desde el cese de actividades productivas en la década de 1960 hasta la actualidad.

Esta obra examina también los cambios en la estructura física y biológica de las diferentes comunidades vegetales evaluando la influencia de especies exóticas como la palma imperial (*Roystonea oleracea*). Contribuye a la comprensión de los servicios ecosistémicos de la isla Santay y su papel en la sostenibilidad ambiental como una de las principales áreas verdes de las ciudades de Guayaquil y Durán.

ISBN: 978-9942-960-97-9



9 789942 960979