



El ambiente
es de todos

Minambiente

Mapa de la degradación actual de suelos por desertificación
en las islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina a
escala 1:10.000



Documento Técnico

Convenio Interadministrativo No. 628 de 2021 (No. 395 de
2021 IDEAM – No. 21-266 IAvH).





Iván Duque Márquez

Presidente de la República de Colombia

Carlos Eduardo Correa Escaf

Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Minambiente.

Erick Richard Castro González,

Director de Asuntos Marinos, Costeros y Recursos Acuáticos, Minambiente.

Adriana Santa Méndez

Directora de Bosques Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos, Minambiente.

Francisco Armando Arias Isaza

Director General.

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives De Andreis” Invemar

Hernando García Martínez

Director General.

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, IAvH.

Yolanda González Hernández

Directora General

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM.

Ana Celia Salinas Martín

Subdirectora de Ecosistemas e Información Ambiental, IDEAM.

Cítese como:

IDEAM. 2022. Mapa de la degradación actual de suelos por desertificación en las islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina a escala 1:10.000.

Bogotá D.C.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 192 páginas.





Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente)
Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (IAvH)

Hernando García Martínez
Director General (IAvH).

María Teresa Becerra Ramírez
Coordinadora de Gestión Territorial de la Biodiversidad (E)

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente)
Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)

Yolanda González Hernández
Directora General (IDEAM)

Dalia Inés Olarte Martínez
Secretaria General (IDEAM)

Ana Celia Salinas
Subdirectora de Ecosistemas e Información Ambiental

Autores

Edson Urrego Marroquín
Lina Rocío Viasús Figueredo
José Alejandro Salamanca García
Nicolás Ernesto Cocomá Arciniegas
Reinaldo Sánchez López

Dirección Técnica

Reinaldo Sánchez López
Profesional Especializado, Grupo Suelos y Tierras, IDEAM
José Alejandro Salamanca García
Consultor.

Supervisión

Ana Celia Salinas
Subdirectora de Ecosistemas e Información Ambiental, IDEAM
Nidia Cristina Mayorga Ulloa
Coordinadora Grupo suelos y Tierras





Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental, IDEAM

Reinaldo Sánchez López

Profesional Especializado, Grupo Suelos y Tierras

Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental, IDEAM

Roy González

Investigador Adjunto, Ciencias Básicas de la Biodiversidad

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (IAvH)

Colaboradores

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM

Javier Otero García

Juan Camilo Ramírez Gómez

Eliana Marcela Mendoza Hernández

Nidia Cristina Mayorga Ulloa

Área Operativa 11 San Andrés y Providencia.

Subdirección de Meteorología, IDEAM.

Subdirección de Hidrología, IDEAM.

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (IAvH)

Roy González

Hernán Colorado

Diana Patricia Espitia Reina

Agradecimientos

Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

Laboratorio de Suelos Centro de Bio-Sistemas.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC,

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives De Andrés” Invemar

Coralina

Universidad Nacional de Colombia, sede Caribe.

UAESPNN.

Coralina

Otros Colaboradores

Lepard Stevenson

Domingo Sánchez

Roland Bryan

Darrel Ward Taylor.



TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
2. MARCO DE REFERENCIA	3
2.1. Marco Normativo	3
2.2. Marco Institucional.....	4
2.3. Marco conceptual – Edson Ilustraciones y Fotografías del Archipiélago	11
3. CONTEXTO AMBIENTAL, SOCIAL Y ECONÓMICO DEL ARCHIPIÉLAGO	19
3.1. Localización.....	19
3.2. Clima	21
3.3. Suelos	21
3.4. Geomorfología.....	24
3.5. Hidrografía.....	24
3.6. Historia del Archipiélago.....	24
3.7. Población y Cultura	29
3.8. Economía	32
4. MARCO METODOLÓGICO	39
4.1. Protocolo de degradación de suelos por desertificación	39
4.2. Trabajo de campo.....	40
4.2.1. Insumos cartográficos para el trabajo de campo	41
4.2.2. Herramientas tecnológicas.....	42
KoBo ToolBox.....	42
QField.....	42
4.2.3. Materiales, reactivos y equipos y herramientas	43
Muestreo	44
4.3. Análisis de laboratorio	47
4.3.1. Organización de la información.....	47
4.3.1.1. Paquete de análisis de suelos SQ-30	50
4.3.1.2. Paquete de análisis de suelos PCS-03.....	50
4.4. Modelo Cartográfico	51
4.4.1. Zonas secas.....	51
4.4.1.1. Factor Suelos.....	53
4.4.1.2. Factor Clima.....	55

4.4.1.3.	Factor Geomorfología	58
4.4.1.4.	Factor Ecosistemas.....	61
4.4.1.5.	Zonificación de las tierras subhúmedas secas y secas.....	62
4.4.2.	Zonificación de la susceptibilidad de la degradación de suelos por salinización.	62
4.4.2.1.	Factor suelos	64
	Subfactor taxonomía	64
	Subfactor Condición de humedad	65
	Subfactor propiedades químicas	67
	Subfactor materia orgánica	69
	Subfactor profundidad efectiva	70
4.4.2.2.	Factor Clima.....	71
	Subfactor Índice de Aridez	72
	Subfactor régimen de aridez.....	72
	Agresividad climática.....	73
4.4.2.3.	Factor geomorfología	74
4.4.2.4.	Factor degradación actual del suelo	76
4.4.2.5.	Factor cobertura y uso actual del suelo	79
	Subfactor uso actual del suelo.....	80
	Subfactor relación cobertura/MOS	80
4.4.3.	Zonificación de la degradación de suelos por desertificación	82
4.4.3.1.	Degradación de suelos por erosión.....	83
4.4.3.2.	Degradación de suelos por salinización	83
4.4.3.3.	Degradación de suelos por compactación	83
4.4.3.4.	Degradación de suelos por pérdida de la materia orgánica	84
4.4.3.5.	Degradación de suelos por sellamiento	85
4.5.	Uso del suelo.....	88
4.5.1.	Clasificación de tipos de uso:.....	90
4.5.2.	Clasificación para prácticas de uso:.....	92
4.6.	Modelo de análisis y evaluación FPEIR:	95
5.	ZONIFICACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS POR DESERTIFICACIÓN	95
5.1.	Zonas secas y subhúmedas secas.....	95
5.2.	Susceptibilidad de la degradación de suelos por desertificación.....	97
5.3.	Zonificación de la degradación de suelos por desertificación.....	99

5.3.1.	Estado actual de la degradación de suelos por desertificación.....	99
5.3.1.1.	Degradación de suelos por erosión.....	100
5.3.1.2.	Degradación de suelos por compactación.....	102
5.3.1.3.	Degradación de suelos por sellamiento.....	103
5.3.1.4.	Degradación de suelos por salinización.....	105
5.3.1.5.	Degradación de suelos por pérdida de la Materia Orgánica.....	107
5.3.1.6.	Degradación actual de suelos por desertificación.....	108
6.	ANÁLISIS EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS POR DESERTIFICACIÓN.	110
6.1.	Fuerzas motrices.....	111
6.1.1.1.	Sequias.....	112
6.1.1.2.	Ciclones tropicales.....	117
6.1.1.3.	Tipos de zonas secas.....	125
6.2.	Presiones.....	127
6.2.1.	Relieves extremos.....	128
6.2.2.	Tipos de uso de suelo.....	129
6.2.3.	Índice de ocupación en predios rurales.....	134
6.2.4.	Susceptibilidad a incendios de la cobertura vegetal.....	135
6.2.5.	Amenaza por movimientos en masa.....	137
6.2.6.	Amenaza por inundaciones.....	139
6.3.	Estado de la desertificación.....	141
6.4.	Impactos.....	144
6.4.1.	Zonificación ambiental para el POMIUC.....	145
6.4.2.	Vocación de uso productivo.....	148
6.4.3.	Unidades de ordenación del territorio.....	151
6.5.	Respuestas.....	156
7.	EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS POR DESERTIFICACIÓN.....	164
7.1.	Evaluación de las causas.....	167
7.2.	Evaluación de las consecuencias.....	168
8.	RECOMENDACIONES Y LINEAMIENTOS PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DEL SUELO POR PROCESO DE DEGRADACIÓN DE SUELOS.....	170
8.1.	RECOMENDACIONES Y LINEAMIENTOS PARA LA PREVENCIÓN EN ÁREAS INSULARES SIN DESERTIFICACIÓN Y CON SUSCEPTIBILIDAD MEDIA Y ALTA.....	170
8.2.	RECOMENDACIONES Y LINEAMIENTOS PARA LA MITIGACIÓN EN ÁREAS INSULARES CON MAGNITUD LIGERA A MODERADA DE LA DESERTIFICACIÓN.....	173

8.2.1.	Mitigación en Zonas de Conservación, Preservación y Protección Ambiental	175
8.2.1.1.	Mitigación de la Erosión en zonas de conservación.....	175
	Recomendaciones para usos agrícola:	175
	Recomendaciones para usos agroforestales:.....	176
	Recomendaciones para usos áreas naturales o seminaturales	176
	Recomendaciones para usos pecuarios.....	176
	Recomendaciones para usos pesca.....	176
	Recomendaciones para usos Urbanos.....	176
8.2.1.2.	Mitigación de la Salinización en zonas de conservación.....	176
8.2.1.3.	Mitigación de la Compactación en zonas de conservación	177
8.2.1.4.	Mitigación Pérdida de la Materia Orgánica en zonas de conservación	177
	Recomendaciones para usos agrícola, agroforestal y agropecuario	177
	Recomendaciones para usos áreas naturales o seminaturales	178
	Recomendaciones para usos pecuarios.....	178
8.2.2.	Mitigación en Zonas de Reglamentación Especial.....	178
8.2.2.1.	Mitigación de la erosión en zonas de reglamentación especial.....	178
	Recomendaciones para usos Agrícolas	178
	Recomendaciones para usos agroforestales.....	178
	Recomendaciones para usos áreas naturales o seminaturales	178
	Recomendaciones para usos pecuario s.....	179
	Recomendaciones para usos pesca.....	179
	Recomendaciones para usos urbano y turismo.....	179
8.2.3.	Mitigación en Zonas de Restauración	179
8.2.3.1.	Mitigación de la erosión en zonas de restauración	179
	Recomendaciones para usos agrícolas.....	179
	Recomendaciones para usos agroforestales.....	179
	Recomendaciones para usos áreas naturales o seminaturales	180
	Recomendaciones para usos pecuarios.....	180
	Recomendaciones para usos pesca.....	180
	Recomendaciones para usos urbano	180
8.3.	RECOMENDACIONES Y LINEAMIENTOS PARA LA ADAPTACIÓN EN ZONAS SECAS CON MAGNITUD DE LA DESERTIFICACIÓN	181
8.3.1.	Zonas de Conservación, Preservación y Protección Ambiental	182
8.3.2.	Zonas de Reglamentación Especial.....	183

8.3.3.	Zonas de Restauración	183
8.4.	RECOMENDACIONES Y LINEAMIENTOS PARA LA REHABILITACIÓN EN ÁREAS INSULARES CON MAGNITUD SEVERA DE LA DESERTIFICACIÓN	185
8.4.1.	Zonas de Preservación y Protección Ambiental.....	187
8.4.2.	Zonas de Reglamentación Especial.....	187
8.4.3.	Zonas de Restauración	187
9.	REFERENCIAS	187
10.	ANEXOS.....	192

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1 Procesos ecosistémicos	13
Figura 2-2 Clasificación de los procesos de degradación de suelos.....	16
Figura 3-1 Mapa de localización del Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina en el Mar Caribe Sur Occidental	20
Figura 3-2 Localización de los territorios insulares en el mar Caribe	20
Figura 4-1 Contexto normativo del Protocolo para la Identificación y evaluación de la degradación de suelos por desertificación.	39
Figura 4-2 Modelo FPEIR y su relación con los procesos de degradación de suelos por desertificación.....	40
Figura 4-3 Cartografía objeto de verificación en la fase de campo	41
Figura 4-4 Formato de captura de información en campo con la aplicación Kobo ToolBox.....	42
Figura 4-5 Detalle de los mapas usados en la aplicación QField.....	43
Figura 4-6 Factores y subfactores del modelo de zonas subhúmedas secas y secas.....	52
Figura 4-7 Mapas de los subfactores	54
Figura 4-8 Modelo para la obtención del factor suelos.	55
Figura 4-9 Mapa del factor suelos.....	55
Figura 4-10 Índice de aridez mensual para el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.....	56
Figura 4-11 Mapas de los subfactores del factor clima.....	57
Figura 4-12 Modelo para la obtención del factor clima	57
Figura 4-13 Mapa del factor clima.....	58
Figura 4-14 Mapas de los subfactores	60
Figura 4-15 Modelo para la obtención del factor geomorfología.	60
Figura 4-16 Mapa del factor geomorfología	60
Figura 4-17 Mapa del factor ecosistemas	61
Figura 4-18 Modelo para la obtención de mapa de zonas subhúmedas secas y secas.	62
Figura 4-19 Modelo de Susceptibilidad a la degradación por desertificación para el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.	63
Figura 4-20 Modelo para la determinación del factor suelos dentro del modelo de susceptibilidad a la degradación de suelos por desertificación.....	64
Figura 4-21 Mapa del subfactor taxonomía.....	65
Figura 4-22 Mapas de las variables del factor condición de humedad.	66
Figura 4-23 Modelo para la obtención del subfactor condición de humedad	66
Figura 4-24 Mapa del subfactor condición de humedad.	67
Figura 4-25 Mapas de las variables del subfactor propiedades químicas.....	68
Figura 4-26 Modelo para la obtención del subfactor propiedades químicas.	68
Figura 4-27 Mapa del subfactor propiedades químicas	69
Figura 4-28 Mapa del subfactor materia orgánica.....	70
Figura 4-29 Mapa del subfactor profundidad efectiva.	71
Figura 4-30 Mapa del factor suelos para el modelo de susceptibilidad.....	71
Figura 4-31 Modelo para la determinación del factor clima dentro del modelo de susceptibilidad a la degradación de suelos por desertificación.	72
Figura 4-32 Mapas de los subfactores del factor clima	74
Figura 4-33 Mapa del factor clima para el modelo de susceptibilidad.....	74

Figura 4-34 Modelo para la determinación del factor geomorfología dentro del modelo de susceptibilidad a la degradación de suelos por desertificación.....	75
Figura 4-35 Mapas de los subfactores del factor geomorfológico.....	76
Figura 4-36 Mapa del factor geomorfología para el modelo de susceptibilidad.....	76
Figura 4-37 Modelo para la determinación del factor degradación actual del suelo dentro del modelo de susceptibilidad a la degradación de suelos por desertificación.....	77
Figura 4-38 Mapas de los subfactores del factor degradación actual del suelo.....	78
Figura 4-39 Mapa del factor degradación actual del suelo para el modelo de susceptibilidad.....	79
Figura 4-40 Modelo para la determinación del factor cobertura y actual del suelo dentro del modelo de susceptibilidad a la degradación de suelos por desertificación.....	79
Figura 4-41 Mapas de los subfactores del factor Cobertura y uso actual.....	81
Figura 4-42 Mapa del factor cobertura y uso actual del suelo para el modelo de susceptibilidad.....	81
Figura 4-43 Modelo para la obtención de mapa de zonificación de susceptibilidad a la degradación de suelos por desertificación.....	82
Figura 4-44 Procesos de degradación de suelos del modelo de degradación de suelos por desertificación.....	83
Figura 4-45 Modelo para la zonificación de la degradación de los suelos por desertificación.....	88
Figura 4-46 Tipos de uso del suelo en las islas.....	95
Figura 5-1 Mapa de zonas subhúmedas secas y secas del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.....	97
Figura 5-2 Mapa de zonificación de la susceptibilidad a la degradación de suelos por desertificación en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.....	99
Figura 5-3 Mapa de zonificación de la degradación de suelos por erosión en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.....	102
Figura 5-4. Mapa de zonificación de la degradación de suelos por compactación en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.....	103
Figura 5-5 Mapa de zonificación de la degradación de suelos por sellamiento en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.....	105
Figura 5-6 Mapa de zonificación de la degradación de suelos por salinización en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.....	107
Figura 5-7 Mapa de zonificación de la degradación de suelos por pérdida de la materia orgánica en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.....	108
Figura 5-8 Zonificación de la degradación actual de los suelos por desertificación.....	110
Figura 6-1 Humedad aprovechable del suelo en las islas.....	115
Figura 6-2 Impacto del huracán IOTA en Providencia y Santa Catalina.....	124
Figura 6-3 Relieves extremos en las islas.....	128
Figura 6-4 Tipos de uso del suelo en las Islas.....	131
Figura 6-5 Índice de ocupación en zonas rurales.....	134
Figura 6-6 Susceptibilidad a incendios de la cobertura vegetal.....	137
Figura 6-7 Amenaza por movimientos en masa en las islas.....	138
Figura 6-8 Amenaza por inundaciones en las islas.....	141
Figura 6-9 Zonificación ambiental para el POMIAC en las islas.....	146
Figura 6-10 Vocación de uso productivo en las islas.....	149
Figura 6-11 Unidades de ordenación del territorio en San Andrés.....	154
Figura 6-12 Unidades de ordenación del territorio en Providencia y Santa Catalina.....	155
Figura 8-1 Ejemplo de áreas para la prevención de la desertificación en San Andrés.....	171

Figura 8-2 Ejemplo de área para la prevención de la desertificación en las islas Providencia y Santa Catalina.....	172
Figura 8-3 Ejemplo de área para la mitigación de la desertificación en la isla de San Andrés	180
Figura 8-4 Ejemplo de área para la mitigación de la desertificación en las islas Providencia y Santa Catalina.....	181
Figura 8-5 Ejemplo de área para implementar medidas de adaptación a la desertificación en la isla de San Andrés	184
Figura 8-6 Ejemplo de área para implementar medidas de adaptación a la desertificación en las islas Providencia y Santa Catalina	185
Figura 8-7 Ejemplo de área para implementar medidas de restauración o rehabilitación de suelos frente a la desertificación en la isla de San Andrés	188
Figura 8-8 Ejemplo de área para implementar medidas de restauración o rehabilitación de suelos frente a la desertificación en las islas Providencia y Santa Catalina.....	188

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 Suelo de la isla de San Andrés	12
Fotografía 2 Servicio de aprovisionamiento de alimento brindado por el suelo en la isla de San Andrés	14
Fotografía 3 Proceso de degradación de suelos en la isla de Providencia	15
Fotografía 4 Proceso de recolección de una muestra de suelo	44

LISTA DE TABLAS

Tabla 3-1 Localización de Cayos y bajos del Archipiélago	19
Tabla 3-2 Actividades económicas del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina ..	34
Tabla 3-3 Turistas en las islas de San Andrés y Providencia (James, 2018).....	36
Tabla 4-1 Materiales, reactivos equipos y herramientas usados durante el trabajo de campo	43
Tabla 4-2 Puntos de muestreo en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.	44
Tabla 4-3 Muestras de suelos enviadas al laboratorio	47
Tabla 4-4 Categorías y calificación para los subfactores en el modelo de zonas subhúmedas secas y secas	52
Tabla 4-5 Calificación de los subfactores de suelos.	53
Tabla 4-6 Calificación de los subfactores de clima.	56
Tabla 4-7 Calificación de los subfactores de geomorfología.....	58
Tabla 4-8 Calificación del subfactor biomas.....	61
Tabla 4-9 Categorías y calificación para las variables en el modelo de susceptibilidad	63
Tabla 4-10 Calificación de los regímenes de humedad para el modelo de susceptibilidad.	64
Tabla 4-11 Calificación de susceptibilidad para las variables del subfactor condición de humedad..	65
Tabla 4-12 Calificación de susceptibilidad para las variables del subfactor propiedades químicas..	67
Tabla 4-13 Calificación de susceptibilidad para la variable stock de carbono orgánico.....	69
Tabla 4-14 Calificación de susceptibilidad para la variable profundidad efectiva.....	70
Tabla 4-15 Calificación de susceptibilidad para la variable índice de aridez anual.....	72
Tabla 4-16 Calificación de susceptibilidad para la variable número de meses secos con índice de aridez menor a 0,75.	73
Tabla 4-17 Calificación de susceptibilidad para la variable Índice de Fournier Modificado.....	73
Tabla 4-18 Calificación de susceptibilidad para las variables gradiente de pendiente y formas del terreno.	75
Tabla 4-19 Calificación de susceptibilidad para las variables grado de erosión y grado de salinización.	77
Tabla 4-20 Matriz de decisión entre los grados de erosión y salinización para el factor degradación actual del suelo.	78
Tabla 4-21 Calificación de susceptibilidad a la relación DPM/RPM o aporte de la cobertura a la materia orgánica del suelo.....	80
Tabla 4-22 Variables y rangos de las variables para la calificación del grado de compactación.	84
Tabla 4-23 Variables y rangos de las variables para la calificación del grado de pérdida de materia orgánica.....	85
Tabla 4-24 Clase de degradación de suelos por sellamiento.....	86
Tabla 4-25 Variables y rangos de las variables para la calificación del grado de sellamiento.	86
Tabla 4-26 clasificación de uso desde coberturas de la tierra	88
Tabla 4-27 Niveles de uso del suelo.	90

Tabla 4-28 principales prácticas de uso de suelos.	92
Tabla 5-1 Leyenda de zonas subhúmedas secas y secas en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.	96
Tabla 5-2 Leyenda de susceptibilidad a la degradación de suelos por desertificación en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.	98
Tabla 5-3 Leyenda del proceso de degradación de suelos por erosión 2021 en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.	100
Tabla 5-4 Comparación de las áreas de los grados de erosión en los años 2015 y 2021.	101
Tabla 5-5 Leyenda del proceso de degradación de suelos por compactación 2021 en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.	102
Tabla 5-6 Leyenda del proceso de degradación de suelos por sellamiento 2021 en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.	104
Tabla 5-7 Leyenda del proceso de degradación de suelos por salinización 2021 en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.	105
Tabla 5-8 Comparación de las áreas de los grados de salinización en los años 2017 y 2021.	106
Tabla 5-9 Leyenda del proceso de degradación de suelos por pérdida de la materia orgánica 2021 en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.	107
Tabla 5-10 Leyenda de degradación de suelos por desertificación en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.	109
Tabla 6-1 Eventos de sequía que han afectado en las islas.	114
Tabla 6-2 Eventos registrados en la zona del archipiélago, entre 1950 y 2021.	119
Tabla 6-3 Esquema de decisión para la zonificación del impacto directo de IOTA.	123
Tabla 6-4 Esquema de decisión de impacto a la variable de visibilidad.	123
Tabla 6-5 Magnitud y severidad en las unidades de planeación insular, en San Andrés.	152
Tabla 6-6 Magnitud y severidad en las unidades de planeación insular, en Providencia y Santa Catalina.	155
Tabla 7-1 Indicadores de presión e impacto en San Andrés.	165
Tabla 7-2 Indicadores de presión e impacto en Providencia y Santa Catalina.	166

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 3-1 Cambios en la población de San Andrés y Providencia 1793-2018 (DANE; Meisel-Roca)	31
Gráfica 3-2 Afluencia de turistas a San Andrés, Providencia y Santa Catalina	35
Gráfica 3-3 RNT por establecimiento entre 2005 y 2020. Elaboración propia fuente: MINCIT – CITUR, 2021	37
Gráfica 4-1 Tipos de uso del suelo en San Andrés (área en hectáreas; porcentaje de área total)	94
Gráfica 4-2 Tipos de uso del suelo en Providencia y Santa Catalina (área en hectáreas; porcentaje de área total)	94
Gráfica 6-1 Procesos de degradación frente a la humedad aprovechable en San Andrés	116
Gráfica 6-2 Procesos de degradación frente a la humedad aprovechable en Providencia y Santa Catalina	117
Gráfica 6-3 Eventos por año vs magnitud en la escala Saffir – Simpson	121
Gráfica 6-4 Frecuencia de los eventos, tormentas o depresiones y huracanes	122
Gráfica 6-5 Frecuencia de los eventos de huracán	122
Gráfica 6-6 Impacto del IOTA frente a los procesos de degradación en Providencia y Santa Catalina	125
Gráfica 6-7 Tipos de zonas secas frente a los procesos de degradación en San Andrés	126
Gráfica 6-8 Tipos de zonas secas frente a los procesos de degradación en Providencia y Santa Catalina	127
Gráfica 6-9 Relieves extremos con desertificación en San Andrés	129
Gráfica 6-10 Relieves extremos con desertificación en Providencia y Santa Catalina	129
Gráfica 6-11 Tipos de uso del suelo en San Andrés (área en hectáreas; porcentaje de área total)	130
Gráfica 6-12 Tipos de uso del suelo en Providencia y Santa Catalina (área en hectáreas; porcentaje de área total)	130
Gráfica 6-13 Tipos de uso del suelo en San Andrés y magnitud de la desertificación	132
Gráfica 6-14 Tipos de uso del suelo en San Andrés y severidad de la desertificación	132
Gráfica 6-15 Tipos de uso del suelo en Providencia y Santa Catalina y magnitud de la desertificación	133
Gráfica 6-16 Tipos de uso del suelo en Providencia y Santa Catalina y severidad de la desertificación	133
Gráfica 6-17 Índice de ocupación en zonas rurales en San Andrés, con magnitud y severidad de la desertificación	135
Gráfica 6-18 Índice de ocupación en zonas rurales en Providencia y Santa Catalina, con magnitud y severidad de la desertificación	135
Gráfica 6-19 Zonas susceptibles a incendios de la cobertura vegetal en San Andrés, con magnitud y severidad de la desertificación	136
Gráfica 6-20 Zonas susceptibles a incendios de la cobertura vegetal en Providencia y Santa Catalina, con magnitud y severidad de la desertificación	136
Gráfica 6-21 Zonas con amenaza por movimientos en masa en San Andrés, con magnitud y severidad de la desertificación	138
Gráfica 6-22 Zonas con amenaza por movimientos en masa en Providencia y Santa Catalina, con magnitud y severidad de la desertificación	139
Gráfica 6-23 Zonas con amenaza por inundaciones en San Andrés, con magnitud y severidad de la desertificación	139

Gráfica 6-24 Zonas con amenaza por inundaciones en Providencia y Santa Catalina, con magnitud y severidad de la desertificación.....	140
Gráfica 6-25 Área (ha) con magnitud y severidad en San Andrés isla.....	142
Gráfica 6-26 Procesos de degradación de suelos en San Andrés.....	143
Gráfica 6-27 Área (ha) con magnitud y severidad en Providencia y Santa Catalina.....	143
Gráfica 6-28 Procesos de degradación de suelos en Providencia y Santa Catalina.....	144
Gráfica 6-29 Zonificación ambiental proyectada en San Andrés.....	145
Gráfica 6-30 Zonificación ambiental proyectada en Providencia y Santa Catalina.....	146
Gráfica 6-31 Magnitud y severidad de la desertificación en la zonificación ambiental de San Andrés.....	147
Gráfica 6-32 Magnitud y severidad de la desertificación en la zonificación ambiental de Providencia y Santa Catalina.....	148
Gráfica 6-33 Vocación del uso productivo del suelo en San Andrés.....	148
Gráfica 6-34 Vocación del uso productivo del suelo en Providencia y Santa Catalina.....	149
Gráfica 6-35 Magnitud y severidad de la desertificación, en la vocación del uso productivo del suelo en San Andrés.....	150
Gráfica 6-36 Magnitud y severidad de la desertificación, en la vocación del uso productivo del suelo en San Andrés.....	151
Gráfica 7-1 Evaluación de las presiones en San Andrés.....	168
Gráfica 7-2 Evaluación de las presiones en Providencia y Santa Catalina.....	168
Gráfica 7-3 Evaluación de los impactos en San Andrés.....	169
Gráfica 7-4 Evaluación de los impactos en Providencia y Santa Catalina.....	170
Gráfica 8-1 Respuestas para la prevención de la degradación de los suelos por desertificación en San Andrés.....	171
Gráfica 8-2 Respuestas para la prevención de la degradación de los suelos por desertificación en Providencia y Santa Catalina.....	172
Gráfica 8-3 Medidas de mitigación en Magnitud Ligera y moderada Isla de San Andrés.....	174
Gráfica 8-4 Medidas de mitigación en magnitud Ligera y Moderada en las Islas de Providencia y Santa Catalina.....	174
Gráfica 8-5 Mitigación de la desertificación en áreas con Magnitud Ligera a Moderada en Providencia y Santa Catalina.....	175
Gráfica 8-6 Adaptación Isla de San Andrés zonas con desertificación ligera a moderada.....	181
Gráfica 8-7 Medidas de adaptación Providencia y Santa Catalina zonas con desertificación ligera a moderada.....	182
Gráfica 8-8 Áreas de rehabilitación de suelos en la Isla de San Andrés.....	186
Gráfica 8-9 Áreas de rehabilitación de suelos en las Islas de Providencia y Santa Catalina.....	186



RESUMEN

En el marco de las funciones del IDEAM, realizar el monitoreo y seguimiento del estado de los recursos naturales de la nación, entre ellos el suelo. El suelo es un componente fundamental del ambiente, teniendo en cuenta la amplia y compleja oferta de bienes, servicios y funciones que ofrece a los ecosistemas y a los seres humanos; es por naturaleza el soporte de los ecosistemas, el regulador climático y del agua, la despensa de alimentos, la mayor reserva de la biodiversidad, de la materia orgánica y sumidero de gases de efecto invernadero, el filtro y depurador de contaminantes entre otros.

La degradación de los suelos mantiene una estrecha relación con la variabilidad y el cambio climático, la deforestación, el uso del territorio, la pobreza, el hambre, la inseguridad y la violencia social, la calidad de vida de las personas, el aumento de las amenazas naturales (deslizamientos, crecientes súbitos, sedimentación, inundaciones, ciclones tropicales y sequías, entre otros) y el riesgo de desastres. En noviembre del 2020 el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina fue sujeto de un fuerte impacto ambiental debido al paso de los huracanes ETA e IOTA; siendo el IOTA el más fuerte de la temporada de huracanes del mar Caribe en 2020 y el primero de categoría 5 registrado para la zona. Los vientos, las lluvias y el oleaje generaron afectaciones en la infraestructura física de las islas y efectos significativos sobre el componente biofísico de los ecosistemas.

El paso de los huracanes ETA – IOTA, acentuaron y desencadenaron procesos de degradación de suelos como la erosión, la compactación, la salinización y la pérdida de la materia orgánica entre otros con afectación a las funciones y los servicios ambientales, los cuales se identifican, se analizan y evalúan como soporte y base fundamental para consolidar la recuperación y restauración de los ecosistemas del Archipiélago.

La degradación de suelos por desertificación es un proceso combinado multicausal y consiste en la degradación de las tierras de las zonas áridas, secas, semiáridas y subhúmedas secas, resultante de diversos factores, tales como las variaciones climáticas y las actividades humanas, debida a la pérdida del equilibrio natural y a la disminución de las funciones ambientales, la productividad biológica y económica, poniendo en peligro la biodiversidad y la supervivencia de las comunidades humanas (IDEAM , 2019).

La zonificación de degradación de suelos por desertificación del archipiélago identifica el dominio de tierras secas y subhúmedas secas en menor proporción, condición que las hace susceptibles a la desertificación. Se identifican procesos actuales de degradación de suelos de diferentes clases, grados y magnitud determinados por la erosión, la salinización, la compactación, la pérdida de la materia orgánica y el sellamiento de suelos, los cuales han deteriorado las funciones y los servicios ambientales de los suelos.

Finalmente se presenta el análisis y la evaluación de la degradación de suelos por desertificación mediante la aplicación del modelo FPEIR para identificar las fuerzas motrices y las presiones que la ocasiona, la distribución del estado actual según el grado, los impactos y los efectos que ocasiona la degradación y con base en estas se realiza las recomendaciones para prevenir, mitigar, rehabilitar o adaptación a la desertificación como medida de respuesta.



1. INTRODUCCIÓN

En noviembre del 2020 el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina fue sujeto de un fuerte impacto ambiental debido al paso de los huracanes ETA e IOTA; siendo el IOTA el más fuerte de la temporada de huracanes del mar Caribe en 2020 y el primero de categoría 5 registrado para la zona. Los vientos, las lluvias y el oleaje generaron afectaciones en la infraestructura física de las islas y efectos significativos sobre el componente biofísico de los ecosistemas.

El suelo es un componente fundamental del ambiente, natural y finito, constituido por minerales, aire, agua, materia orgánica, macro, meso y micro-organismos que desempeñan procesos permanentes de tipo biótico y abiótico, cumpliendo funciones vitales para la sociedad y el planeta (Minambiente, 2016).

El deterioro de la calidad de los suelos es un problema creciente y de preocupación mundial, ocasionado por dinámicas naturales y antrópicas, se manifiesta con la degradación de los suelos por erosión, por salinización, por compactación, la pérdida de la materia orgánica y la biodiversidad, la contaminación y la desertificación, entre otros.

Ante la problemática actual de los suelos en Colombia, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, promulgó la Política para la Gestión Sostenible del Suelo en Colombia, PGSS (Minambiente, 2016), la cual actualmente se encuentra en proceso de implementación.

El plan de acción de la PGSS, prevé seis líneas estratégicas, entre otras, la No. 4, correspondiente al Monitoreo y seguimiento de la calidad de los suelos, la cual es liderada por el IDEAM.

La degradación del suelo es la reducción intrínseca o eliminación de las funciones del suelo y la capacidad de estas últimas de respaldar los servicios ecosistémicos esenciales para el bienestar humano (FAO 2015).

La degradación de suelos por desertificación es un proceso combinado multicausal y consiste en la degradación de las tierras de las zonas áridas, secas, semiáridas y subhúmedas secas, resultante de diversos factores, tales como las variaciones climáticas y las actividades humanas, debida a la pérdida del equilibrio natural y a la disminución de las funciones ambientales, la productividad biológica y económica, poniendo en peligro la biodiversidad y la supervivencia de las comunidades humanas (IDEAM 2019).

Los suelos del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina se originaron bajo la influencia del clima ambiental cálido seco, lo cual los hace susceptibles en diferentes grados y espacios a la degradación y la desertificación.

El paso de los huracanes ETA – IOTA, acentuaron y desencadenaron procesos de degradación de suelos como la erosión, la compactación, la salinización y la pérdida de la materia orgánica entre otros con afectación a las funciones y los servicios ambientales, los cuales se identifican, se analizan y evalúan como soporte y base fundamental para consolidar la recuperación y restauración de los ecosistemas del archipiélago.

El aumento en la frecuencia de nuevos eventos extremos de variabilidad climática como “El Niño” pueden exacerbar la susceptibilidad a la erosión, la salinización y otros procesos de degradación,



que conduce a la pérdida de la materia orgánica y la biodiversidad, las emisiones de carbono orgánico e inevitablemente a la desertificación.

El cambio climático puede afectar a varios factores y procesos formadores de suelos (evolución de los suelos), incluyendo la lluvia, la temperatura, los organismos (flora, fauna), afectando la tasa de acumulación o emisión de gases de efecto invernadero.

De igual manera, la calidad del suelo será clave en la resiliencia del sistema insular ante nuevos eventos de variabilidad climática y modelos de uso y ocupación para prevenir la desertificación, teniendo en cuenta la exposición del sistema insular, la fragilidad y los procesos actuales de uso, ocupación y degradación de suelos.

La identificación y evaluación del estado actual de la desertificación y la degradación de los suelos permiten identificar, priorizar, articular y soportar técnicamente la toma de decisiones informadas y las acciones de prevención y restauración de las funciones de los suelos y de los servicios de los ecosistemas del archipiélago de San Andrés y Providencia.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Marco Normativo

El IDEAM en desarrollo de sus funciones debe realizar el monitoreo y seguimiento del estado de los recursos naturales, entre ellos el suelo a nivel nacional.

El monitoreo y seguimiento del estado de los suelos está regulado por el siguiente marco normativo a nivel nacional.

- Constitución Política de Colombia, 1991, el artículo 79 la Constitución Política establece que: “Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano” y el artículo 80 “El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución”.
- Decreto Ley 2811 de 1974. Por medio del cual se aprueba el Código nacional de los recursos naturales renovables y protección al medio ambiente.
- Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, y se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental – SINA y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 1600 y 1603 de 1994, se reglamentó la ley 99 de 1993 en los asuntos relacionados con el manejo de la información ambiental y se precisaron la estructura y funciones del IDEAM.
- Decreto 1277 de 1994. Por el cual se organiza y establece el IDEAM y le asigna sus funciones, en particular el Artículo 2, numeral 4: Obtener, Almacenar, analizar, estudiar, procesar y divulgar la información básica sobre hidrología, hidrogeología, meteorología, geografía básica sobre aspectos biofísicos, geomorfología, suelos y cobertura vegetal para el manejo y aprovechamiento de los recursos biofísicos de la Nación.



- Ley 461 de 1998, Colombia aprueba la “Convención de las Naciones Unidas de la Lucha contra la Desertificación y la Sequía (UNCCD)”. Entró a ser parte de la misma a partir del 8 de septiembre de 1999.
- Decreto 291 de 2004. Por el cual se modifica la estructura del IDEAM, y se dictan otras disposiciones.
- Resolución 284 de 2006 del IDEAM, mediante la cual se crea y asigna las funciones a los grupos internos de trabajo (creación del grupo de Suelos y Tierras de la subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental).
- Decreto 3851 de 2006, se conformó la infraestructura colombiana de datos como sistema administrativo de información oficial básica, de uso público, consistente en una arquitectura de información estandarizada, apta para la transmisión, aseguramiento de la calidad, procesamiento, difusión e intercambio electrónico de datos entre generadores y usuarios.
- Decreto 1076 de 2015. Decreto único reglamentario del sector de ambiente y desarrollo sostenible.
- Política para la Gestión Sostenible del Suelo en Colombia (Minambiente, 2016), su objetivo es promover la gestión sostenible del suelo en Colombia, en un contexto integral en el que confluyen la conservación de la biodiversidad, el agua y el aire, el ordenamiento del territorio y la gestión de riesgo, contribuyendo al desarrollo sostenible y al bienestar de los colombianos”.
- Decreto 50 de 2018, Ordenamiento del recurso hídrico y lineamientos que regulan los vertimientos al suelo.
- Decreto 277 de 2021, por el cual se crea la expedición Seaflower Plus 2021, en respuesta a los efectos causados por el paso de los huracanes ETA e IOTA y del inicio de la proclamación por parte de las Naciones Unidas del período 2021-2030 "Decenio de las Ciencias Oceánicas para el Desarrollo Sostenible”.

2.2. Marco Institucional

Marco Internacional de los suelos - Compromisos y responsabilidades

Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y la Sequía – UNCCD

La Convención de las Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación y la Sequía (UNCCD), fue adoptada el 17 de junio de 1994 en París y entró en vigor el 26 de diciembre de 1996.

Reconociendo que la desertificación entendida como la degradación de tierras secas es un problema de importancia social y ambiental que concierne a muchos países en todas las regiones del mundo, esta convención se propuso forjar una alianza mundial para revertir y prevenir dicho fenómeno y para mitigar sus efectos en las zonas ya afectadas.

Colombia aprobó su incorporación a esta iniciativa mediante la Ley 461 del 4 de agosto de 1998, y pasó a hacer parte de los 196 países adherentes a partir del 8 de septiembre de 1999. Posteriormente, cumpliendo uno de los compromisos adquiridos con dicha adhesión, el país formuló entre 2002 y 2004 el Plan de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación (PAN). El IDEAM, en atención a sus funciones ejerce la corresponsalia de Ciencia y Tecnología ante la UNCCD.

Neutralidad de la degradación de la tierra, NDT.



La Convención Marco de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y la Sequía, ha propuesto a los países parte, la iniciativa, denominada Neutralidad de la Degradación de las Tierras (NDT), cuya finalidad es detener la actual pérdida de tierra fértil y revertir la degradación de los suelos del pasado, de manera que se logre un estado de equilibrio que mantenga la calidad y la cantidad de los recursos suelo y de la tierra. Su marco conceptual es aplicable a todos los tipos de degradación de suelos y tierras, incluida la erosión, la salinización, la contaminación de los suelos, que afectan la productividad primaria, generan cambios negativos en la cobertura de la tierra y alteran la dinámica de la Materia Orgánica y el contenido de carbono en los suelos. Para el año 2030, este programa evaluará cambios en los indicadores, por lo que el monitoreo y seguimiento de los diferentes procesos de degradación de los suelos y las tierras, permitirá no solo conocer su estado y dinámica, sino además tomar acciones para la prevención, el manejo, la mitigación, la adaptación y la recuperación de suelos y las tierras degradadas.

Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático – CMNUCC

La CMNUCC fue aprobada en mayo de 1992 y entró en vigor el 21 de marzo de 1994. Establece una estructura general para aunar esfuerzos intergubernamentales y reconoce que el sistema climático es un recurso compartido, cuya estabilidad puede verse afectada por actividades industriales y de otro tipo que emiten carbono y otros gases de efecto invernadero. Su objetivo principal es “lograr, la estabilización de la emisión y concentración de gases efecto invernadero en la atmósfera, a niveles no peligrosos. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible”.

El suelo es un factor fundamental e imprescindible en la adaptación y la mitigación de los efectos del cambio climático, teniendo en cuenta la alta capacidad de regulación y secuestro de carbono y de otros gases de efecto invernadero mediante la dinámica de la materia orgánica en los suelos.

En Colombia la Convención de Cambio Climático, se aprobó mediante la Ley 164 del 27 de octubre de 1994, y fue ratificada por el Gobierno mediante el Decreto 2081 del 20 de noviembre de 2005.

La degradación de los suelos y las tierras es uno de los factores que más contribuyen al cambio climático, mientras que el cambio climático puede agravar los efectos de la degradación de la tierra y reducir la viabilidad de las opciones de restauración. Los efectos de casi todos los causantes directos de la degradación de la tierra se ven agravados por el cambio climático. Estos son, entre otros, la erosión del suelo de las laderas deforestadas durante periodos de inundación, el aumento del riesgo de incendios forestales y los cambios en la distribución de las especies invasoras, las plagas y los agentes patógenos. Las prácticas de ordenación y restauración de tierras establecidas hace tiempo podrían haber dejado de ser sostenibles ante el cambio climático.

Convenio sobre Diversidad Biológica – CDB.

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), promulgado el 5 de junio de 1992 en Río de Janeiro, reconoce dentro de la diversidad biológica además de las plantas, los animales, los organismos y los ecosistemas, las personas, las comunidades, la seguridad alimentaria, la salud, la



calidad de los recursos y el ambiente limpio. Colombia se vinculó al CDB por medio de la Ley 165 de 1994, con el objetivo de promover el desarrollo sostenible.

La Conferencia de las Partes (COP) de la Convención de Diversidad Biológica (CDB) determinó "fundar una iniciativa internacional para la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad del suelo como iniciativa fundamental transversal en el programa del trabajo sobre la biodiversidad agrícola, e invitó a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y a otras organizaciones importantes, a que faciliten y coordinen esta iniciativa" (decisión COP VI/5, párrafo 13, reunión en La Haya, Países Bajos) .

El Plenario de la Plataforma Intergubernamental Científico-normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas en su Sexto período de sesiones, Medellín (Colombia), 18 a 24 de marzo de 2018, en la decisión IPBES 3/1, sección IV, párrafo 2, el Plenario de la Plataforma Intergubernamental Científico-normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas aprobó la realización de una evaluación temática de la degradación y la restauración de la tierra.

Detener la degradación de la tierra y restaurar las tierras degradadas es una prioridad urgente para proteger la diversidad biológica y los servicios de los ecosistemas vitales para toda la vida en la Tierra y para asegurar el bienestar humano.

Objetivos de Desarrollo Sostenible del Milenio – ODS

En el año 2015 se formularon los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), de miras al desarrollo potencial de las personas, el aumento de sus posibilidades y el disfrute de la libertad. En particular, el Objetivo 15 propone "Proteger, restaurar y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, el manejo sostenible de los bosques, la lucha contra la desertificación; detener y revertir la degradación de la tierra y detener la pérdida de biodiversidad". Así, resalta la necesidad de revertir la degradación de los suelos y las tierras y se plantea una meta: "Para 2030, luchar contra la desertificación, rehabilitar las tierras y los suelos degradados, incluidas las tierras afectadas por la desertificación, la sequía y las inundaciones y procurar lograr un mundo con una degradación neutra del suelo".

Colombia se acogió a este pacto de desarrollo global a través de los CONPES (Consejo de Política Económica y Social) 91 y 140, y de esta manera lo convirtió en política pública nacional.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible identifican la necesidad de neutralizar la degradación de las tierras y mejorar la salud del suelo. Existe un consenso generalizado de aprovechar todo el potencial de los suelos para poder, no sólo apoyar la producción de alimentos, sino también almacenar y suministrar más agua limpia, mantener la biodiversidad, secuestrar carbono y aumentar la resiliencia en un clima cambiante. La lucha contra la pérdida de la biodiversidad del suelo es clave para la seguridad alimentaria mundial y el logro de más de la mitad de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Desarrollo y Crecimiento Verde - OCDE



En el año 2014, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) publicó las evaluaciones de desempeño ambiental, en las que se establecen los desafíos para detener la degradación y la contaminación de los recursos naturales.

Con ese propósito, Colombia se adhirió a la OCDE, en el año 2017 y realiza iniciativas y medidas de adaptación institucional, política, económica y ambiental, entre las cuales se resalta la Política de Cambio Climático, la Política para la gestión Sostenible del suelo, entre otras.

Según la OCDE “La vulnerabilidad de Colombia a los cambios y las dinámicas ambientales y la necesidad de fortalecer sus políticas e instituciones de protección del medio ambiente, quedaron puestas de manifiesto ante las inundaciones y los deslizamientos de tierra relacionados con el fenómeno de La Niña de 2010-2011. Las pérdidas económicas asociadas equivalieron al 2% del PIB y afectaron a más de tres millones de personas, es decir, el 7% de la población”. Las medidas de adaptación constituyen una de las principales acciones dirigidas a reducir estos riesgos ambientales.

Alianza mundial por el suelo - AMS

La Alianza Mundial por el Suelo, se estableció en diciembre de 2012 como un mecanismo para desarrollar una alianza interactiva sólida y una mayor colaboración y sinergia de esfuerzos entre todas las partes interesadas. Desde los usuarios de la tierra hasta los encargados de formular políticas, uno de los objetivos clave de la AMS es mejorar la gobernanza y promover la gestión sostenible de los suelos.

El mandato AMS, es mejorar la gobernanza de los recursos limitados del suelo del planeta para garantizar suelos agrícolas productivos para un mundo con seguridad alimentaria, así como apoyar otros servicios ecosistémicos esenciales, de acuerdo con el derecho soberano de cada Estado sobre sus recursos naturales.

La AMS propuso las directrices voluntarias para la gestión sostenible del suelo e incluyen las siguientes acciones:

- Promover el establecimiento de políticas inclusivas y gobernanza del suelo
- Promover la inversión en la gestión sostenible del suelo.
- Promover la investigación de suelos dirigida.
- Promover programas eficaces de educación y extensión sobre suelos.
- Minimizar una mayor degradación de los suelos y restaurar la productividad de los suelos que ya están degradados en las regiones donde las personas son más vulnerables.
- Estabilizar las reservas globales de materia orgánica del suelo, incluido el carbono orgánico del suelo y los organismos del suelo.
- Estabilizar o reducir el uso global de fertilizantes de nitrógeno y fósforo, al tiempo que aumenta el uso de fertilizantes en regiones con deficiencia de nutrientes.
- Mejorar nuestro conocimiento sobre el estado y la tendencia de las condiciones del suelo mediante el establecimiento o fortalecimiento de sistemas de información del suelo.

La Unión Internacional de Ciencias del Suelo –IUSS



Es la unión global de científicos del suelo. Los objetivos de la IUSS son promover todas las ramas de la ciencia del suelo y apoyar a todos los científicos del suelo en todo el mundo en la realización de sus actividades.

La Unión Internacional de Ciencias del Suelo, fue fundada como Sociedad Internacional de Ciencias del Suelo el 19 de mayo de 1924.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - Minambiente

A nivel nacional el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible es el rector de la gestión del ambiente y de los recursos naturales renovables, encargado de orientar y regular el ordenamiento ambiental del territorio y de definir las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y del ambiente de la nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible, sin perjuicio de las funciones asignadas a otros sectores.

Autoridad nacional de licencias ambientales – ANLA

Es una Unidad Administrativa Especial, creada mediante el Decreto 3573 del 2011, de orden nacional encargada de que los proyectos, obras o actividades sujetos de licenciamiento, permiso o trámite ambiental cumplan con la normativa, de tal manera que contribuyan al desarrollo sostenible.

Instituto de Hidrología Meteorología y estudios Ambientales - IDEAM

El IDEAM es una institución pública de apoyo técnico y científico al Sistema Nacional Ambiental, que genera conocimiento, produce información confiable, consistente y oportuna, sobre el estado y las dinámicas de los recursos naturales y del medio ambiente, que facilite la definición y ajustes de las políticas ambientales y la toma de decisiones por parte de los sectores público, privado y la ciudadanía en general.”

El IDEAM deberá obtener, analizar, estudiar, procesar y divulgar la información básica sobre hidrología, hidrogeología, meteorología, geografía básica sobre aspectos biofísicos, geomorfología, suelos y cobertura vegetal para el manejo y aprovechamiento de los recursos biofísicos de la Nación y tendrá a su cargo el establecimiento y funcionamiento de infraestructuras meteorológicas e hidrológicas nacionales para proveer informaciones, predicciones, avisos y servicios de asesoramiento a la comunidad.

Corresponde IDEAM, efectuar el seguimiento, de los recursos biofísicos de la nación especialmente en lo referente a su contaminación y degradación, necesarios para la toma de decisiones de las autoridades ambientales.

El artículo 14 del Decreto 291 de 2004, establece entre otras, como funciones de la Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental, las siguientes: “1. Desarrollar el levantamiento, manejo y centralización de la información científica y técnica sobre los ecosistemas que forman parte del patrimonio ambiental del país. 2. Coordinar el Sistema de Información Ambiental del IDEAM y el Sistema de Información Ambiental para Colombia, SIAC, y suministrar los conocimientos, los datos y la información ambiental que requiera el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y



demás entidades del Sistema Nacional Ambiental, SINA. 3. Coordinar el Sistema de Información Ambiental en colaboración con las entidades científicas vinculadas al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Corporaciones Autónomas Regionales y demás entidades del SINA. 4. Obtener, almacenar, analizar, estudiar, investigar, procesar y divulgar la información básica sobre, aspectos biofísicos, geomorfología, bio geodinámica y morfodinámica de los suelos y las tierras, cobertura vegetal y ecosistemas para el manejo y aprovechamiento de los recursos biofísicos de la Nación desde una visión ecosistémica. 5. Efectuar el seguimiento de los recursos biofísicos de la Nación especialmente en lo referente a los aspectos bióticos, biogeopedológicos y ecosistémicos, en especial la relacionada con recursos forestales y conservación de suelos, necesarios para la toma de decisiones de las autoridades ambientales... 7. Establecer las bases para la zonificación y el ordenamiento ambiental del territorio a partir del conocimiento del estado, uso, oferta, degradación y estabilidad de suelos y tierras, así como de las naturales (sic.), estado, la apropiación, uso y manejo de los distintos ecosistemas nacionales... 9. Producir y proponer modelos e indicadores ambientales en el campo de la geomorfología, los suelos y los ecosistemas nacionales para su preservación y manejo sostenible... 11. Prestar el servicio de información en las áreas de su competencia a los usuarios que la requieran. (...)"

Mediante Resolución N° 284 de 2006, fue conformado el Grupo interno de trabajo de Suelos y Tierras, adscrito a la Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental, cuya misión es realizar el seguimiento de la oferta, la estabilidad y la degradación de los, suelos y tierras, así como las dinámicas naturales extremas asociadas, como soporte para la planificación y el ordenamiento ambiental del territorio, el Sistema de Información Nacional Ambiental y el Sistema Nacional de Gestión del riesgo de Desastres, respondiendo a los requerimientos de información ambiental del Instituto y la Nación, así como obtener y producir conocimiento sobre los suelos y las tierras del país mediante investigación científica y tecnológica para apoyar el ordenamiento ambiental del país, la toma de decisiones de las autoridades ambientales y la emisión de pronósticos y alertas por eventos geodinámicos extremos de origen hidrometeorológico.

En el marco de sus funciones, corresponde al IDEAM, realizar el monitoreo y seguimiento del estado de los recursos naturales de la nación, entre otros de los suelos; siendo la degradación y la contaminación uno de los procesos que afectan la calidad de los suelos.

Autoridades Ambientales Regionales – CAR

Las Corporaciones Autónomas Regionales - CAR son entes corporativos de carácter público, creados por la ley, integrados por las entidades territoriales que por sus características constituyen geográficamente un mismo ecosistema o conforman una unidad geopolítica, biogeográfica o hidrogeográfica, dotados de autonomía administrativa y financiera, patrimonio propio y personería jurídica, encargados por la ley de administrar, dentro del área de su jurisdicción el medio ambiente y los recursos naturales renovables y propender por su desarrollo sostenible, de conformidad con las disposiciones legales y las políticas del Minambiente.

Las Corporaciones para el desarrollo sostenible, cumplen las funciones anteriormente descritas para las CAR, se encargan del aprovechamiento sostenible y racional de los recursos naturales renovables y del medio ambiente en su respectiva jurisdicción, de la promoción de la investigación científica e innovación tecnológica, de dirigir el proceso de planificación regional de uso del suelo para mitigar y desactivar presiones de explotación inadecuada del territorio, y propiciar con la



cooperación de entidades nacionales e internacionales la generación de tecnologías apropiadas para la utilización y la conservación de los recursos y del entorno de su área de influencia.

Las Autoridades Ambientales Urbanas se encuentran presentes en los municipios, distritos o áreas metropolitanas cuya población urbana es igual o superior a un millón de habitantes. Están encargadas de promover y ejecutar programas y políticas nacionales, regionales y sectoriales en relación con el medio ambiente y los recursos naturales renovables, es decir cumplen con las funciones de las Corporaciones Autónomas Regionales en su jurisdicción.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC

La organización institucional del Estado colombiano establece que el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC y el IDEAM lideren la investigación, el monitoreo y seguimiento de los suelos y las tierras en Colombia de manera articulada y complementaria.

El Decreto 2113 de 1992 establece entre las funciones del IGAC: “Adelantar en todas las regiones del país el inventario y estudio de los suelos; identificar la vocación, uso y manejo de las tierras; establecer la calidad y extensión de éstas, a partir de su clasificación y zonificación, con el fin de apoyar los procesos de planificación y ordenamiento territorial”.

Marco Político para la gestión sostenible del suelo

Política para la Gestión Sostenible del Suelo en Colombia - PGSS.

La Política para la Gestión Sostenible del Suelo en Colombia, surge a partir de la identificación de las necesidades para el país, en relación a la importancia del suelo como componente ambiental esencial para sustentar la producción de alimentos y también para proveer servicios ecosistémicos fundamentales para la vida.

La Política para la Gestión Sostenible del Suelo busca promover la gestión sostenible del suelo en Colombia, en un contexto integral en el que confluyen la conservación de la biodiversidad, el agua y el aire, el ordenamiento del territorio y la gestión de riesgo, contribuyendo al desarrollo sostenible y al bienestar de los colombianos. La PGSS, fue aprobada por el Consejo Nacional de Políticas Ambientales en agosto de 2016 y seguidamente se inició la implementación.

La política propone la puesta en marcha de un plan de acción y el desarrollo de seis líneas estratégicas a saber: fortalecimiento institucional y armonización de normas y políticas; educación, capacitación y sensibilización; fortalecimiento de instrumentos de planificación ambiental y sectorial; monitoreo y seguimiento a la calidad de los suelos; investigación, innovación y transferencia de tecnología y preservación, restauración y uso sostenible del suelo.

Plan de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía – PAN

El Plan de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía - PAN, liderado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente), fue aprobado por el Consejo Nacional Ambiental el 13 de diciembre de 2004 con el objetivo de “adelantar acciones contra la degradación de tierras, desertificación y mitigación de los efectos de la sequía, así como para el manejo



sostenible de los ecosistemas de las zonas secas, a partir de la aplicación de medidas prácticas que permitan prevenir, detener y revertir dichos procesos de degradación y contribuir al desarrollo sostenible de las zonas afectadas.

Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022: El plan nacional de desarrollo 2018-2022, Pacto por Colombia, pacto por la equidad”, prevé como objetivo, mejorar la calidad del aire, del agua y del suelo para la prevención de los impactos en la salud pública y la reducción de las desigualdades relacionadas con el acceso a recursos.

Alianza Nacional por el suelo: Es una iniciativa voluntaria de actores públicos y privados, firmada el 5 de diciembre de 2019, la cual establecer mecanismos para trabajar conjuntamente en un escenario donde la conservación de los suelos se constituye en parte fundamental de su gestión, por lo que se han determinado ocho pilares estratégicos.

La Alianza Nacional por el Suelo contribuirá a la implementación de las metas establecidas en la Política para la Gestión Sostenible del Suelo y en el Plan de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía, incorporado en el Plan Nacional de Desarrollo (Minambiente, 2019).

Política de Ciencia, Tecnología e Innovación – CTI: Como parte de la estrategia de Competitividad e Infraestructura Estratégicas del PND 2014 -2018, se definió que el país debe contar con una visión de largo plazo de CTI, mediante la política de ciencia, tecnología e innovación colombiana para el período 2015 a 2025.

2.3. Marco conceptual – Edson Ilustraciones y Fotografías del Archipiélago

Suelo:

Existen diferentes definiciones del concepto de suelo, consolidadas por los distintos sistemas de clasificación de los suelos desarrollados por algunos países, así como por varios autores. Así, el sistema de clasificación francés, donde el suelo es entendido como un objeto natural, continuo, tridimensional y en constante cambio a través del tiempo, constituido por sustancias minerales y orgánicas presentes en estado sólido, líquido y gaseoso, organizadas entre sí conformando estructuras específicas (Association française pour l'étude du sol (Afe), 2008). El sistema de clasificación ruso define a su objeto de estudio como un cuerpo sólido natural o natural-antropogénico expuesto en la superficie y formado por la interacción a largo plazo de varios procesos que dan como resultado la diferenciación del material inicial en horizontes (Shishov, *et al.*, 2005). La Base de referencia mundial del recurso suelo adopta un enfoque de epidermis de la tierra que se aleja de la extensa discusión para aceptar una definición universal del suelo, en la cual opta por clasificar cualquier material dentro de los 2 m de la tierra que esté en contacto con la atmósfera, excluyendo organismos vivos, zonas con hielo continuo y no cubiertas por otro material y masas de agua con profundidades mayores a 2 m (IUSS Working Group WRB, 2015).



Fotografía 1 Suelo de la isla de San Andrés

Fuente IDEAM 2022

Sin embargo, el IDEAM, en los protocolos que ha desarrollado para la identificación y evaluación de la degradación de suelos por erosión, salinización y desertificación ha adoptado dos definiciones; en la primera el suelo es entendido como un cuerpo natural que comprende a sólidos, como minerales y materia orgánica, líquidos y gases que ocurren en la superficie de las tierras, que ocupa un espacio y que se caracteriza por tener horizontes o capas que se distinguen del material inicial como resultado de adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de energía y materia o por la habilidad de soportar plantas en un ambiente natural (Soil Survey Staff, 1999) y; en la segunda definición el suelo es visto como un componente fundamental del ambiente, natural y finito, constituido por minerales, aire, agua, materia orgánica, macro, meso y micro-organismos que desempeñan procesos permanentes de tipos biótico y abiótico, cumpliendo funciones vitales para la sociedad y el planeta (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016).

Tierra

Es un concepto más amplio que el de suelo, permite una evaluación más integral lo cual es apropiado para procesos de zonificación, planificación del uso, ordenamiento y evaluación de las potencialidades, ya que la aptitud para un tipo de uso determinado, depende de factores biofísicos, pero también de variables sociales, económicas y ambientales que pueden ser determinantes en el éxito o fracaso de las actividades de uso y manejo (Minambiente PGSS, 2016).



Funciones y servicios ambientales de los suelos

Las funciones de los ecosistemas son descritas como un sinónimo de los procesos que se desarrollan en estos, resultado de la interacción entre sus componentes. Los procesos del suelo son, para Lal *et al* (2013) según cita textual *mecanismos que gobiernan las reacciones físicas, químicas y bioquímicas dentro del solum del suelo a través de una estrecha interacción con la litosfera, la biosfera, la atmósfera y la hidrosfera. Es el efecto neto de la meteorización y la renovación en la litosfera, la fotosíntesis y la respiración en la biosfera, el intercambio gaseoso y el forzamiento radiativo en la atmósfera, y la erosión y la deposición en la hidrosfera lo que determina las funciones de los ecosistemas terrestres.*

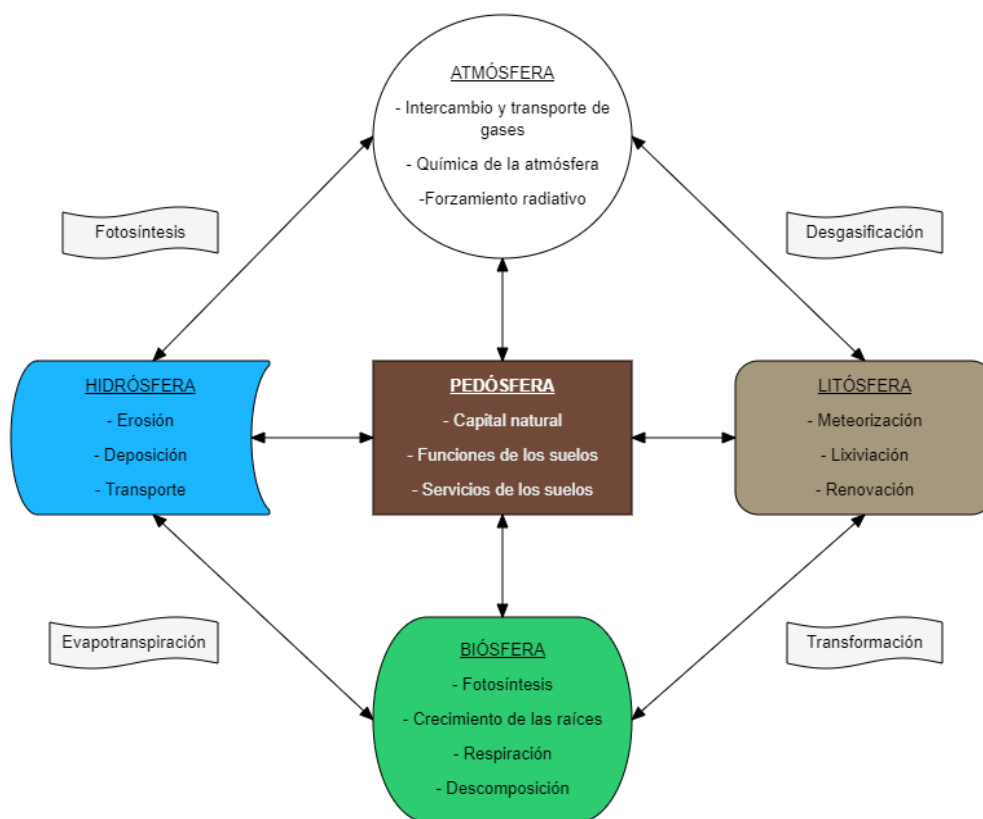


Figura 2-1 Procesos ecosistémicos

Fuente: IDEAM 2022

Según Seybold *et al* (1998) las funciones de los suelos pueden definirse como “lo que el suelo hace” o como los procesos intrínsecos que suceden en los suelos, sin ser estos vistos desde la lente de cualquier interés humano. Este mismo autor menciona las siguientes funciones de los suelos: 1) sostenimiento de la actividad biológica, diversidad y productividad; 2) regulación y partición del flujo de agua y solutos; 3) filtrado, amortiguación, degradación, inmovilización y desintoxicación de materiales orgánicos e inorgánicos, incluidos los subproductos industriales y municipales y la deposición atmosférica; 4) almacenamiento y reciclaje de nutrientes y otros elementos dentro de la biosfera de la tierra y 5) apoyo a las estructuras socioeconómicas y protección de la riqueza arqueológica asociada con los asentamientos humanos.





Los servicios de los ecosistemas se entienden como la valoración que realizan los seres humanos de las funciones y procesos que suceden en estos o como las cosas que proveen los ecosistemas y que benefician a los seres humanos (Millenium Ecosystem Assessment, 2005). Otra definición de servicios ecosistémicos es la que los enmarca como *“aquellos procesos y funciones de los ecosistemas que son percibidos por el humano como un beneficio (de tipo ecológico, cultural o económico) directo o indirecto. Incluyen aquellos de aprovisionamiento, como comida y agua; servicios de regulación, como la regulación de las inundaciones, sequías, degradación del terreno y enfermedades; servicios de sustento como la formación del sustrato y el reciclaje de los nutrientes; y servicios culturales, ya sean recreacionales, espirituales, religiosos u otros beneficios no materiales”* (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012).



Fotografía 2 Servicio de aprovisionamiento de alimento brindado por el suelo en la isla de San Andrés

Fuente IDEAM 2022

Dentro de los servicios ecosistémicos asociados a los suelos se encuentran el suministro de agua, nutrientes y soporte físico para la agricultura y la silvicultura principalmente; protección y regulación del agua, el intercambio de gases con la atmósfera; filtración y amortiguación los materiales orgánicos e inorgánicos, sostenimiento de la actividad biológica y regulación del flujo de agua y otros solutos; componente del hábitat biológico de plantas, animales y otros organismos; constituyente de la dimensión espacial de asentamientos humanos, determinante para la eliminación de residuos; patrimonio cultural debido al contenido de restos paleontológicos y arqueológicos que conservan la historia de la humanidad en la tierra; es fuente de materias primas como agua, arcilla, minerales, etc (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2019).

Degradación del suelo

De la misma forma que el suelo encuentra diferentes definiciones, sucede una situación similar con la definición de la degradación estos. Así, algunas de las aproximaciones a este concepto con más aceptación a nivel mundial son las que se refieren a este fenómeno como la disminución de su capacidad de producción o de cumplir con sus funciones ambientales (Lal, 1993), como la pérdida de la calidad de los suelos, donde la calidad está enmarcada en la capacidad que tiene este



componente para funcionar dentro de los límites de ecosistemas (naturales o manejados) para mantener la productividad biológica, conservar la calidad ambiental, promover la salud de plantas y animales (Doran & Parkin, 1994) o, más recientemente, como la reducción intrínseca o eliminación de las funciones del suelo y la capacidad de estas últimas de respaldar los servicios ecosistémicos esenciales para el bienestar humano (FAO 2015).



Fotografía 3 Proceso de degradación de suelos en la isla de Providencia
Fuente IDEAM 2022

Sin embargo, en este documento se entenderá la degradación de suelos como la reducción o pérdida de la productividad y diversidad biológica o económica de los suelos, con disminución de su capacidad para mantener ya sea la vegetación natural, así como los cultivos hechos por el hombre, es decir, reduciendo la capacidad del suelo para sostener un uso determinado (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2019) (Lal, 1993), definición acuñada en el Protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de suelos por desertificación.

Para Lal y Stewart (1990) existen tres tipos principales de degradación de suelos: física, química y biológica y, a la vez, cada uno de estos están integrados por otros procesos de degradación.

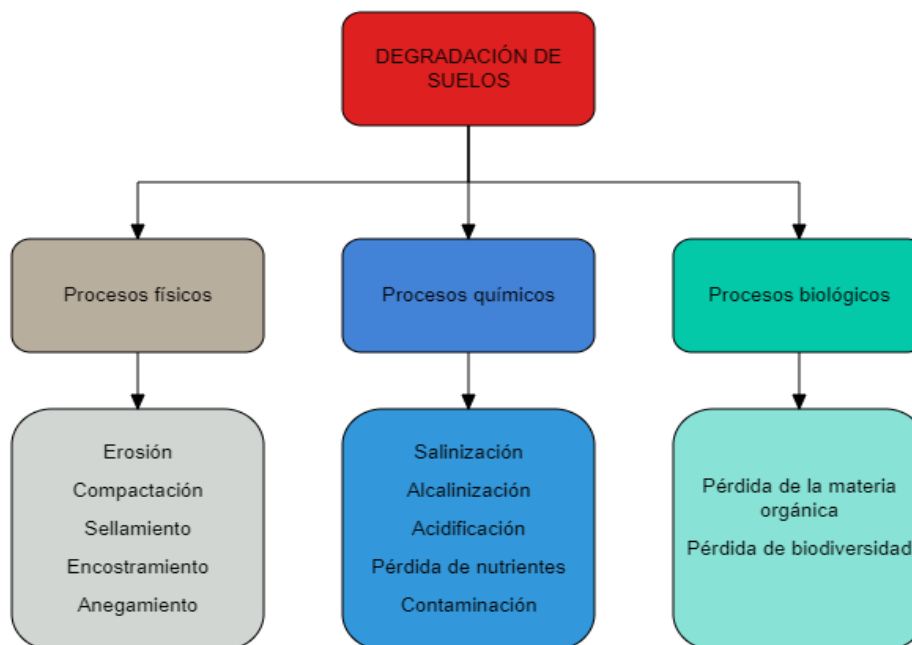


Figura 2-2 Clasificación de los procesos de degradación de suelos

Fuente IDEAM 2022

Degradación física del suelo: se refiere al deterioro de las propiedades físicas del suelo (Lal y Stewart, 1990) e incluye la destrucción de la estructura del suelo, la dispersión de las partículas del suelo, sellamiento de poros, compactación e incremento de la densidad, consolidación, compactación y reducción de la penetración de las raíces, baja infiltración, anegamiento, aumento de la escorrentía y aceleración de la erosión (Osman, 2013). Las propiedades físicas del suelo están representadas, entre otras, por la densidad aparente del suelo (BD), que mide la masa de suelo seco por unidad de volumen. Los cambios en BD dan una señal de cambios en la estructura del suelo, porosidad y compactación, e indican cuán fácilmente el agua, el aire y las raíces de las plantas pueden moverse a través del suelo (AMS, 2020).

Degradación química del suelo: es el cambio indeseado en las propiedades químicas del suelo como el pH, tamaño y composición del complejo de intercambio catiónico, contenidos de materia orgánica, nutrientes minerales y sales solubles, cambios debidos a la intervención humana que ocasionan el declive de la calidad del suelo, pues el cambio en una o más de las propiedades químicas del suelo tiene efectos directos e indirectos sobre la fertilidad química y esto ocasiona inevitablemente en la disminución de la productividad del suelo; entre los procesos de degradación química de los suelos están el incremento y disminución excesiva del pH que causa la alcalinización y acidificación de los suelos, respectivamente; el incremento de las sales solubles que origina la salinización y la sodificación cuando el catión soluble dominante es el sodio; el decrecimiento de los contenidos de materia orgánica, la pérdida de nutrientes causada por el lavado y la extracción por parte de los cultivos y; la contaminación, causada por la acumulación de sustancias, nativas o introducidas, en niveles peligrosos para el crecimiento y salud de los organismos vivos (Derici, 2017; Osman, 2013). La pérdida de nutrientes o su desbalance reducen la productividad de los suelos, e incluso puede conllevar a su agotamiento cuando no se restituyen los nutrientes extraídos por las cosechas, particularmente en monocultivos. Los cambios indeseables en el pH del suelo reducen la capacidad de este para soportar plantas y tienen efectos negativos para la biota edáfica; en el caso de acidificación (reducción del pH) elementos como el Aluminio (Al) pueden llegar a niveles tóxicos;



por su parte la acumulación de metales pesados y el aumento de pH por sales, debido al exceso de fertilizantes, al riego inadecuado y al mal drenaje, conllevan a que un número considerable de organismos no puedan sobrevivir.

Degradación biológica del suelo: es el deterioro o eliminación de una o más poblaciones significativas de microorganismos, es decir, que tienen un rol ecológicamente importante y que resulta en alteraciones sobre los procesos biogeoquímicos dentro del ecosistema asociado (Sims, 1990; Ussiri & Lal, 2020) o, de acuerdo con Ortaş (2017), la degradación biológica del suelo es entendida como una disminución en el contenido de materia orgánica y el carbono de la biomasa, además de un descenso en la diversidad y actividad de la flora y fauna del suelo. Wagg, *et al* (2014) demostraron que la pérdida de la biodiversidad de los suelos es una amenaza para la multifuncionalidad y sostenibilidad de los ecosistemas al perjudicar múltiples funciones como la diversidad de plantas, la descomposición, la retención y el ciclo de los nutrientes.

Degradación de suelos por erosión: La erosión del suelo es el desplazamiento de la capa superior del suelo y puede ser causada por el viento, el agua o actividades antropogénicas como la labranza del suelo. Puede medirse en el campo, observando evidencia visible de pérdida de suelo, en complemento a la medición de materia orgánica del suelo de la capa superficial del suelo (IDEAM, 2015 - AMS, 2020).

Degradación de suelos por sellamiento: ocurre cuando el suelo es ocupado por cobertura permanente de la superficie del suelo con material artificial impermeable, dando lugar a pérdida no reversible del suelo y la mayoría de sus servicios ecosistémicos.

Los principales impactos negativos sobre los servicios ecosistémicos son pérdidas de producción de alimento y fibra; pérdida significativa o total de retención de agua en el suelo; capacidad de neutralización y purificación reducida; y reducción de la capacidad de secuestro de carbono (FAO, 2016).

Degradación de suelos por compactación: es la reducción de la porosidad del suelo y aumento de la resistencia mecánica y ocurre por el uso inadecuado de maquinaria o por el pisoteo del ganado; la degradación de la estructura y la reducción de la estabilidad de los agregados del suelo, procesos que ocurren por el uso inapropiado de maquinaria agrícola y de sistemas de riego que producen encostramiento y compactación superficial del suelo, afectando el movimiento del agua y del aire.

Degradación de suelos por pérdida de materia orgánica: es la disminución de la materia orgánica del suelo (MOS) y es un indicador comúnmente reconocido que refleja el estado químico, físico y biológico de un suelo, respondiendo al cambio mediante la implementación de prácticas de manejo sostenible del suelo, SSM. La MOS tiene una relación directa con la disponibilidad de nutrientes del suelo, la estructura del suelo y la estabilidad de los agregados, la porosidad del suelo, la capacidad de retención de agua y la presencia de macro, meso y micro organismos del suelo.

Susceptibilidad a la degradación de suelos por salinización: es la capacidad potencial o tendencia de los suelos a aumentar la concentración de sales por condiciones intrínsecas o factores externos biofísicos o antrópicos (IDEAM, 2017).



Degradación de suelos por salinización: es el “incremento de la salinidad”, es decir, el proceso de aumento, ganancia o acumulación de sales en el perfil del suelo. Se origina de forma natural y/o antrópica. El aumento de sales en los suelos genera cambios físicos, químicos o biológicos que pueden alterar sus propiedades productivas y sus funciones y servicios ecosistémicos (IDEAM, 2017).

Degradación de suelos por desertificación: es un proceso combinado multicausal y consiste en “la degradación de las tierras de las zonas áridas, semiáridas, secas y subhúmedas secas, resultante de diversos factores, tales como las variaciones climáticas y las actividades humanas, debida a la pérdida del equilibrio natural y a la disminución de las funciones ambientales, la productividad biológica y económica, poniendo en peligro la biodiversidad y la supervivencia de las comunidades humanas (IDEAM 2019).”

De acuerdo con Squires (2017), según cita textual, *“la desertificación comprende dos tipos principales de degradación: la degradación de la vegetación y la degradación del suelo. Estos pueden ocurrir en cualquier lugar en áreas secas y no solo en las franjas del desierto. La degradación de la vegetación implica una reducción temporal o permanente en la densidad, estructura, composición de especies o productividad de la cubierta vegetal. Se ha argumentado que se debe dar menos peso a la degradación de la vegetación en la evaluación de la desertificación porque hay evidencia clara de que la mayoría de los cambios en la vegetación son reversibles en escalas de tiempo razonables, mientras que es poco probable que la degradación del suelo ocurra dentro de la vida humana”.*

El mismo autor también se refiere a la desertificación como *“una situación en la que un paisaje sufre más allá de su resiliencia. La mayoría de los científicos estaría de acuerdo en que, a pesar de su aparente fragilidad, los sistemas ecológicos de las tierras secas son bastante resistentes. La variación espacial y temporal de las condiciones significa que se han desarrollado mecanismos de afrontamiento para permitir que el sistema continúe frente a la adversidad. Bajo la fuerza combinada de la presión inducida por el hombre y las fuerzas climáticas, como sequías recurrentes, pueden ocurrir cambios importantes en los suelos y la vegetación. Esto es lo que se ha llegado a reconocer como desertificación”.*

Degradación de suelos por contaminación: La contaminación del suelo se refiere a la presencia de contaminantes o elementos no propios del suelo cuya naturaleza, ubicación o cantidad produce efectos indeseables en el medio ambiente o la salud humana. Los contaminantes de mayor preocupación son los metales pesados, los oligoelementos, los diferentes tipos de pesticidas, los hidrocarburos, etc. (AMS, 2020).

Degradación de suelos por infestación: la infestación es la invasión del suelo por organismos parásitos externos o internos. La diferencia fundamental con el término infección es que este último, se aplica exclusivamente a microorganismos que tienen como objetivo su reproducción en el organismo infectado, causando en muchas ocasiones la muerte del mismo, mientras que el objetivo de los parásitos es su supervivencia a costa del huésped que parasitan.

Desertización



Para LeHouérou (2017), “los desiertos son regiones donde, debido a la excesiva aridez, la agricultura no es factible sin riego suplementario. Sobre la base de su origen, hay cinco tipos de desiertos. Los verdaderos desiertos climáticos son el resultado de la circulación atmosférica general en la que el hundimiento adiabático de masas de aire seco se produce en los límites entre las células de Ferrel y Hadley a lo largo de los 30 paralelos °N y 30°S. El origen de los verdaderos desiertos varía según las condiciones locales (por ejemplo, desiertos tropicales y subtropicales). Los desiertos de sombra de lluvia (un caso particular de los desiertos climáticos) se forman debido a los obstáculos orográficos que cortan la trayectoria de las depresiones frontales portadoras de lluvia (por ejemplo, el Valle de la Muerte y el delta del río Colorado al este de la Sierra Nevada de California, Patagonia). Los desiertos costeros se forman debido a la estabilidad atmosférica resultante de los afloramientos de las corrientes frías costeras, como a lo largo de las costas continentales occidentales de América y África (p. ej., la corriente de Humboldt en Chile y Perú, la corriente de Benguela en el suroeste de África). Los desiertos edáficos resultan de condiciones geológicas y del suelo que son inapropiadas para las actividades agrícolas y el desarrollo de la vegetación natural, como rocas duras o tóxicas no meteorizadas, salinidad y alcalinidad. Los desiertos creados por el hombre resultan de las actividades antropogénicas y el abuso destructivo de la tierra”.

3. CONTEXTO AMBIENTAL, SOCIAL Y ECONÓMICO DEL ARCHIPIÉLAGO

3.1. Localización

El Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina está localizado en el sector occidental del mar Caribe entre los paralelos 10° y 18° de Latitud Norte y los meridianos 78° y 82° de Longitud Oeste. La Isla de San Andrés se caracteriza por su forma es alargada con dirección Suroeste (SW) – noreste (NE). Providencia tiene una longitud de 7.6 km y ancho de 4.5 km en promedio, para un total de 17 Km², se encuentra a 93 Km al norte de la isla de San Andrés; mientras Santa Catalina tiene un diámetro de 1.2 km en promedio, para un total de 1 Km², se encuentra a 3,7 Km al norte de la isla de Providencia (Coralina, 2007).

Constituyen parte del Archipiélago de San Andrés y Providencia y Santa Catalina Islas, todos los cayos, bajos y arrecifes coralinos aledaños y del norte del Archipiélago referenciado en Tabla 1, así mismo es la frontera más septentrional de Colombia y está ubicado al noroccidente de las costas colombianas y al este de las de Centroamérica. Comparte fronteras con Jamaica, Honduras, Nicaragua, Islas Cayman, Costa Rica, Haití y Panamá.

Tabla 3-1 Localización de Cayos y bajos del Archipiélago

UNIDADES TERRITORIALES	LATITUD NORTE	LONGITUD OESTE
South-South-West Cays	12°07'19" - 12°21'31"	81°48'22" - 81°54'24"
East-South-East Cays	12°22'10" - 12°28'10"	81°25'19" - 81°30'03"
Cayo Roncador	13°28'33" - 13°35'21"	80°01'51" - 80°06'12"
Cayo Serrana	14°15'51" - 14°28'48"	80°06'03" - 80°24'33"
Queena Bank	14°01'20" - 14°35'56"	81°02'54" - 81°21'55"
Cayo Serranilla	15°41'08" - 16°01'21"	79°40'03" - 79°58'28"
Bajo Nuevo	15°47'19" - 15°56'06"	78°31'30" - 78°48'49"
Alice Shoal	15°57'43" - 16°10'08"	79°16'47" - 79°28'34"

Fuente: Coralina, 2007

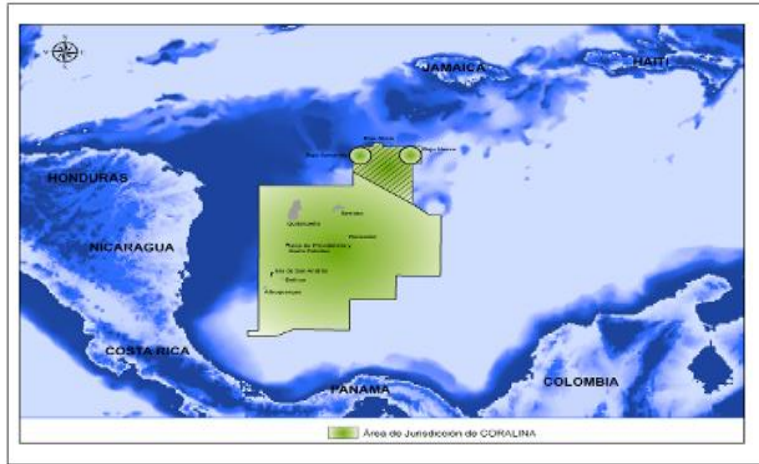


Figura 3-1 Mapa de localización del Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina en el Mar Caribe Sur Occidental

Fuente: Atlas Reserva de Biosfera Coralina Invermar 2012

Es importante aclarar que el presente estudio se centra en la caracterización de los procesos de degradación y la zonificación de la degradación de los suelos por erosión en el territorio emergido de mayor extensión de las Islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

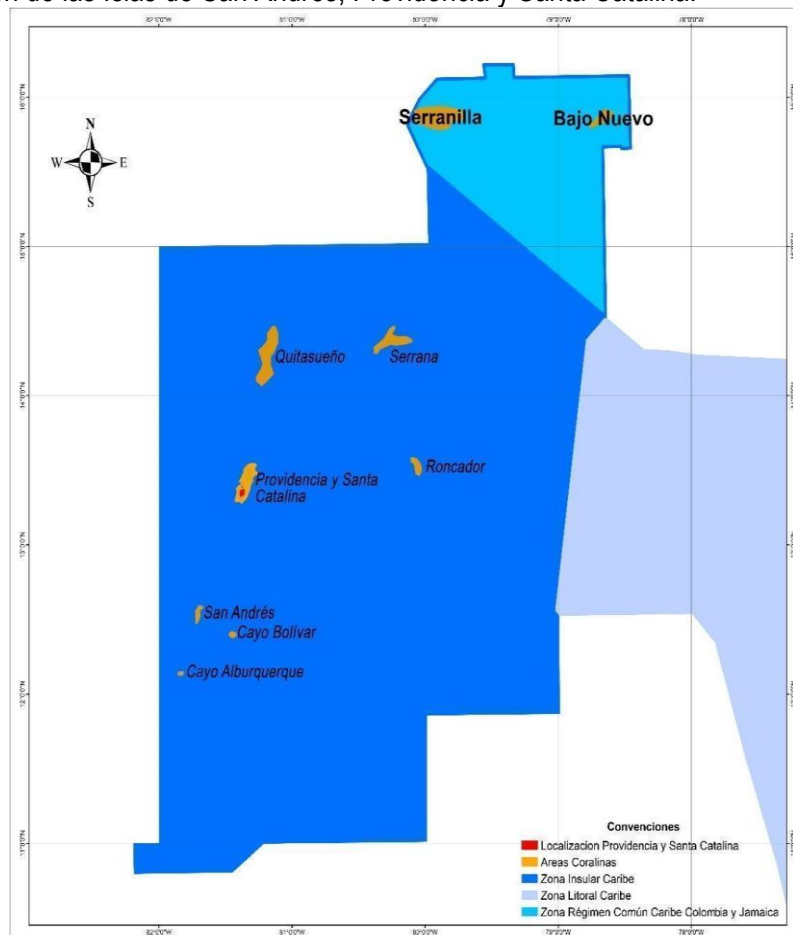


Figura 3-2 Localización de los territorios insulares en el mar Caribe

Fuente: EOT Providencia y Santa Catalina (2014)



3.2. Clima

El **clima** de las islas de San Andrés y Providencia y Santa Catalina presenta algunas fluctuaciones para algunos parámetros climáticos como la temperatura, precipitación y evapotranspiración potencial. Para el caso de la temperatura del aire, la media anual para ambas islas es de 27,4 °C, con los registros más altos en los meses de junio y julio, donde las temperaturas alcanzan los 28 °C en San Andrés y 28,1 °C en Providencia; las temperaturas más bajas se dan en febrero, con valores de 26,6 °C en San Andrés y 26,5 °C en Providencia. La precipitación es una variable que presenta más variación entre las islas de San Andrés y Providencia y Santa Catalina, a diferencia de la precipitación, pues mientras en San Andrés la precipitación alcanza los 1896,1 mm/año, en Providencia y Santa Catalina llega a 1617,5 mm/año. La evapotranspiración potencial para la isla de San Andrés es de 1881 mm/año y en Providencia y Santa Catalina de 1804,8 mm/año. Con base en la información anterior, el archipiélago es catalogado según la clasificación de pisos térmicos y condiciones de humedad como Cálido Seco.

3.3. Suelos

Los suelos son cuerpos naturales que se originan en el límite entre la superficie de la tierra y la atmósfera, a partir de cinco factores formadores que son el material parental, el clima, los organismos, el relieve y el tiempo, de cuya interacción se originan procesos formadores como adiciones, pérdidas, transformaciones y translocaciones; de la preponderancia e intensidad con que se presenten los factores y procesos formadores, dependen la variabilidad de los suelos en el espacio y las características morfológicas y las propiedades físicas, químicas y biológicas que estos presenten.

A continuación, se realiza un resumen de los factores formadores de suelos del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, con base en IGAG (2001):

Material parental

El material parental que ha dado origen a los suelos de San Andrés corresponde a depósitos de sedimentos calcáreos y arrecifes de coral, mientras que en Providencia y Santa Catalina tiene un origen volcánico con rocas de tipo andesita. En la isla de San Andrés existen tres formaciones geológicas; la primera corresponde a una plataforma marina de reciente hasta subreciente con arenas calcáreas ricas en fragmentos de coral y restos de fauna acuática marina; la segunda formación corresponde a la plataforma terrestre de San Luis, que conforma las partes planas de la isla donde yacen calizas coralígenas y arcillas calcáreas y; la tercera formación corresponde a material calcáreo del cordón interior de la isla, conformado por caliza blanca maciza, moluscos recristalizados en calcita con fisuras rellenas de material oolítico ferruginoso.

Las islas de Providencia y Santa Catalina corresponden a un volcán andesítico extinto, con un eje que atraviesa el interior de ambas islas. Los materiales extruidos corresponden a lavas densas y vesiculares, aglomerados, tobas e infrecuentemente bancos calcáreos delgados. En las áreas de las islas donde se presenta el impacto de las corrientes marinas existen sectores reducidos con calizas coralígenas y arenas calcáreas que datan del Holoceno y el Pleistoceno. El resto de la isla corresponde a rocas ígneas extrusivas que datan del Plioceno, como la andesita augítica, andesita



hipersténica, traquiandesita, basalto, basalto nefelínico, diabasa y traquita, con intrusión de diques de dióxido de silicio, cuarzo-diorita y curazo-diorita hornbléndica.

Vegetación

La vegetación que se presenta en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina corresponde a plantaciones de cocotero, asociadas a matorrales y vegetación de gramíneas, bosques densos altos y bajos, asociados a la zona de vida de Holdridge bosque seco tropical (bs-T); vegetación de manglar rojo y blanco, bosques ralos asociados a palmas y matorrales, matorrales ralos y densos de porte medio, vegetación graminoide y arbustiva hidrófita, rastrojo, pastos naturales e introducidos y áreas con cultivos anuales, semiperennes y perennes.

Tiempo

En cuanto a el tiempo como factor formador de suelo que determina el grado de evolución de estos, en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina existen suelos jóvenes o con un bajo grado de evolución, los cuales están asociados zonas con pendientes fuertes y que se caracterizan por haber desarrollado un horizonte A con poco espesor; también se presentan suelos maduros, asociados a paisajes con relieves planos y cóncavos, donde confluyen e interactúan más factores de formación que permiten el desarrollo de suelos con horizonte A, B y C.

Taxonomía

Los órdenes de suelos identificados por IGAC (2001) en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina con base en sistema de clasificación taxonómica de Estados Unidos vigente para la época del estudio detallado de suelos del área insular son los Entisol, Inceptisol, Histosol, Vertisol y Mollisol.

Los **entisoles** se hallan frecuentemente a lo largo de las costas en franjas delgadas y se han originado sobre capas de corales y fósiles expuestos en la superficie. Se caracterizan por presentar un horizonte ócrico y ningún otro horizonte pedogenético. Los subórdenes que se identificaron dentro de los entisoles son los Aquents, caracterizados por tener un régimen de humedad ácuico y variaciones irregulares de carbono orgánico a lo largo del perfil; los Psamments, corresponden a suelos con texturas arenosas y régimen de humedad ústico y, los Orthents, corresponden a suelos con epipedón ócrico, muy somero y limitado normalmente por el contacto con roca dura y continua.

Los **inceptisoles** son suelos con suelos más evolucionados que los entisoles, pues en estos, además del epipedón ócrico, existen horizontes pedogenéticos subsuperficiales como el endopedón cámbico o úmbrico, en los que ya hay desarrollo de estructura y alguna diferenciación textural y de color con respecto al material parental. Algunos de estos inceptisoles tienen profundidades de hasta 50 cm al encontrar límite en la roca continua y dura, otros pueden alcanzar profundidades entre 75 y 100 cm y los contenidos de arcilla suelen ser superiores al 46%.

Los **histosoles** son suelos frecuentes en las zonas pantanosas asociadas a vegetación de manglar y agua salobres. Su principal característica son los altos contenidos de material orgánico en diferente grado de descomposición, con inundación frecuente debido a la posición geomorfológica y la relativa cercanía al mar, lo que además le otorga una propiedad química adicional que es la alta salinidad, reflejada en valores de conductividad eléctrica igualmente altos.



Los **vertisoles** son los suelos más frecuentes en la isla, caracterizados por los altos contenidos de arcillas expansibles o de tipo 2:1, que se caracterizan por la aparición de grietas cuando se secan y su desaparición en época lluviosa debido a su expansión; este fenómeno origina la aparición de agregados estructurales conocidos como cuñas o slickensides, resultado de los fragmentos de suelos que quedan atrapados dentro de las grietas una vez estas se cierra. Los subórdenes de vertisoles encontrados en el archipiélago son los Aquerts, que presentan régimen de humedad ácuico al permanecer anegados la mayor parte del año y los Usterts, por poseer régimen de humedad ústico.

Los **molisoles** son suelos asociados a zonas con altos contenidos de carbonatos, con altas saturaciones de bases intercambiables, altos contenidos de carbono orgánico y colores oscuros en el horizonte superficial o epipedón, conocido como mólico. Los molisoles encontrados en el archipiélago poseen un epipedón mólico con muy buen desarrollo estructural que no supera en muchas ocasiones los 50 cm y que se encuentra limitado por roca dura continua o un horizonte C con escaso desarrollo pedogenético. El único suborden de molisoles encontrados en las islas son los Ustolls, en los que se presenta un régimen de humedad ústico.

Entre las propiedades físicas de los suelos se cuentan el color, la textura, estructura, densidad aparente y real, porosidad y retención de humedad. El color de los suelos del archipiélago puede variar de acuerdo con los contenidos de materia orgánica, el drenaje y el material parental. Así, en los horizontes superficiales se presentan colores negros y grisáceos oscuros, mientras que en los horizontes subsuperficiales se presenta colores grisáceos claros y pardo grisáceos cuando existen condiciones de mal drenaje, amarillos parduscos y rojizos, estos últimos supeditados a los suelos de planicie marina en San Andrés.

Las texturas, que se refiere a los contenidos relativos de arena, limo y arcilla, destacan en los suelos del archipiélago por ser predominantemente arcillosas, a excepción de los sectores nororiental y oriental de San Andrés, donde los suelos presentan altos contenidos de arena. Los suelos con altos contenidos de arcilla se han desarrollado a partir de materiales parentales como roca caliza y andesitas, que tienen altos contenidos de minerales secundarios como caolinita y esmectita. Los suelos arenosos han resultado de las zonas de acumulación de materiales mixtos marinos, con altos contenidos de cuarzo y micas.

La estructura de los suelos corresponde al arreglo tridimensional de las partículas de arena, limo y arcilla, junto con la materia orgánica y otros componentes minerales para formar agregados de mayor tamaño en la medida que evolucionan los suelos. En el archipiélago, las estructuras que dominan son los bloques angulares y subangulares, tanto en horizontes superficiales como subsuperficiales, en especial en aquellos con altos contenidos de arcilla, aunque también se presentan estructuras granulares, especialmente en los suelos de orden Mollisol, así como estructuras prismáticas.

La densidad aparente de los suelos es entendida como la relación entre la masa del suelo con respecto al volumen de este sin alteración. En las islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina esta variable está en el rango de 0,99 y 1,70 Mg/m³, aunque la mayoría de los suelos tienen valores que están por encima de 1,20 Mg/m³. La densidad real o la densidad de las partículas oscila entre 2,24 y 2,72 Mg/m³.



3.4. Geomorfología

Los **relieves** planos y plano-cóncavo en el archipiélago están supeditados a los paisajes geomorfológicos de planicie marina donde se favorecen condiciones hidromórficas y donde es frecuente la incursión de la marea en distintas épocas del año, además de la acumulación de materiales que proceden de relieves más elevados o aportados por el mar. Los relieves más inclinados e incluso escarpados se encuentran en los paisajes geomorfológicos de lomerío y montaña denudacional, donde las pendientes favorecen los procesos erosivos, lo que favorece la configuración morfológica de la superficie de la tierra sobre la formación de suelos.

3.5. Hidrografía

La hidrografía del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, se caracteriza por contar con pocas fuentes de agua dulce. En San Andrés los drenajes son intermitentes, en su mayoría, contando con cuerpos de agua importantes, de tipo léntico, a lo largo de la cuenca del Cove, ubicada en la parte central de la isla; esta cuenta es de gran importancia ambiental y ecosistémica, siendo objeto de monitoreo y seguimiento la interconexión y flujos subterráneos de agua dulce entre la laguna Big Pond y otras más pequeñas ubicadas cuencas abajo.

En las islas de Providencia y Santa Catalina, el relieve quebrado con altas pendientes es escenario de drenajes permanentes, aumentando la disponibilidad de agua dulce. Entre los cuerpos de agua más renombrados, en Providencia se identifica la quebrada de San Felipe y Fresh Water al oeste de las islas, mientras que en Santa Catalina son importantes las quebradas de Catalina Norte y Sur. La disponibilidad de agua dulce en las islas es un tema de absoluta importancia en la planeación territorial y ambiental, por lo cual se estudian y usan los repositorios disponibles en acuíferos, así como se utiliza planta desalinizadora en San Andrés.

3.6. Historia del Archipiélago

El objetivo de esta revisión de información histórica es la identificación de las fuerzas motrices de orden socio económico de la degradación de suelos de las islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, en los diferentes periodos de poblamiento. Adicional a la identificación de esas fuerzas motrices, este análisis la determinación de las presiones derivadas de ellas a través del análisis de la relación que se encuentre documentada entre las poblaciones humanas y los ecosistemas de la isla, que han tenido efecto en la transformación del paisaje y el cambio en los usos del suelo.

Para este análisis dividimos la historia del poblamiento de las islas de acuerdo con las fases de poblamiento que se dieron en la isla, y que provocaron un cambio en las dinámicas de uso de suelos. Este cambio de uso de suelo se infiere de los registros encontrados sobre poblamiento y producción en las islas y no por datos directos sobre las coberturas de suelo. La falta de evidencia arqueológica parece indicar que no había poblamiento prehispánico permanente (Abello y Mow 2008) y los registros encontrados sobre el tránsito por las islas son a partir de la colonia. Parte de lo que sabemos sobre coberturas de suelos, manejo de las coberturas vegetales, deterioro de suelos por minería, previo a la invasión europea, es mínimo. Probablemente, las condiciones previas eran las mismas que las observadas por los españoles e ingleses a su llegada: puntos de parada ocasional para provisión de maderas y pesca.

Los ecosistemas boscosos y marinos asociados a las tres islas atraían a los primeros navegantes del Caribe, los miskitos (chibchas provenientes de Centroamérica) porque se podían proveer de



maderas para sus embarcaciones y pescar a abundante fauna del mar Caribe. Providencia era la isla más atractiva, dado que actuaba como un faro, porque en ella había agua dulce y presentaba protección de vientos. San Andrés, por su parte, era solo visitada ocasionalmente para la provisión de finas maderas, pesca de tortugas, caracoles, langostas y peces (Abello y Mow, 2008). Dentro de la vegetación primaria de la isla de San Andrés se reportan árboles protectores como Cedro, Roble, Mataratón, Ceiba, Cañafístula, Guácimo y Hobo (Abello y Mow, 2008). Los españoles empiezan a llegar al archipiélago en el siglo XVI, primero a San Andrés y luego a Santa Catalina y Providencia. A la llegada de los españoles las cosas para el archipiélago no cambiaron fuertemente. Los bajos de Roncador, Serrana y Serranilla, y los arrecifes que circundaban a las islas representaban un peligro para el encallamiento. Sumando esto, los terrenos escarpados, la ausencia de corrientes de aguas permanentes y la cercanía de islas y costas más habitables, hacían más atractivos otros lugares cercanos.

Visitado ocasionalmente por leñadores y constructores de veleros, el Archipiélago los atrajo por la calidad de los cedros que había allí. En 1636, los ingleses registraron que el abastecimiento de agua era un factor limitante para las actividades colonialistas, ya que las fuentes hídricas eran el agua del mar y los depósitos subterráneos abastecidos por agua de lluvia (Aguado, 2010). Además, los colonizadores estaban más interesados en zonas con mayores poblaciones indígenas, con mejores climas y minas de metales preciosos (Abello y Mow, 2008; Parson, 1964).

Hacia 1631, se inicia en Providencia un proceso de colonización por parte de un grupo de puritanos llegados de Inglaterra, quienes llegan a bordo del Seaflower (buque gemelo del Mayflower que llevó a los primeros europeos a Plymouth, Massachusetts) (Aguilera, 2016). A este poblamiento se suman colonos negociantes ingleses provenientes de Barbados y Bermudas (Abello y Mow, 2008; Aguado, 2010). La falta de mano de obra llevó a que los ingleses trajeran a Providencia las primeras poblaciones negras, dándole nuevas características al poblamiento de la isla y al uso de los suelos.

El objetivo de este primer proceso colonizador eran los intercambios comerciales con América Central y para ello se creó una sociedad llamada "Compañía de aventurero de la ciudad de Westminster para las plantaciones de las islas de Providencia o Catalina, Henrietta o Andrea y las tierras adyacentes a las costas de América" (Aguilera, 2016). Henrietta, como llamaban los ingleses a San Andrés, fue abandonada a pocos meses de su llegada a las islas (Aguado, 2010).

Cuando el proyecto colonizador se abandona en 1635, Providencia se convierte abiertamente en una base para los corsarios y piratas ingleses, que se fueron con el tiempo volviendo muy eficientes en el ataque de galeones españoles (Aguilera, 2010). En 1641, son expulsados los ingleses de providencia por los españoles con el fin de garantizar la seguridad de sus barcos (Abello y Mow, 2008) y muchos migran a San Andrés. En la actualidad, el paso en el siglo XVI de los piratas y corsarios ingleses es en el imaginario alrededor de las islas un gran atractivo turístico: por allí pasaron Francis Drake, Henry Morgan, (1660) y Edward Mansfield (1670), y las usaron como base para atacar las costas de Panamá y saquear Santa Marta. Poco se relata de los procesos de extracción de materiales de construcción que tuvo lugar para la construcción de los fortines que le fueron legados a la historia.

El siglo XVII es entonces un periodo transicional, marcado por migraciones permanentes definidas por la extracción de recursos locales, el comercio entre las islas y el continente y el proceso de colonización. En el siglo XVIII ya empieza a delinearse un poblamiento definitivo de las islas que incluía asentamientos ingleses, holandeses y cimarrones provenientes de Jamaica, que van a marcar la futura apropiación del territorio insular y que conforman la población sanandresana aún hasta mediados del Siglo XX.

En este periodo, la población se abastecía de pozos naturales de agua subterránea, "Rock Hole" en el centro y "Simpson Well", hacia el sur. La recolección de aguas lluvia era (y aún es) una parte



importante de la cultura sanandresana para garantizar el abastecimiento durante los periodos de baja pluviosidad. El diseño de las casas estaba asociado a tal fin, y la construcción de cisternas que reciben las aguas de los techos de las casas sigue siendo muy común en los barrios tradicionales (Aguado, 2010). Estos pobladores estaban dedicados a la extracción de madera, cultivo de algodón con mano de obra esclava y la captura de tortugas (Abello y Mow, 2008).

Las migraciones entre las islas Antillanas, especialmente desde Jamaica, eran bastante dinámicas, dada la presencia de rutas comerciales y a los movimientos cimarrones. En este periodo llegan de Jamaica nuevos pobladores, principalmente esclavos (Aguado, 2010). Los pobladores de las islas también “hicieron amistad con los indios miskitos y, debido a la escasez de mujeres, muchos isleños se casaron con indígenas. Esto trajo una integración de negros, blancos e indígenas”. En este periodo llegaron también otros migrantes procedentes de Curazao, Escocia e Irlanda (Abello y Mow, 2008).

Con el Tratado de Versalles los españoles buscaron expulsar a los pobladores ingleses en los enclaves centroamericanos, pero a los habitantes del archipiélago les dieron un permiso especial de permanencia a cambio de convertirse al catolicismo y declararse leales a la Corona Española (Abello y Mow, 2008).

Un nuevo ciclo de poblamiento es propiciado en 1788 cuando, con el permiso del gobierno español, Francis Archbold trae esclavos de África (Abello y Mow, 2008) y se dedican a la siembra de algodón y la explotación de los bosques. En 1795 este territorio se consideraba como un cantón bajo la jurisdicción de Cartagena. En 1818, las islas de Providencia y San Andrés se adhirieron a la República de Colombia y reconocieron la Constitución de Cúcuta de 1822 (Aguilera, 2016). A pesar de ser colonia española, el comercio de las islas seguía siendo predominantemente inglés (Abello y Mow, 2008).

Por la gestión de un pastor bautista, la esclavitud es abolida en las islas con anterioridad a que este proceso se dé en Colombia. Con la abolición de la esclavitud (1834), en San Andrés aumentan las plantaciones de cocos, con la idea de suplir la demanda estadounidense. Adicionalmente, los suelos de la isla eran aptos para este cultivo ya que demandaba poca mano de obra.

Vale la pena recordar que, a estas islas, como a los demás territorios insulares del trópico, con la expansión marítima europea, estaban asociadas con las ideas colonizadoras de “paraíso terrenal” y “jardín del Edén”. Estas connotaciones, más allá de la mística asociada a ellas, tenía que ver con que eran ambientes que, sin mucho trabajo, solo a costa de lo que la naturaleza proveía, en términos de maderas, caza y pesca podían proveer: “bosques equivalía a decir maderas de construcción para levantar las fábricas de azúcar, leña para proveerlas de combustible y una fertilidad asombrosa”. La colonización inicia con un “aprovechamiento” de lo que ese paraíso terrenal da naturalmente; “el esplendor de las islas se magnificaba al ser ellas instrumento para el beneficio individual y objeto de poder para alcanzar la pertenencia al selecto grupo de países civilizados (entre comillas en el original)”. Abello y Mow (2008) señalan que “la vegetación primaria conformada por árboles protectores, como cedro, roble, matarratón, ceiba, cañafistula, guácimo y hobo fue reemplazada por monocultivos” y cultivos tradicionales no perennes (Aguado, 2010).

En las dos islas se presentaba una agricultura de pan coger importante que incluía tanto productos mesoamericanos como los productos traídos por los africanos y los europeos; entre ellos: yuca, plátanos, piñas, naranjas, papaya y bananos. La condición de islas también significaba la inclusión de tortugas y peces en la dieta. Adicionalmente, se inició la crianza de ganado, cerdos y aves de corral, dando prioridad a los últimos cuyo cuidado no requería grandes extensiones de tierra (Aguilera, 2016). Aparte del coco, algodón y tabaco, otros productos agropecuarios importantes en este periodo fueron: caña de azúcar (para la producción de panela y ron), miel, ñame y plátano. Por supuesto, la presencia de maderas de las islas también dio lugar al desarrollo de otra actividad



económica: la construcción y reparación de embarcaciones. Buena parte de la producción agrícola de San Andrés y Providencia era para consumo local, pero aún quedaban para exportación varios productos; la posterior bonanza del coco fue transformado la economía en mono exportadora (Avello y Mow, 2008).

La bonanza del coco empieza a desaparecer a finales de 1920 debido a la baja productividad, las sequías y la proliferación de ratas. Hacia estos años ya el paisaje había cambiado abruptamente debido al monocultivo del coco (Abello y Mow, 2008). Al final de la bonanza del coco, las coberturas de la isla habían cambiado fuertemente, predominando el monocultivo de coco y las zonas con cultivos de pan coger. En ese momento empiezan a aparecer los primeros centros poblados, por San Luís, en donde se encontraba el puerto para la exportación de coco (Abello y Mow, 2008). Sin embargo, con la desaparición de la bonanza del coco y la consecuente crisis económica y la falta de oportunidades laborales, tiene lugar un nuevo proceso de emigración hacia Panamá, Centroamérica y Colombia (Aguilera, 2016); muchos abandonan la isla, hasta llegar a disminuir la población a alrededor de 5000 habitantes (Abello, Mow, 2008).

En Providencia, el cambio de uso de suelo en este periodo varió muy poco: El tabaco fue el primer cultivo que se ensayó para exportación a Inglaterra, pero la falta de manejo postcosecha no se logró posicionar en los mercados; lo mismo ocurrió con el algodón. El principal producto de exportación era la madera teñida, obtenida en pequeñas cantidades, y que no estuvo asociada a nuevas siembras, incidiendo también en la desaparición de bosques primarios. Dados los tipos de suelos, la deforestación y destrucción de la capa protectora del suelo y el sobreuso, la erosión se ha acelerado. Todos los procesos de remoción de las coberturas vegetales primarias, su reemplazo por monocultivo o su simple extracción sin reemplazo, han favorecido la erosión, alterado el balance hídrico y alterado el equilibrio natural de las islas (Abello y Mow, 2008); con un fuerte impacto sobre la soberanía alimentaria e hídrica de los pobladores.

En el siglo XX, acompañando la caída de los mercados del coco, las guerras mundiales y la violencia bipartidista del país, confluyeron en una pérdida de comunicación entre el gobierno central y el territorio insular, generándose incluso movimientos separatistas entre los isleños. Para calmar los ánimos, el General Gustavo Rojas Pinilla visita las islas en 1953 y ante las quejas de la población local decide instaurar un régimen de puerto libre y los turistas colombianos empiezan a tener un cupo libre de aranceles para los productos comprados en la isla (Meisel-Roca, 2016). La implementación de políticas de desarrollo desde el Gobierno Nacional colombiano, estuvieron marcadas por el desconocimiento de las dinámicas naturales y culturales de las islas, que terminan socavando las relaciones construidas entre la población y el entorno natural. De acuerdo con la visión central, “En San Andrés no había nada; ninguna clase de comercio, ni hoteles, ni restaurantes. Nada. Sólo las casas de los nativos, verdaderas cabañas típicas con colores vivos”. Ante la situación expuesta por los isleños y las peticiones de “aeropuerto, hospital, barcos, carreteras, escuelas, etc.” (citado por Aguilera, 2016).

En San Andrés, a partir de este momento se inicia un proceso que se denominó la “colombianización” de las islas, en el que gran cantidad de migrantes del interior recibieron incentivos del gobierno nacional para la inmigración, activándose el comercio y el turismo de sol y playa. Esta nueva propuesta de ocupación desencadenó en San Andrés un crecimiento exponencial de la población que, sumado a las características de los nuevos oficios de la isla, generó, durante la segunda mitad del siglo XX, un sellamiento de suelos de gran parte del territorio insular, el deterioro de los ecosistemas naturales tanto terrestres como costeros, con los problemas asociados como la dificultad del abastecimiento local de agua y alimentos, el incremento del consumo de bienes desechables y de disposición de residuos. Con la llegada del puerto libre también llega el catolicismo, religiosos que hablaban español. Hasta ese momento la población estaba relacionada



con los protestantes bautistas y los adventistas del Séptimo Día. Con el cambio de prácticas religiosas no solo se da un cambio de idioma sino también un cambio en las costumbres frente al “ir a fiestas, consumir o vender bebidas alcohólicas, fumar, vender o comprar loterías y practicar deportes el día domingo” (Abello y Mow, 2008).

Fotografía 4. Arquitectura tradicional que aún se mantiene en el sector de “La Loma” en San Andrés. Fuente: Grupo de Suelos y Tierras. Seaflower, 2021.

Abello (2008) relata que, en ese momento, en la vivienda tradicional sanandresana “cuando el final del verano estaba cerca, se derribaban algunos árboles para convertirlos en leña. Las provisiones de combustibles debían ser suficientes para resistir cuatro meses a lo sumo, recogerse necesariamente antes que la lluvia lo mojara todo y se almacenaban bajo el piso de las casas que usualmente eran aéreas, construidas sobre pilotes para aprovechar el espacio que las separaba del suelo a manera de bodega y además, para evitar posibles inundaciones. La época de lluvia era simplemente bendición para la tierra y para las familias una garantía de buena cosecha y agua potable para tomar, ya que cada casa tenía su propia cisterna o recipientes para recolectarla. El agua de tomar debía ser bien administrada hasta el próximo período de lluvias que llegaría en el mes de octubre, el cual era esperado desde julio, con augurios sobre su duración” (Abello, 2008).

La definición del archipiélago como puerto libre implicó la llegada no solo de miles de turistas sino de una gran cantidad de pobladores continentales, los panyas (Meisel-Roca, 2016). Esta nueva bonanza, se tradujo en que la tierra adquiere valor comercial para el nativo, que empieza a venderla o alquilarla. Muy pronto la población inmigrante sobrepasó a la población raizal y sus usos y costumbre, importados del continente, empezaron a prevalecer, ocupando también los principales renglones económicos de las islas (Meisel-Roca, 2016), que se volcaron a un desarrollo insostenible y sin planificación (Aguilera, 2016).

En 1968 inicia el turismo con un restaurante llamado Miss Elma. Los primeros turistas eran principalmente “hippies” que llegaban en barcos en busca de un espacio para instalar carpas y que se acercaban a los fogones de los habitantes para comprar su alimentación. Esos turistas se iban felices y traían más turistas. Los turistas colombianos empezaron a llegar después. Ante la creciente demanda, las familias del sector de Agua Dulce, empezaron a instalar cabañas para hospedaje (Aguilera, 2016).

Posteriormente al establecimiento de puerto libre, se pueden distinguir dos procesos de urbanización: El primero en la década entre 1960-1970, se considera de concentración de población (Aguilera, 2016). El flujo migratorio en esta, lo genera población interesada en la apertura de almacenes, hoteles y mano de obra para la construcción. En este periodo se inician los rellenos de los sectores pantanosos, así como de las áreas de manglar, las cuales se poblarán densamente en los 70s, y que inician la ruptura de los asentamientos tradicionales. Es en este momento que se destruyen los pantanos de Black Dog, Swamp Ground y Goat Head, comunicados con el mar, los cuales hacían las veces de criaderos naturales de variadas especies marinas. El segundo momento de urbanización, se encuentra entre los años 1970 a 1985, este periodo se considera como de adecuación y amoblamiento, caracterizándose por la inmigración de un nuevo frente de población, que a su vez desplaza ocupacionalmente a la primera, y que adecúa simultáneamente sectores residenciales para su albergue” (Aguado, 2010).

El impacto más grande en términos de degradación de suelos se da por la construcción de la carretera circunvalar y el aeropuerto, en 1999, para lo cual se destinaron 500.000 m² tierras agrícolas, se talaron aproximadamente 100.000 palmas de coco en plena producción, y algunos bosques nativos. Con la llegada del puerto libre la forma de propiedad cambió, así como los renglones económicos de importancia. La agricultura tanto comercial como de pancoger fue



desestimulada por la expansión del comercio y del turismo y los nativos fueron desplazados de la línea costera: la pesca empezó a ser controlada por compañías comerciales desplazando a los pescadores artesanales y en la economía se empezaron a ver inversionistas extranjeros. La ciudad se empieza a construir en la parte norte de la isla y empiezan a aparecer los barrios marginales, habitados por los primeros pobladores y asociados a una baja calidad de vida (Abello y Mow, 2008). El crecimiento de la población asociada al comercio y al turismo, así como el aumento del turismo, generaron unas demandas sobre los recursos de la isla superiores a su capacidad de carga, con lo que se agravaron los problemas de agua, desde la oferta hasta la depuración; Aguado (2010) señala que, para esa fecha, buena parte del agua potable, en forma de bebidas, gaseosas y agua de cocina, vienen del continente. Los residuos asociados al consumo de agua también han generado problemas serios de “acumulación de basuras, la degradación de los ecosistemas naturales y sobre todo por la pérdida de la calidad del paisaje, que es el recurso fundamental con que la isla puede atraer otro tipo de turismo” (Aguado, 2010).

Hacia los años ochenta, institutos e investigadores nacionales e internacionales empiezan a sentar las bases conceptuales de la Reserva de la Biósfera Seaflower como una alternativa de desarrollo sostenible, frente a las dificultades que ha generado un crecimiento que desconoce tanto a los ecosistemas naturales como a las culturas asociadas (Aguilera, 2016).

En 1993, Coralina, asociada a la creación del Ministerio de Medio Ambiente y el SINA, jalona importantes procesos de ordenamiento que incluye la “formulación y ejecución del plan de manejo de las aguas subterráneas, la ordenación de la Cuenca El Cove y su respectivo plan de manejo y el establecimiento de la red de monitoreo permanente del agua en la isla” (Aguilera, 2016).

Desde el año 2000, el archipiélago forma parte de la Red Mundial de Reservas de la Biosfera del Programa El Hombre y la Biosfera de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco) con la reserva Seaflower (Abello y Mow, 2008). Este intento de reconciliación entre el hombre y la naturaleza ha provocado un cambio en el ordenamiento de las islas, apuntando a unas economías alternativas basadas en el turismo sostenible y el ecoturismo, en donde la riqueza natural de las islas se convierte en un activo. Paralelamente se realiza un trabajo social enfocado en la recuperación de la memoria y la educación para que la comunidad pueda administrar y vivir en la reserva de la biósfera (Aguilera, 2016).

La situación para Providencia y Santa Catalina es diferente ya que en ellas el entorno natural y cultural se han conservado como patrimonio y no tuvo lugar el desarrollo de grandes infraestructuras urbanas con su correspondiente sellamiento de suelos. Esta vocación de uso fue plasmada en el Plan de desarrollo de turismo sostenible y que protege ecosistemas asociados al único parque natural nacional de archipiélago, Old Providence McBean Lagoon, en donde se encuentran el manglar de Oyster Cree, la laguna, la sección del arrecife, los parches de coral, los cuatro cayos y el área terrestre de Iron Wood Hill y sus unidades paisajísticas. Las actividades turísticas desarrolladas en estas islas han sido más asociadas al reconocimiento de los ecosistemas naturales y procesos como la migración de cangrejos. También han tenido auge turismo alternativo como el del buceo, el histórico, de playa, cultural, étnico, romántico y deportivo. La propiedad de la tierra se conservó en manos de los raizales, con una alianza en el 2007 con una cadena hotelera, producto de la crisis ocasionada por el paso del huracán Beta en el 2006 (Aguilera, 2016).

3.7. Población y Cultura

La información socioeconómica es clave para la comprensión de las causas indirectas de la degradación de la tierra; la forma en que la sociedad humana se relaciona con el paisaje es un eje



transversal en la indagación sobre la degradación, desde las fuerzas motrices hasta las causas directas (WOCAT, 2008).

Para la comprensión de lo socioeconómico y su asocio con procesos de degradación de la tierra (en este caso específico, con la desertificación) los indicadores indirectos de presión más comúnmente analizados son: Presión poblacional; Tenencia de la tierra; Pobreza, riqueza; disponibilidad de trabajo; insumos e infraestructura; Educación, acceso al conocimiento y servicios de apoyo; Conflictos y guerras; Gobernanza e Institucionalidad, principalmente (WOCAT, 2008). Para este trabajo, a ese listado de indicadores se adicionan el origen étnico, y la valoración de los servicios ecosistémicos desde la perspectiva del origen cultural.

En el presente capítulo se presentan los mencionados indicadores indirectos, mediante la compilación de información generada por instituciones y trabajos académicos, intentando presentar una perspectiva histórica y haciendo énfasis en los últimos 10 años.

Las dinámicas han sido muy diferentes en las islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. La llegada a San Andrés es principalmente por vía aérea, desde el interior del país y desde Panamá (en el 2021 se están inaugurando los vuelos desde Estados Unidos (Portafolio, 2021). Providencia se encuentra a 93 kilómetros de la Isla de San Andrés, y se llega desde San Andrés en avión (10 a 15 minutos) o en Catamarán (3 horas). Los costos asociados a este recorrido, así como el tipo de oferta turística, han frenado la migración y el turismo hacia ella y hacia Santa Catalina. Adicionalmente, San Andrés no ha sido un buen modelo de desarrollo para Providencia y la población raizal ha optado por un ordenamiento alternativo alrededor del turismo. A Santa Catalina se llega desde la isla de Providencia.

La presión poblacional puede desencadenar procesos de degradación, puede frenarlos o detenerlos, la competencia por recursos escasos cuando hay una alta densidad de población, puede ser tanto causa de degradación como lo puede ser una densidad de población baja, en un lugar donde hay falta de fuerza laboral (WOCAT,2008).

Antes de 1793 no se encuentran datos de la población de las islas, se sabe que era paso y ruta comercial, incluso en tiempos prehispánicos, con dificultades para su poblamiento, dadas sus condiciones geográficas y geomorfológicas (Aguilera, 2016, Meisel-Roca, 2016). Sin embargo, era fuente de servicios ecosistémicos como provisión de maderas, pesca, faro y escondite de piratas (Aguilera, 2016; Meisel-Roca; 2016, James, 2018).

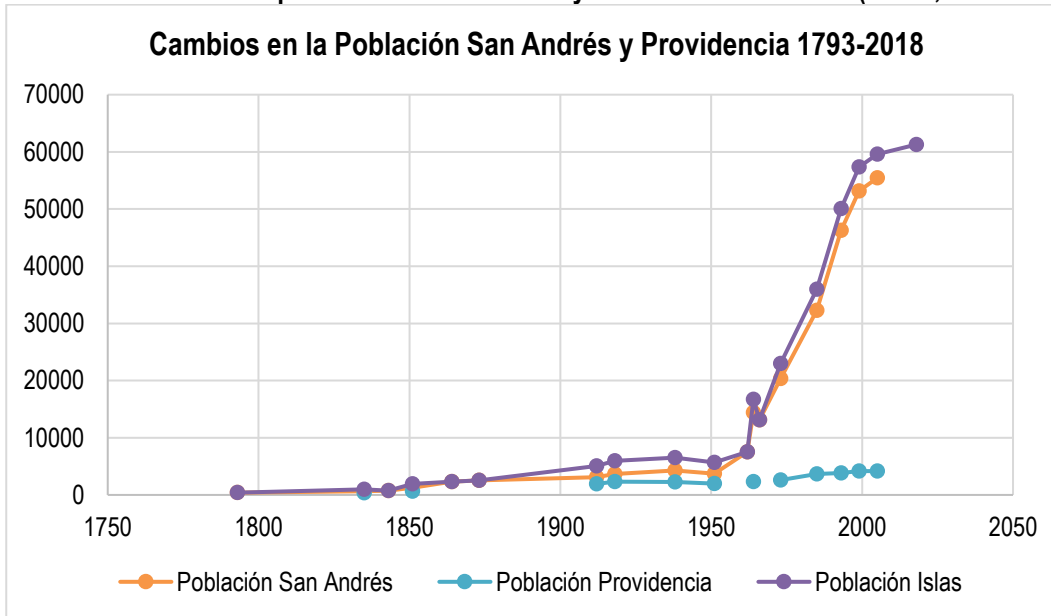
Una vez iniciado el poblamiento, se inició un cambio de uso del suelo de forestal al agrícola, con la necesidad de “traer” mano de obra a las islas, para hacerse cargo del manejo de los cultivos. La convivencia de indígenas, africanos, ingleses, europeos, dieron lugar a una pluriculturalidad que hizo frente a las bonanzas, tanto de algodón como del coco. Los diferentes pobladores aportaron nuevas especies a las islas, mantuvieron o tumbaron los bosques nativos para abrir espacio a la agricultura, vivieron tanto la agricultura de pancoger como la comercial, y en conjunto diseñaron estrategias para el abastecimiento de bienes tan importantes como el agua, en una isla con una densidad de población baja.

Sin embargo, el crecimiento poblacional en la isla de San Andrés se hace exponencial a partir de la declaratoria como puerto libre, que llevó a una migración desde el interior del país de “inversionistas” tanto en el sector comercial como el turístico. La llegada de migrantes y el turismo han generado una



presión mayor sobre los ecosistemas de las islas, asociado al cambio de uso de suelo rural por urbano. La Gráfica siguiente muestra el crecimiento de la población en las dos islas, haciendo evidente la diferencia en las dinámicas de poblamiento. Las políticas migratorias han sido fundamentales también para frenar esta migración masiva.

Gráfica 3-1 Cambios en la población de San Andrés y Providencia 1793-2018 (DANE; Meisel-Roca)



Año	Población San Andrés	Densidad de población	Población Providencia	Población Islas	Fuente
1793	393	15		393	(Meisel-Roca, A., 2003)
1835	644	24	342	986	(Meisel-Roca, A., 2003)
1843	731	27		731	
1851	1275	47	640	1915	(Meisel-Roca, A., 2003)
1864	2298	85		2298	
1873	2561	95		2561	
1912	3124	116	1924	5048	(Meisel-Roca, A., 2003)
1918	3653	135	2300	5953	(Meisel-Roca, A., 2003)
1938	4261	158	2267	6528	1938:SA4261;P:2267 Hasta 1940 emigración por crisis económica
1951	3705	137	1970	5675	1951: SA 3705, P1970.
1962	7500	278		7500	1964: SA 14413; P 2318 / 1960 54517 turistas/año
1964	14413	534	2318	16731	(Meisel-Roca, A., 2003)
1966	13143	487		13143	DANE
1973	20359	54	2624	22983	DANE
1985	32282	1196	3654	35936	1985: SA32861;P3654
1993	46254	1713	3840	50094	1993: SA56361;P4679 1993: Raizales 13.7% de todos los empleos. 1991 Restricciones legales a la migración (OCCRE- Oficina de control de circulación y residencia)(Gutiérrez Escobar, 2019).





					Incendio de la Intendencia, donde se conservaba el registro catastral (Gutiérrez Escobar, 2019).
1999	53159	1969	4165	57324	1999: SA64801; P5077
2005	55426	2053	4147	59573	DANE
2018				61280	DANE, 2018

Las islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, estaban, hasta poco antes de la declaración del puerto libre, habitadas principalmente por “raizales”. Resumiendo su origen étnico, Vega (2016) define a los raizales del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina como al “grupo étnico con características socioculturales y lingüísticas diferenciadas con un fuerte mestizaje e identidad anglo afrocaribeña, producto del contacto entre numerosos grupos culturales que han habitado este territorio a lo largo del tiempo, dentro de los que se cuentan los indios miskitos, colonos ingleses, militares españoles, esclavos africanos y colombianos continentales. El carácter insular, las costumbres, la religión (protestante) y su lengua (creole o criollo sanandresano), hacen de este un grupo étnico único y claramente diferenciado de la sociedad colombiana”. Esta población llegó a las islas durante los siglos XVII, XVIII y XIX (Coralina, 2012).

La declaratoria en 1953 del puerto libre estuvo asociada con un proceso de repoblamiento de las islas llamado la “colombianización (Vega, 2016, Aguilera (2016), que buscaba, nuevamente después de siglos, reducir la influencia inglesa en Colombia ya que “para algunos gobernantes resultaba extraño que existiese en Colombia un ente territorial donde la mayoría de la población hablase inglés y practicara la religión protestante, muy diferente a lo establecido en la Constitución de 1886, donde oficialmente se designó al español como idioma y a la religión católica como oficiales” (Vega, 2016). No es sino hasta el artículo 310 de la Constitución Política de Colombia de 1991 que por primera vez los raizales son reconocidos en el país como minoría étnica, se protegió su identidad cultural, se limitó el derecho de residencia y autorizó el control a la densidad poblacional y la preservación del ambiente y sus recursos naturales. En ese mismo año, la OCCRE (OCCRE- Oficina de control de circulación y residencia) (Gutiérrez Escobar, 2019) empieza a poner restricciones a la migración. Desde 1995, hay un programa formal que la limita la permanencia de nacionales y extranjeros (CORALINA, 2012), a pesar de ello, entre los años 1951 y 1993, la población de San Andrés aumentó más de un 1200%.

Para la primera década del siglo XXI, en la isla de San Andrés la mayor parte de nuevos pobladores son colombianos de la parte continental. El cambio histórico en el origen socio-cultural de los habitantes de las islas, previo al Puerto Libre, dio lugar a una pluriculturalidad importante, que se ha visto muy afectada por las políticas comerciales que desde el interior han facilitado la migración hacia ellas para el establecimiento del comercio y del turismo (Meisel, 2003, James, 2014, Vega, 2018 y Aguilera, 2016).

3.8. Economía

La economía ha cambiado significativamente para las diferentes épocas de poblamiento de las islas; para la el momento de la bonanza del algodón en los años 1845-1846, la riqueza se contaba en tierras para cultivo y cría; edificaciones (de teja en las cabeceras, pajizas en las cabeceras y pajizas en los campos), las embarcaciones (grandes y pequeñas), los animales domésticos (varios) y los esclavos (hombres y mujeres) (Meisel, 2009).





El promedio de las personas con alguna Necesidad Básica Insatisfecha en la isla de San Andrés pasó de 33,3% en 1993 (20.326 habitantes), a 40,9% en el 2008 (con 29.491 habitantes). En Providencia, en cambio, este porcentaje disminuyó, pasando de 24,6% a 19,7% en el mismo periodo. El aumento de personas con NBI, está relacionado con el descenso del sector comercial que venía en auge después de la apertura económica y con una mayor tasa de crecimiento poblacional (Aguilera, 2016).

El crecimiento poblacional ha generado una mayor presión sobre los ecosistemas a causa de la necesidad de abastecimiento de servicios públicos. La gestión del agua potable está ligada a la conexión a redes de agua potable y a la capacidad financiera de comprarla embotellada en forma de gaseosas y otras bebidas. La disminución del poder adquisitivo de los habitantes, sumado a la pérdida de tradiciones de cosecha de agua y la contaminación de los acuíferos, han generado una creciente preocupación por este recurso. La encuesta de NBI, sin embargo, está sesgada en la medida en que mira a todas las formas de gestión del agua no asociadas a tener un acueducto, como una NBI. En qué medida esta encuesta puede sesgar las percepciones de bienestar de la población local es un tema que resulta importante estudiar para dar respuestas alternativas a la gestión de los recursos naturales.

Lo mismo ocurre en temas como la recolección de basuras. Si bien, la recolección de basuras es superior al 95% en la isla de San Andrés, la disposición final de ellas sigue siendo crítica. La relación entre un mayor poder adquisitivo, garantizado por cualquier medio (comercio, turismo e incluso narcotráfico), y la producción de basura es directa. La incursión en economías de bienes baratos, la presión social para adquirir bienes de consumo y la falta de educación frente a la responsabilidad de los consumidores frente al deterioro ambiental, especialmente de los nuevos migrantes y de los turistas, está generando una degradación significativa de suelos a causa de la dificultad del manejo de residuos. El acceso a una red de alcantarillado es, también, lo que se considera, según la encuesta de NBI como la forma adecuada de manejar las excretas. En este sentido, en el 2008, solo un 11.8% de la población tenía acceso a este satisfactor (Aguilera, 2016), y para el 2018, solo un 28.3% tenía acceso a ello.

La escasez de mano de obra rural asociado a la migración hacia los centros poblados detrás de ofertas de trabajo más “dignas” que el rural, puede ser asociada como una escasez de manos de obra para los trabajos rurales. La inserción de las familias en mercados laborales no rurales puede también llevar a un proceso de abandono de las tierras antes dedicada a la agricultura, como consecuencia, a la recuperación de esos ecosistemas. Sin embargo, en Colombia es muy reciente la idea de la conservación de bosques y este “abandono” puede ser interpretado como una pérdida de la capacidad productiva de la tierra. Por otro lado, si bien la presión sobre los recursos productivos puede disminuir con las oportunidades de trabajo urbanas, es también importante evaluar en qué medida estos nuevos ingresos son invertidos en procesos con alto impacto sobre la degradación de suelos, tanto a nivel local como nacional y global.

La transformación en las dinámicas de intercambio de las islas ha jalonado históricamente el poblamiento y los diferentes productos de intercambio comercial de las islas han determinado los tipos de uso de suelo.



Tabla 3-2 Actividades económicas del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina

Actividad económica	% Población ocupada
Comercio, hoteles y restaurantes	48,40%
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	12,49%
Servicios comunales, sociales y personales	20,51%
Otras ramas de la economía como la inmobiliaria, las actividades empresariales y de alquiler, la industria manufacturera, la intermediación financiera, y al sector primario en la parte agropecuaria y en la parte de minería	11,85%

Fuente: IDEAM 2022 partir de datos del DANE (2019)

El 48,40% de la población para el año 2019, se encontraba vinculada a la actividad económica Comercio, hoteles y restaurantes; el 12,49% al transporte, almacenamiento y comunicaciones; el 20,51% a los servicios comunales, sociales y personales, y el 11,85% a otras ramas de la economía como la inmobiliaria, las actividades empresariales y de alquiler, la industria manufacturera, la intermediación financiera, y al sector primario en la parte agropecuaria y en la parte de minería. Esta información deja ver el fuerte desplazamiento de las actividades de producción, que están ligadas al cambio de uso de suelo y el tipo de presión generado por este. En este caso, puede observarse una fuerte tendencia hacia usos de suelos asociados a la infraestructura urbana, en la isla de San Andrés.

El área dedicada a la agricultura para la venta es cada vez menos, ante el auge de los sectores económicos con mayor valor agregado, siendo esta una de las razones por las que la población ha cambiado su oficio. Derivado de esto, la oferta educativa apunta hacia el fortalecimiento del sector terciario. Sin embargo, los patios productivos, son unidades agrícolas de pancoger, arraigados en la cultura raizal y siguen siendo importantes, ya que conservan los productos tradicionales de las islas: coco, aguacate, caña de azúcar, mango, naranja, ñame, noni y yuca, aunque su producción ha ido decayendo.

Hoy en día, las actividades en el sector agropecuario son insuficientes para la seguridad alimentaria, la entrada de dinero a partir del turismo, los servicios y el comercio, ha permitido el consumo de bienes importados. La importación de bienes, que aumenta con el aumento de la población y la llegada masiva de turistas, esto también implica una mayor infraestructura para permitir los intercambios. Esto ha traído consigo, sellamiento de áreas importantes de suelo, generando un desplazamiento de actividades económicas tradicionales de las poblaciones raizales.

Uno de los principales factores de presión por parte del turismo es el uso inadecuado del suelo, la afectación sobre fuentes de agua, y a medida que se usan más los caminos, estos van creciendo y van disminuyendo la cantidad de tierra de los propietarios, los cuales no pueden ejercer ningún control sobre sus tierras. La existencia de grupos organizados de guías turísticos y operadores permite pensar que, en términos de acción colectiva, el establecer grupos que puedan regular sus propias acciones y estas sean coordinadas con objetivos generales de conservación de la zona lleve a resultados satisfactorios. (IAvH & CORALINA, 2009).

“Desde la revisión del POT en 2015 se evidencia una disminución gradual de áreas cultivadas con respecto a las registradas en el diagnóstico del POT del 2003, la cual puede obedecer a la alta expectativa de uso de suelo para la edificación con usos turísticos, comerciales, residenciales y no para la explotación agrícola.” (Gobernación, 2020).

Los procesos de urbanización y de construcción de infraestructuras de construcción a ellos asociados provocan y/o favorecen procesos de desertificación. La urbanización implica

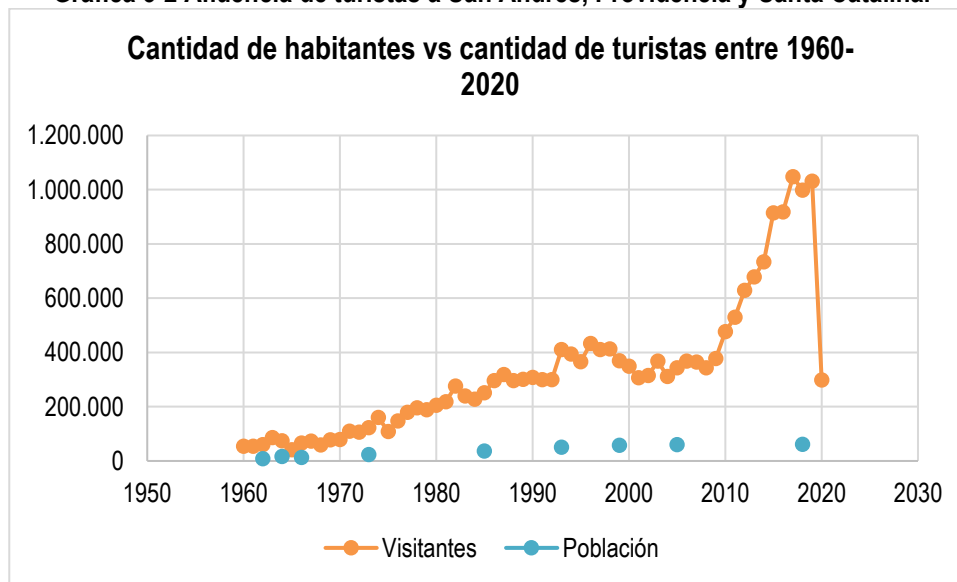


excavaciones y movimientos de tierra comparados a un proceso erosivo de arrastre y de eliminación de suelos, pero de proporciones gigantescas y en periodos de tiempo cortos (Sánchez y Riella, 2010).

Con la aparición de la aviación, en 1940, el archipiélago entra en contacto con la Colombia del interior, de la que se había mantenido relativamente aislada desde la colonia. Los 6000 habitantes de la isla ejercían una defensa tenaz de su cultura anglo caribeña y ésta se vio afectada por las migraciones producto de la declaratoria de puerto libre en 1953. Como se señaló en el capítulo anterior, el puerto libre implicó la llegada de miles de turistas y de inmigrantes del resto de Colombia y del extranjero. En la isla de San Andrés los habitantes pasaron rápidamente a ser una minoría en su tierra, los raizales; mientras que los colombianos continentales, panyas, son ahora una mayoría que domina los principales renglones económicos (Aguilera, 2016).

El siguiente gráfico muestra el crecimiento del sector turístico en la isla, comparado con el gráfico presentado anteriormente de población. Estos datos no están desagregados para las islas, pero se reitera que la dinámica de crecimiento exponencial de población y viajeros es notoriamente más fuerte en Providencia, lo cual fue observado también en la sección anterior.

Gráfica 3-2 Afluencia de turistas a San Andrés, Providencia y Santa Catalina.



Los indicadores del turismo, para muchos sectores de la población, siguen siendo la cantidad de visitantes y el dinero que dejan detrás. Esta “obsesión con los números” se explica, según James (2018), por el predominio de un paradigma de turismo masivo y que requiere del estado para asegurar el mercado (desarrollo de políticas comerciales y de infraestructura y provisión de servicios públicos). Este modelo ha dado lugar, en otras regiones del Caribe, de Colombia, de América Latina y del mundo, a desarrollos turísticos de gran escala que son rodeados por cinturones de miseria; miseria vista a través de indicadores donde la riqueza se asocia a los satisfactores de las necesidades en boga en el primer mundo. San Andrés en especial, durante el tiempo del puerto libre, se vio abocado a satisfacer las necesidades de la oferta y la demanda, por encima del bienestar de su población raizal.



El crecimiento exponencial de la población, sumado a la llegada masiva de turistas, producto de una idea de competitividad basada solo en precios, son una presión significativa sobre la diversidad biológica, a través de la perdida de hábitat. Un indicador de ello es el cambio de uso de suelos, su urbanización, el sellamiento con concreto de áreas destinadas a habitación y hospedaje o a infraestructura.

Mientras que el sector comercial tuvo una recaída a partir de la apertura económica que se dio en el país, que llevó a que los precios de los productos fuesen los mismos que en el interior, el sector turístico por ellos no se vio afectado.

La visión del turismo en las dos islas es particularmente diferente. Mientras que San Andrés propende por un turismo con una amplia infraestructura hotelera y de servicios, Providencia y Santa Catalina abren más sus posibilidades hacia el ecoturismo y el turismo comunitario, apoya en las posadas nativas. En ambos casos, los paisajes, la biodiversidad marina y terrestre, los ecosistemas, y su posición como reserva de la biósfera, se han convertido en elementos diferenciadores frente a otros destinos en el caribe (Aguilera, 2016).

Sigue siendo importante resaltar que el turismo mundial sigue creciendo, los ingresos que genera son significativos, y su extensión a nivel mundial se ha vuelto clave para muchas economías, incluso en las más diversificadas. La declaratoria como Reserva de la Biósfera representa un cambio de paradigma que abre la posibilidad a las islas de transformar su turismo de forma que sea instrumento para el desarrollo sostenible de las islas, en el marco del espacio geográfico al que pertenece. El turismo en las islas tiene una ventaja comparativa que son su singularidad cultural, flora, fauna, clima, paisajes mejor conservados, etc. Siendo el turismo una actividad con grandes beneficios cuando se desarrolla a pequeña escala, puede dar lugar al desarrollo de una cadena de valor del turismo más equitativa y fortalecer la identidad local (James, 2018).

Para el 2006, el archipiélago tenía la mayor participación porcentual del sector servicios de hotelería y restaurantes dentro del Producto Interno Bruto en el país. Mientras que en Colombia esta participación no sobrepasa el 5%, en el archipiélago esta proporción es superior al 16%. Se estima que las cadenas de valor del turismo en las islas representaban cerca de 64% del Producto Interno Bruto-PIB de las islas.

Antes de la pandemia Covid-19, las islas eran visitadas anualmente por más de 400.000 turistas, el 20% de ellos extranjeros. San Andrés es considerado el quinto destino predilecto de los extranjeros que visitan el país; y en el 2017 el archipiélago reportó 1´047.168 personas. Cerca del 50% de la mano de obra ocupada del archipiélago se emplea en actividades asociadas al turismo (el comercio, restaurantes y hoteles). Sin embargo, las cifras de aumento de visitantes y de participación en el PIB, invisibilizan fenómenos como el problema de presión humana. Es clave recordar que este crecimiento poblacional y de turistas, en el caso de San Andrés, se está dando en una superficie de solo 27 km2, lo que la hace una de las islas más densamente poblada del Caribe (James, 2018).

Tabla 3-3 Turistas en las islas de San Andrés y Providencia (James, 2018)

	San Andrés	Providencia
Estadía en San Andrés	Solo el 3% de los visitantes de San Andrés visitan Providencia	El 60% de los visitantes de Providencia no visitan San Andrés más que a la llegada.
Visita de la isla en paquete turístico	77%	36%
Empresas predominantes en paquete turístico	On Vacation®, Decameron®	Decameron®
Tipos de paquetes	Tiquete aéreo, alojamiento, alimentación y visita a los sitios turísticos	100% de los paquetes turísticos incluyen hospedaje y tan solo el 66% incluye

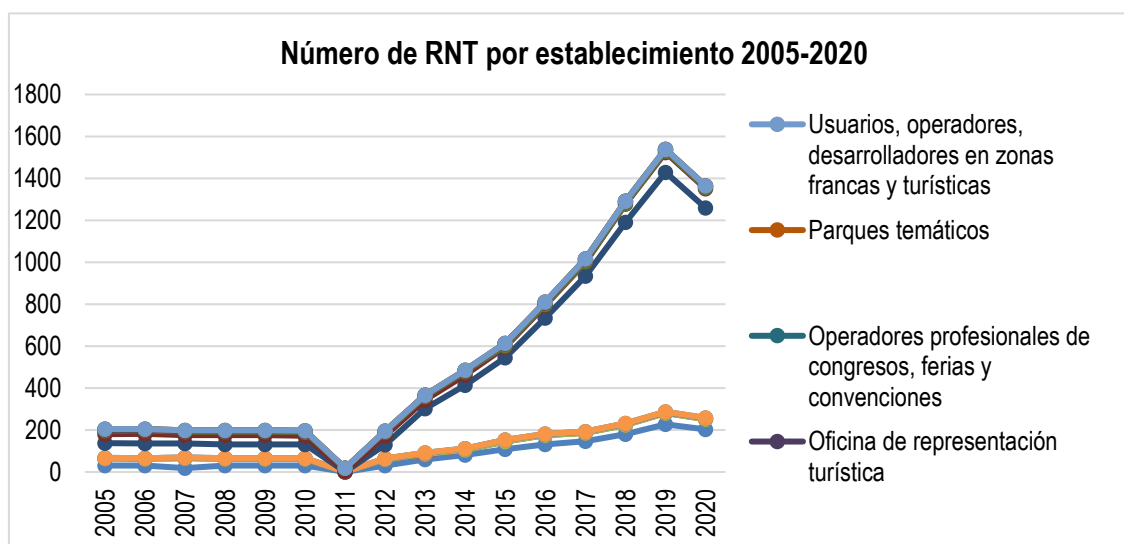




	San Andrés	Providencia
		alimentación y tours a los principales sitios turísticos

Para Providencia la situación es diferente, las islas reciben diferentes tipos de turistas, con diferentes motivaciones, diferentes niveles de ingresos y educativos. Esto se pone de manifiesto en el tipo de plan al que el turista se adhiere durante la visita. El 77% de visitantes a San Andrés llegan con un paquete turístico que incluye tiquete aéreo, alojamiento, alimentación y visita a los sitios turísticos, mientras que Providencia y Santa Catalina son visitadas por un turismo independiente de paquetes, y cuando estos se contratan, no llevan el todo incluido. Los turistas extranjeros suelen viajar sin paquete turístico, esto permite que el turista recurra a los proveedores locales, dinamizando también las pequeñas economías, generando procesos de distribución equitativa de los recursos económicos entre la población local (James, 2018).

Gráfica 3-3 RNT por establecimiento entre 2005 y 2020. Elaboración propia fuente: MINCIT – CITUR, 2021



Para el sector pecuario, la actividad se encuentra asociada a actividades desarrolladas principalmente para autoconsumo y no presenta una tendencia al crecimiento, debido a la falta de interés local en los productos, la baja rentabilidad y la inseguridad en los cultivos (IAvH & CORALINA, 2009). Esto, sumado a la transformación de las actividades productivas y su redireccionamiento hacia los sectores turístico y comercial, explica la transformación de áreas potrerizadas en nuevas áreas naturales. Para la isla es imposible sostener volúmenes de producción que permitan abastecer a la población y al turismo. Dentro de las dificultades de la producción se encuentra la dificultad de acceder al recurso hídrico.

El uso de suelo que jalonaba una mayor transformación en coberturas de suelo en las islas de San Andrés y Providencia es la ganadería extensiva, actividad que está considerada más como una actividad tradicional más de status que productiva y que cuenta con tecnologías poco adecuadas, genera impactos negativos serios asociados al cambio de vegetación arbórea y arbustiva por pastos (PNN, 2016). Los impactos de la actividad ganadera están relacionados con el pisoteo del ganado, y la tala para el establecimiento de potreros, lo cual lleva de la mano procesos erosivos y compactación de los suelos. En relación con las microcuencas, el problema más grave que está





generando el ganado es la “pata de vaca” ya que el pisoteo de los animales impide cualquier tipo de regeneración natural y poco a poco la cobertura vegetal aledaña está siendo afectada (Gobernación A. S., 2003).

La actividad ganadera en la Isla de Providencia tuvo su mayor auge en la década de los 50; de acuerdo con las estadísticas, para el año 1995 se contaba con 743 cabezas de ganado y la cobertura en pastos ocupaba aproximadamente 800 hectáreas, en la Isla de Providencia. Para el 2000 la ganadería extensiva ocupaba más del 54% del territorio, mientras que tan sólo el 3% del área de la Isla estaba dedicada a alguna clase de cultivo. Actualmente, la ganadería es una actividad desarrollada por 38 productores, quienes poseen un total de 654 cabezas de ganado, con un rango de distribución amplio, existiendo ganaderos que poseen solo una cabeza de ganado, hasta un solo caso de 64 o 100.

Para 1959 se registra que se exportaron 236 cabezas de ganado, observándose el declive de la actividad ganadera. En la actualidad la exportación bovina es nula y el sacrificio anual probablemente sea muy inferior a 50 cabezas. La ganadería se relaciona como uno de los principales factores generadores de conflicto de uso de suelo, dada la fragilidad de los ecosistemas, ya que genera problemas de pérdida de suelos, contaminación de aguas y subsecuente aporte de sedimentos al mar, además de conflictos sociales en lo que respecta a los asentamientos humanos, ya que el ganado es sacrificado ocasionalmente y no es utilizado normalmente para ordeño (IAvH & CORALINA, 2009).

Los planes y programas de ordenamiento y gestión ambiental dan cuenta de la presencia de este fenómeno, pero dada la gran cantidad de actores, el hecho de que los ganaderos son en muchos casos los dueños de la tierra y no hacen uso de ninguno de los otros bienes de la biodiversidad de la zona no se han llevado a cabo acciones para su freno. Sin embargo, las áreas dedicadas a la ganadería han venido disminuyendo y la carne solo es consumida en momentos del año. A pesar de que el POT menciona de manera taxativa la necesidad de promover una reducción de las actividades agropecuarias o una transformación de éstas hacia la estabulación, las negociaciones para para la regulación de las actividades no han generado este cambio (IAvH & CORALINA, 2009). Dentro del parque The Peak se propuso continuar y fortalecer acciones demostrativas de ganadería sostenible en la zona de influencia del Área Protegida, que permita disminuir los conflictos existentes, pero no se han encontrado resultado de esta experiencia publicados.

Las actividades de conservación promovidas en la zona deben ser consultados ampliamente si se propone la idea de establecer normar regulatorias de las actividades ganaderas ya que hay un manifiesto descontento por parte de los propietarios por el establecimiento no negociado de actividades de conservación. Cualquier actividad de protección para la conservación en la zona debe ser ampliamente debatida con los propietarios, y estos deben ser informados, ya que, aunque su presión por uso en la actualidad ha disminuido, al ser propietarios son ellos quienes pueden definir el uso de las zonas (IAvH & CORALINA, 2009). en miras de mantener la biodiversidad de la Isla puede ser más conveniente retomar y fortalecer procesos más locales y figuras de gestión más adecuadas al contexto natural e histórico de la isla de Providencia, como el fortalecimiento en la aplicación de esquemas de ordenamiento de prácticas productivas en las diferentes cuencas, retomar como base de gestión la pertenencia a la Reserva de la Biosfera “Seaflower”, retomar y potenciar los POMCH y el trabajo de corredores biológicos; e incorporar el enfoque ecosistémico a la gestión (IAvH & CORALINA, 2009).



4. MARCO METODOLÓGICO

4.1. Protocolo de degradación de suelos por desertificación

El Protocolo para la Identificación y evaluación de la degradación de suelos por desertificación Figura 4-1, se concibe como el referente técnico oficial para orientar el monitoreo y seguimiento de la degradación de suelos por desertificación mediante la identificación y evaluación periódica del estado actual de la degradación de los suelos por desertificación en el ámbito nacional, regional y local (IDEAM, 2019).



Figura 4-1 Contexto normativo del Protocolo para la Identificación y evaluación de la degradación de suelos por desertificación.

El protocolo define el alcance y los objetivos, desarrolla el marco conceptual y establece el concepto adoptado de desertificación para el desarrollo metodológico. De igual manera, presenta el marco de referencia basado en el modelo fuerzas motrices-presiones-estado-impactos-respuesta, FPEIR, que ha sido utilizado con éxito en los protocolos de identificación y valuación de los procesos de degradación de suelos erosión y salinización, el cual conduce las distintas fases metodológicas y las variables para los indicadores de la desertificación.

En la Figura 4-2 se relaciona el modelo FPEIR que se consideró para caracterizar la degradación de suelos por desertificación en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.



Figura 4-2 Modelo FPEIR y su relación con los procesos de degradación de suelos por desertificación.

La metodología está estructurada por fases, etapas y actividades. Se desarrollan tres fases fundamentales: zonificación, análisis de causas e impactos y evaluación e indicadores. La fase de zonificación se estructura en cuatro etapas: elaboración de la zonificación preliminar, actividades preparativas de campo, trabajos de campo y la generación de la zonificación final (postcampo). La fase de análisis de causas e impactos contiene cuatro etapas: identificación y selección de las variables, preparación de campo, trabajos de campo que consisten en la verificación de información y captura de datos primarios por medio de encuestas y talleres, finalmente la etapa de postcampo identifica las principales causas directas e indirectas, las consecuencias sociales, económicas y ecológicas que genera la degradación de suelos por desertificación. La última fase orienta, como realizar la evaluación del estado actual de la degradación por medio de la generación de indicadores relacionados con unidades de análisis espacial y finalmente la propuesta para seleccionar los indicadores de causas, impactos y respuestas al proceso de desertificación.

Finalmente, el documento desarrolla, las recomendaciones para la implementación del protocolo que además los lineamientos para elaborar el monitoreo y seguimiento en el tiempo y el espacio y los lineamientos para el control, manejo y prevención de los procesos de degradación de suelos por desertificación.

4.2. Trabajo de campo

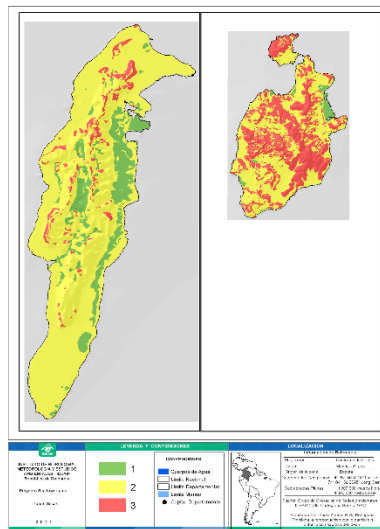
La metodología que se utilizó para el trabajo de campo sigue las actividades definidas en las etapas de zonificación preliminar, precampo y trabajo de campo de la fase de zonificación que se establece en el Protocolo para la identificación y evaluación de degradación de suelos por desertificación (IDEAM, 2019).



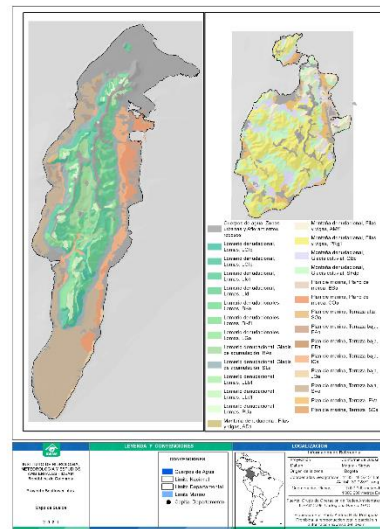
4.2.1. Insumos cartográficos para el trabajo de campo

La desertificación es un fenómeno en el que confluyen uno o más procesos de degradación de suelos (erosión, salinización, compactación, sellamiento, pérdida de materia orgánica, entre otros) que ocurren dentro del límite de las zonas secas, definidas climáticamente como aquellas áreas en las que el índice de aridez es menor a 0.65, lo cual desemboca un problema ambiental, social y económico complejo, tanto en sus consecuencias como en su gestión.

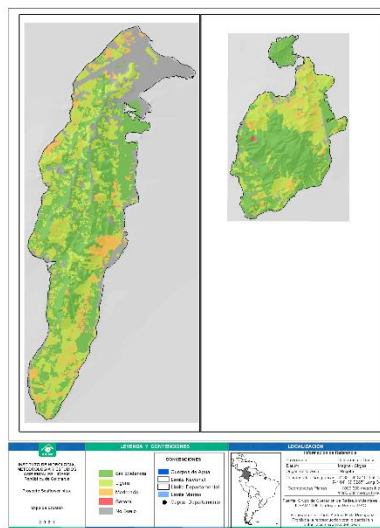
Para el trabajo de campo se desarrolló un modelo en el que se operaron variables climáticas, edáficas, geomorfológicas y ecosistémicas para hacer una primera aproximación al mapa de zonas secas del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina) que, junto con los mapas de suelos (y degradación de suelos por erosión y salinización orientaron los puntos de muestreo Figura 4-3.



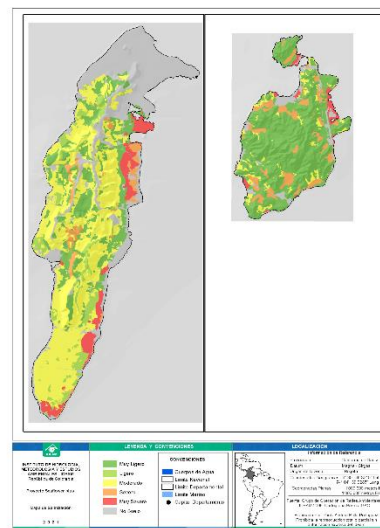
Zonas secas



Mapa de suelos de San Andrés Providencia y Santa Catalina



Mapa de degradación de suelos por Erosión



Mapa de degradación de suelos por Salinización

Figura 4-3 Cartografía objeto de verificación en la fase de campo



El mapa de suelos del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (IGAC, 2001) constituye un insumo importante para el trabajo de campo, pues cuenta con un límite natural que guarda la información pedológica a partir de la cual se pueden derivar algunas unidades de mapeo de los mapas de degradación de suelos por salinización, compactación y pérdida de la materia orgánica, que alimentarán la construcción del mapa de degradación de suelos por desertificación.

Los mapas de degradación de suelos por erosión (IDEAM, 2015) y salinización (IDEAM, 2019), se utilizaron como insumos de campo necesarios para la actualización de estos procesos que ya habían sido generados en proyectos anteriores.

4.2.2. Herramientas tecnológicas

Para el desarrollo del trabajo de campo se contó con una tablet Samsung en la que se descargaron las siguientes aplicaciones para la captura de información y la visualización de los mapas que se mencionan en el aparte insumos cartográficos para el trabajo de campo.

KoBo ToolBox

Esta aplicación permitió estructurar el formato de campo desarrollado en el Protocolo en un formato virtual para la captura de la información de los puntos de muestreo de suelo y agua, además para realizar observaciones sobre el uso del suelo y validar algunas unidades de degradación de suelos por erosión y salinización a través de una tablet o celular. De esta forma, en cada punto de muestreo, observación o validación, esta aplicación permite el diligenciamiento de la información, así como asociar fotos sobre el paisaje, uso, rasgos de degradación, vegetación, perfil del suelo, prácticas de manejo, entre otros.

OBSERVACIÓN DEGRADACIÓN DE SUELOS POR DESERTIFICACIÓN

IDENTIFICACIÓN

FECHA:
2023-10-26

UBICACIÓN:
12.5221921 -81.7256308 -2.89293895-#920327.4.8

WIKILATITUD:
12.5221921

WIKILONGITUD:
-81.7256308

UBICACIÓN:
12.5221921 -81.7256308 -2.89293895-#920327.4.8

DEPARTAMENTO:
ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA

MUNICIPIO:
SANTA CATALINA

LUGAR:
SANTA CATALINA

¿LA INFORMACIÓN SE DESARROLLA PARTIR DE UNA ENTREVISTA CON UN ACTOR?
 SI
 NO

NOMBRE DEL ENTREVISTADO:
Liquor Sotomayor

TIPO DE ACTOR:
 COMUNITARIO
 INSTITUCIONAL
 OJALÓ BAQUIANO
 OTRO

NOMBRE DEL PROFESIONAL DE CAMPO:
 OJALÓ
 GEOGRÁFICO
 ALIADO SALAVARRA
 JARDINERO
 MECÁNICO

COBERTURA DE LA TIERRA

FOTOGRAFÍA DE LA COBERTURA
113117610015.jpg

COBERTURA DE LA TIERRA

BOSQUES DE TIPO PASTORIL Y BOSQUES NATURALES

BOSQUES DE TIPO PASTORIL

BOSQUES DE TIPO PASTORIL Y BOSQUES NATURALES

BOSQUES DE TIPO PASTORIL Y BOSQUES NATURALES

BOSQUES NATURALES

TERRESTRES-ARTIFICIALES

BOSQUES NATURALES

CAMPOS

PANTANOS

BOSQUES

OTRAS

USO DEL SUELO

USO DEL SUELO

AGRICOLA

RECREATIVO

COMERCIAL

RESERVA

INDUSTRIAL

OTRO

PRÁCTICAS ESPECÍFICAS DE MANEJO DE CULTIVOS (INCLUYE PASTOS)

FOTOGRAFÍA DEL TIPO DE USO AGRICOLA Y PREPARACIÓN DE TIERRAS
113117610015.jpg

Figura 4-4 Formato de captura de información en campo con la aplicación Kobo ToolBox

QField

Los mapas de zonas secas, suelos y degradación de suelos por erosión y salinización, junto con las tablas de atributos, fueron cargados a esta aplicación, que permite su visualización en campo, en





tiempo real y con una alta precisión. Así, estando en campo, esta aplicación facilita identificar la unidad de zona seca, suelos o degradación por erosión y salinización por la que se transita o aquella que se quiere muestrear. Adicionalmente, la aplicación QField permite apagar y encender simultáneamente las diferentes capas cargadas.

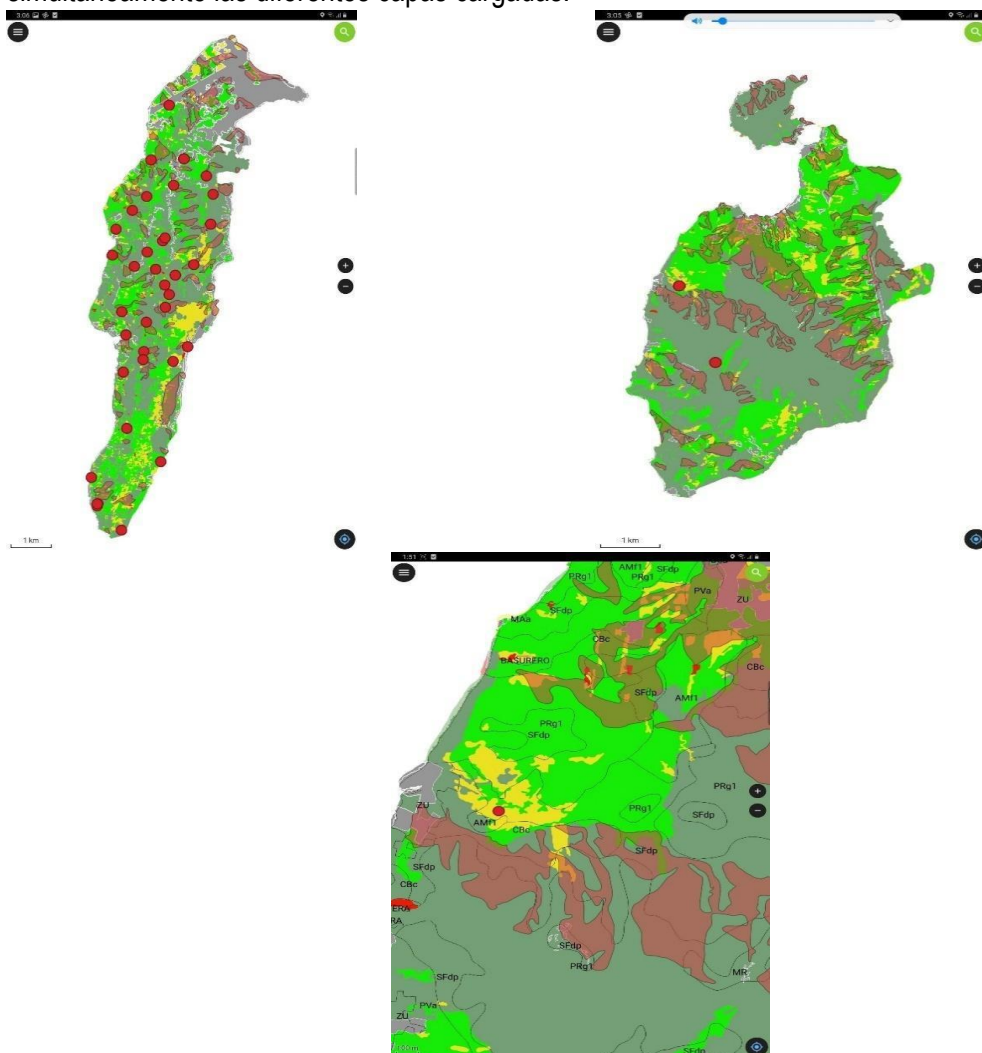


Figura 4-5 Detalle de los mapas usados en la aplicación QField

4.2.3. Materiales, reactivos y equipos y herramientas

En la Tabla 4-1 se presentan los materiales, reactivos, equipos y herramientas usados durante la salida de campo para el muestreo de suelos y agua.

Tabla 4-1 Materiales, reactivos equipos y herramientas usados durante el trabajo de campo

Materiales	Equipo y herramientas	Reactivos
Bolsas ziploc 1Kg	Pala	Ácido clorhídrico 10%
Bolsas ziploc 250 g	Barreno holandés	Peóxido de hidrógeno
Lápices y esferos	Equipo para toma de muestras indisturbadas	Cloruro de bario (10%)
Borradores	Penetrómetro	Fenolftaleína



Materiales	Equipo y herramientas	Reactivos
Marcadores sharpie	GPS	Fluoruro de sodio
Frascos 0,5 L	Tablet	Papel de filtro
Cinta de enmascarar	Tabla Munsell	
	Cuchillo y bisturí	

Fuente: IDEAM 2022

Muestreo

En los puntos de muestreo se realizaron excavaciones para exponer los dos primeros horizontes. Posteriormente se recogió información sobre la profundidad de cada horizonte, color, textura, estructura, presencia de carbonatos, cenizas volcánicas y materia orgánica.

Una vez caracterizados los horizontes, se tomó una muestra de suelo para cada uno en una bolsa ziploc de 1 Kg para los análisis químicos y biológicos. Además, se tomó una muestra indisturbada de cada horizonte; estas muestras se almacenaron en bolsas ziploc de 250 g para los análisis de densidad aparente y densidad real.



Fotografía 4 Proceso de recolección de una muestra de suelo

En la Tabla 4-2 se presentan los puntos de muestreo durante el trabajo de campo.

Tabla 4-2 Puntos de muestreo en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

PUNTO DE MUESTREO	MUNICIPIO	FECHA	LATITUD	LONGITUD	ELEVACIÓN (msnm)
MPV1	Providencia y Santa Catalina	12/10/2021	13° 22' 0.186" N	81° 21' 29.576" W	3
MPV2	Providencia y Santa Catalina	13/10/2021	13° 19' 27.620" N	81° 22' 54.934" W	17,818651
MPV3	Providencia y Santa Catalina	13/10/2021	13° 20' 1.820" N	81° 22' 59.056" W	55,293259



PUNTO DE MUESTREO	MUNICIPIO	FECHA	LATITUD	LONGITUD	ELEVACIÓN (msnm)
MPV4	Providencia y Santa Catalina	13/10/2021	13° 19' 56.424" N	81° 23' 0.413" W	50,507233
MPV5	Providencia y Santa Catalina	13/10/2021	13° 19' 54.271" N	81° 22' 58.109" W	37,342125
MPV6	Providencia y Santa Catalina	13/10/2021	13° 19' 33.895" N	81° 22' 55.988" W	63,679779
MPV7	Providencia y Santa Catalina	14/10/2021	13° 19' 58.624" N	81° 22' 32.592" W	20,918743
MPV8	Providencia y Santa Catalina	14/10/2021	13° 20' 45.193" N	81° 22' 3.691" W	219,264694
MPV9	Providencia y Santa Catalina	14/10/2021	13° 20' 50.078" N	81° 22' 9.901" W	290,818665
MPV10	Providencia y Santa Catalina	15/10/2021	13° 23' 10.568" N	81° 22' 8.224" W	14,296617
MPV11	Providencia y Santa Catalina	15/10/2021	13° 23' 10.144" N	81° 22' 18.966" W	12,190538
MPV12	Providencia y Santa Catalina	15/10/2021	13° 23' 7.904" N	81° 22' 17.260" W	4,115084
MPV13	Providencia y Santa Catalina	15/10/2021	13° 23' 33.346" N	81° 22' 34.568" W	6,603222
MPV14	Providencia y Santa Catalina	15/10/2021	13° 21' 25.888" N	81° 21' 0.731" W	19,655832
MPV15	Providencia y Santa Catalina	16/10/2021	13° 20' 36.413" N	81° 23' 8.376" W	27,504864
MPV16	Providencia y Santa Catalina	16/10/2021	13° 20' 42.360" N	81° 23' 26.981" W	24,054523
MPV17	Providencia y Santa Catalina	16/10/2021	13° 20' 21.584" N	81° 23' 38.526" W	71,930145
MPV18	Providencia y Santa Catalina	16/10/2021	13° 19' 53.911" N	81° 22' 15.510" W	13,870428
MPV19	Providencia y Santa Catalina	16/10/2021	13° 21' 20.452" N	81° 21' 40.522" W	32,966801
MPV20	Providencia y Santa Catalina	17/10/2021	13° 21' 26.334" N	81° 23' 16.807" W	40,938126
MPV21	Providencia y Santa Catalina	17/10/2021	13° 21' 54.515" N	81° 23' 3.196" W	94,973175



PUNTO DE MUESTREO	MUNICIPIO	FECHA	LATITUD	LONGITUD	ELEVACIÓN (msnm)
MPV22	Providencia y Santa Catalina	17/10/2021	13° 22' 29.464" N	81° 22' 5.002" W	23,871426
MPV23	Providencia y Santa Catalina	17/10/2021	13° 20' 10.110" N	81° 21' 38.370" W	30
MSA1	San Andrés	19/10/2021	81° 43' 14.365" W	12° 32' 54.460" N	51,551918
MSA2	San Andrés	19/10/2021	81° 43' 25.504" W	12° 32' 45.708" N	62,006962
MSA3	San Andrés	19/10/2021	81° 43' 25.748" W	12° 30' 40.450" N	80,3498
MSA4	San Andrés	19/10/2021	81° 42' 54.508" W	12° 31' 17.555" N	3,739214
MSA5	San Andrés	20/10/2021	81° 43' 21.490" W	12° 30' 0.328" N	10,299586
MSA6	San Andrés	20/10/2021	81° 43' 2.118" W	12° 30' 15.199" N	0,342092
MSA7	San Andrés	20/10/2021	81° 43' 36.552" W	12° 29' 23.525" N	10,312061
MSA8	San Andrés	20/10/2021	81° 43' 54.430" W	12° 29' 7.663" N	13,280455
MSA9	San Andrés	20/10/2021	81° 43' 47.885" W	12° 29' 1.619" N	9,434989
MSA10	San Andrés	21/10/2021	81° 43' 56.330" W	12° 32' 1.324" N	12,478144
MSA11	San Andrés	22/10/2021	81° 43' 29.219" W	12° 33' 29.376" N	69,888115
MSA12	San Andrés	22/10/2021	81° 43' 44.062" W	12° 33' 20.142" N	35,44389
MSA13	San Andrés	22/10/2021	81° 42' 32.069" W	12° 32' 5.568" N	4,431581
MSA14	San Andrés	24/10/2021	81° 42' 26.680" W	12° 32' 55.403" N	1,297613
MSA15	San Andrés	24/10/2021	81° 42' 45.144" W	12° 32' 40.690" N	31,303043
MSA16	San Andrés	24/10/2021	81° 42' 43.294" W	12° 32' 39.595" N	23,233303



PUNTO DE MUESTREO	MUNICIPIO	FECHA	LATITUD	LONGITUD	ELEVACIÓN (msnm)
MSA17	San Andrés	24/10/2021	81° 42' 51.628" W	12° 33' 27.007" N	57,107574
MSA18	San Andrés	25/10/2021	81° 42' 53.233" W	12° 32' 53.495" N	10,724524
MSA19	San Andrés	25/10/2021	81° 43' 56.748" W	12° 29' 29.562" N	10,397751
MSA20	San Andrés	25/10/2021	81° 43' 42.366" W	12° 30' 5.666" N	12,874108
MSA21	San Andrés	25/10/2021	81° 43' 32.448" W	12° 31' 20.179" N	10,132857
MSA22	San Andrés	21/10/2021	81° 43' 15.755" W	12° 32' 7.116" N	0

La distribución de los puntos de muestreo se puede consultar en el siguiente mapa:



SanAndresProvidenciaTrabajoCampo.kml

(Doble click sobre la imagen)

4.3. Análisis de laboratorio

4.3.1. Organización de la información.

En esta actividad se organizó la base de datos de la información química y física de los perfiles de suelos asociados al Estudio Detallado de Suelos del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (Anexo A) y la leyenda de suelos del mismo estudio (Anexo B).

Análisis de laboratorio de muestras de suelos

Las muestras enviadas para ser analizadas en el laboratorio se relacionan en la Tabla 4-3.

Tabla 4-3 Muestras de suelos enviadas al laboratorio

ID	Horizonte	Campaña	Municipio	SQ-30	PCS-03
MPV1	Apg	Sea Flower Plus 2021	Providencia	x	x
MPV1	Bg	Sea Flower Plus 2021	Providencia	x	
MPV2	Ap	Sea Flower Plus 2021	Providencia	x	
MPV3	A2	Sea Flower Plus 2021	Providencia	x	
MPV4	Ap	Sea Flower Plus 2021	Providencia	x	x



ID	Horizonte	Campaña	Municipio	SQ-30	PCS-03
MPV5	Ap	Sea Flower Plus 2021	Providencia	x	x
MPV5	Bw	Sea Flower Plus 2021	Providencia	x	
MPV6	Ap	Sea Flower Plus 2021	Providencia	x	x
MPV6	Bw	Sea Flower Plus 2021	Providencia	x	
MPV7	Ap	Sea Flower Plus 2021	Providencia	x	x
MPV7	Bw	Sea Flower Plus 2021	Providencia	x	
MPV8	A	Sea Flower Plus 2021	Providencia	x	x
MPV10	Oi	Sea Flower Plus 2021	Santa Catalina	x	x
MPV10	Oe	Sea Flower Plus 2021	Santa Catalina	x	
MPV11	Ap	Sea Flower Plus 2021	Santa Catalina	x	x
MPV13	A	Sea Flower Plus 2021	Santa Catalina	x	x
MPV13	Bw	Sea Flower Plus 2021	Santa Catalina	x	
MPV14	Ap	Sea Flower Plus 2021	Providencia	x	x
MPV14	Bt	Sea Flower Plus 2021	Providencia	x	
MPV15	A	Sea Flower Plus 2021	Providencia	x	x
MPV16	Ap	Sea Flower Plus 2021	Providencia	x	x
MPV17	Ap	Sea Flower Plus 2021	Providencia	x	
MPV18	Ap	Sea Flower Plus 2021	Providencia	x	
MPV19	Ap	Sea Flower Plus 2021	Providencia	x	x
MPV19	Bw	Sea Flower Plus 2021	Providencia	x	
MPV20	Ap	Sea Flower Plus 2021	Providencia	x	x
MPV21	Ap	Sea Flower Plus 2021	Providencia	x	x
MPV21	Bw	Sea Flower Plus 2021	Providencia	x	



ID	Horizonte	Campaña	Municipio	SQ-30	PCS-03
MPV22	Ap	Sea Flower Plus 2021	Providencia	x	
MPV23	A	Sea Flower Plus 2021	Providencia	x	
MSA1	Ap	Expedición Seaflower plus	San Andrés	x	x
MSA1	Bw	Expedición Seaflower plus	San Andrés	x	
MSA2	A	Expedición Seaflower plus	San Andrés	x	x
MSA2	Bk	Expedición Seaflower plus	San Andrés	x	
MSA3	A	Expedición Seaflower plus	San Andrés	x	x
MSA3	Bk	Expedición Seaflower plus	San Andrés	x	
MSA4	Ap	Expedición Seaflower plus	San Andrés	x	x
MSA4	Bg	Expedición Seaflower plus	San Andrés	x	
MSA5	AP	Expedición Seaflower plus	San Andrés	x	x
MSA6	Oi1	Expedición Seaflower plus	San Andrés	x	x
MSA6	Oi2	Expedición Seaflower plus	San Andrés	x	
MSA7	Bw	Expedición Seaflower plus	San Andrés	x	
MSA8	Ap	Expedición Seaflower plus	San Andrés	x	
MSA10	Bw	Expedición Seaflower plus	San Andrés	x	
MSA11	Ap	Expedición Seaflower plus	San Andrés	x	
MSA12	A	Expedición Seaflower plus	San Andrés	x	x
MSA13	Ag	Expedición Seaflower plus	San Andrés	x	x
MSA14	A	Expedición Seaflower plus	San Andrés	x	x
MSA15	Ap	Expedición Seaflower plus	San Andrés	x	x
MSA16	A	Expedición Seaflower plus	San Andrés	x	
MSA17	A	Expedición Seaflower plus	San Andrés	x	x



ID	Horizonte	Campaña	Municipio	SQ-30	PCS-03
MSA17	Bw	Expedición Seaflower plus	San Andrés	x	
MSA18	Ap	Expedición Seaflower plus	San Andrés	x	x
MSA18	Bw	Expedición Seaflower plus	San Andrés	x	
MSA19	Ap	Expedición Seaflower plus	San Andrés	x	x
MSA20	Ap	Expedición Seaflower plus	San Andrés	x	
MSA21	Ap	Expedición Seaflower plus	San Andrés	x	x
MSA21	Bw	Expedición Seaflower plus	San Andrés	x	
MSA22	A	Expedición Seaflower plus	San Andrés	x	x
MSA22	Bw	Expedición Seaflower plus	San Andrés	x	

En la 20 se relaciones los puntos de muestreo, horizontes, municipio donde se tomó la muestra y, frente a cada una de estas, marcado con una equis, el paquete de análisis de laboratorio que se aplicó, SQ-30 y PCS-03, los cuales se describen a continuación.

4.3.1.1. Paquete de análisis de suelos SQ-30

Metodología: 1) Fertilidad en suelos: pH en agua; C.E extracto de saturación; Acidez Intercambiable solo cuando el pH es <5.5, Método KCL 1N; CIC, Ca, Mg, K y Na Intercambiables método Acetato de Amonio 1N pH 7; Fósforo por Bray II; Carbón Orgánico por Walkey Black; N-total por Kjeldahl; Densidad Real por método del picnómetro, Densidad Aparente por método del Cilindro y Textura por Bouyocous

2) Salinidad: Determinación de Aniones y Cationes en pasta saturada. Cuantificación: Ca, Mg, Na y K por absorción atómica, Cl método Mohr; Sulfatos por Turbidimetria, HCO₃ y CO₃ por titulación ácido-base; Carbonatos de Calcio Cualitativos reacción al HCL 10%, Carbonatos de Calcio Totales Cuantitativos por Titulación por retroceso HCl 0.5N.

4.3.1.2. Paquete de análisis de suelos PCS-03

Recuento de hongos benéficos, bacterias fosfatolubilizadoras, bacterias fijadoras de nitrógeno, actinomicetos, hongos Aerobios Mesófilos y Bacterias Aerobias Mesófilas. Recuento de hongos, bacterias y nematodos fitopatógenos en suelo.

Metodología: diluciones seriadas en base 10, recuento en placa en medios de cultivo específicos para cada tipo de microorganismos e incubación por 24 horas a 27°C para bacterias y de 5 a 10 días para hongos y actinomicetos a una temperatura de 28°C. Para el recuento de nematodos se utilizó el método de Baermann funnel, y la identificación se realizó por medio de clave taxonómica.



Los resultados se presentan en el **Anexo C**.

4.4. Modelo Cartográfico

Para tal efecto, se deben formular modelos cartográficos que respondan a estas preguntas como dónde se ubican los procesos de desertificación y en qué magnitud e intensidad. Los modelos exigen información temática a escalas adecuadas para este estudio concretamente se emplearon insumos que superaran la escala 1:10.000. Con la aplicación de los modelos y la definición de un sistema de calificación y clasificación se obtuvieron tres mapas: Zonificación de tierras subhúmedas secas y secas, susceptibilidad del proceso de desertificación y zonificación de la línea base del proceso de desertificación.

Estos productos deben ser verificados y caracterizados por medio de trabajos de campo, en los cuales se levante información primaria y se tomen muestras de suelos para enviarlas al laboratorio. Con los resultados de este trabajo y los datos de laboratorio se ajusta y valida el modelo de susceptibilidad y se elabora la zonificación final de línea base de degradación de suelos por desertificación, estos serán los productos principales de esta fase

4.4.1. Zonas secas

La capa de tierras subhúmedas secas y secas, fue elaborada a partir de un modelo conceptual que permite clasificar los terrenos según su condición de humedad. El modelo se diseñó a partir de variables y factores, cada variable fue clasificada en 5 categorías representadas con un valor numérico, con el fin de facilitar el proceso cartográfico de álgebra de mapas (1: subhúmedas secas: 2 zonas secas tipo II: 3 Zonas secas tipo I). Estas variables se agrupan en 4 factores determinantes de la humedad: 1) el primer factor corresponde al clima, para el cual se emplearon los datos de las estaciones climáticas del IDEAM y los datos de temperatura descargados del Portal climatológico WordClim con dicha información procesada se calculó el Índice de aridez anual y número de meses con Índice de aridez menor a 1, posteriormente se unificaron mediante sobreposición de capas, basándose en pesos establecidos con un modelo multicriterio de análisis jerárquico; 2) el segundo factor corresponde a los suelos, para este factor se empleó el régimen de humedad, humedad aprovechable, textura del suelo y salinidad, variables caracterizadas en el estudio detallado de Suelos del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina IGAC (2001); 3) el tercer factor correspondiente a la geomorfología, se usaron tres variables, la primera corresponde a la orientación del relieve que fue calculado a partir del modelo digital de elevación de resolución espacial de 10 metros construido a partir de la cartografía base de IGAC (2010), la segunda variable hace referencia a gradiente de la pendiente la cual se calcula a partir del Modelo Digital de Elevación formas del terreno proveniente de I Estudio de Suelos de IGAC(2001); 4) el cuarto factor corresponde a los biomas, los cuales se elaboraron a partir de la capa de ecosistemas IDEAM (2017).

Los factores calculados, se unificaron con álgebra de mapas estableciendo el 30% al factor clima, 30% al factor suelos, 30% al factor Geomorfología y 10% al factor ecosistemas, posteriormente se reclasificaron las zonas nuevamente con aproximaciones al entero más cercano.



La capa de tierras subhúmedas secas y secas, fue elaborada a partir de un modelo conceptual que permite clasificar las tierras de acuerdo con su condición de humedad. El modelo se diseñó a partir de factores y subfactores, como se muestra en la Figura 4-6.

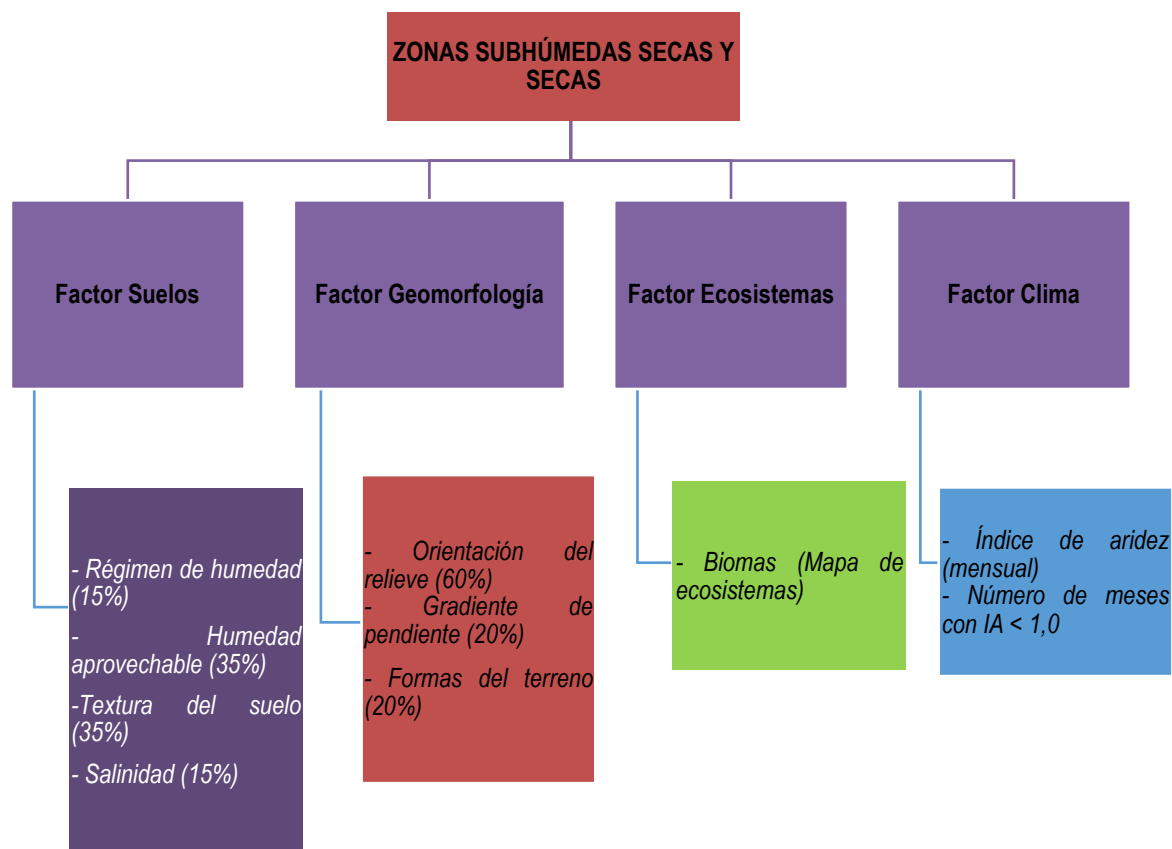


Figura 4-6 Factores y subfactores del modelo de zonas subhúmedas secas y secas

Cada subfactor fue calificado de 1 a 3, con base en su relación con las condiciones de humedad en el suelo, en la atmósfera, en la configuración morfológica de la superficie de la tierra y los ecosistemas. El proceso de calificar cada uno de los subfactores también se realizó para facilitar el proceso cartográfico de álgebra de mapas. En la Tabla 4-4 se muestra el criterio de calificación adoptado para el modelo:

Tabla 4-4 Categorías y calificación para los subfactores en el modelo de zonas subhúmedas secas y secas

Categoría	Calificación
Condición de humedad más limitante	3
Condición de humedad intermedia	2
Condición de humedad menos limitante	1

A continuación, se explica la calificación para cada uno de los subfactores dentro de cada factor:



4.4.1.1. Factor Suelos

Los subfactores que componen el factor suelos provienen del Estudio Detallado de Suelos del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, escala 1:5.000 (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2001). A partir del límite de las unidades cartográficas de suelos y la información de las variables físicas y químicas de los perfiles modales asociados a cada unidad cartográfica.

En la Tabla 4-5 se presenta la calificación de los subfactores régimen de humedad, humedad aprovechable, textura del suelos y salinidad, que conforman el factor suelos.

Tabla 4-5 Calificación de los subfactores de suelos.

Régimen de humedad	Humedad aprovechable (%)	Textura del suelo	Salinidad	Calificación
Ústico	< 5 5 – 10	Gruesas y moderadamente gruesas	CE ≥ 8 dS/m	3
Údico	10,1 – 15 15,1 - 20	Moderadamente finas y medias	CE ≥ 2 dS/m < 8 dS/m	2
Ácuico, perúdico y perácuico	> 20	Finas y muy finas	CE < 2 dS/m	1

El régimen de humedad, que es un indicador de la humedad del suelo que se define por la presencia o ausencia de una capa de agua y la presencia o ausencia de agua retenida a una presión inferior a 15 bar (1.500 kPa) en la sección de control de la humedad en alguna época del año, pues el agua retenida a presiones superiores a 15 bar (1.500 kPa) no es útil para la mayoría de las plantas mesófilas, como tampoco es útil el agua cuando alcanza un cierto contenido en sales. Si el agua está retenida con una presión inferior a 15 bar pero superior a 0, puede decirse que el suelo, o este determinado horizonte, está húmedo. Se han definido los siguientes regimenes de humedad en orden ascendente de acuerdo con el tiempo en el que el suelo permanece húmedo ácuico, arídico, xérico, ústico údico, perúdica, ácuico y perácuico ((Soil Survey Staff, 2014)).

Teniendo en cuenta que en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina no se presentan regimenes de humedad arídico, xérico ni údico, el régimen ústico fue calificado con 3, pues estos suelos permanecen secos por lo menos 90 días acumulados en el año la mayoría de los años; a pesar de que el régimen údico no se presenta, este fue calificado con 3, pues los suelos con este régimen de humedad permanecen secos por menos de 90 días acumulativos y, el régimen ácuico y perácuico fue calificado con 1, pues lo suelos que presentan este régimen de humedad están anegados durante casi todo el año, la mayoría de los años.

La humedad aprovechable corresponde a la lámina de agua que es capaz de ser absorbida por las plantas. Se encuentra entre el punto de marchitez permanente, que corresponde el contenido de humedad volumétrico retenido por el suelo a una tensión de -15 bar y la capacidad de campo que corresponde el contenido de humedad volumétrico retenido por el suelo a una tensión de -0,33 bar.



El contenido de humedad aprovechable puede ser expresado como lámina de agua en mm o como porcentaje del volumen del suelo que ocupa dicha cantidad de agua.

Los valores de humedad aprovechable del suelo se extrajeron de la información física de los perfiles de suelos del del Estudio Detallado de Suelos del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Para los perfiles que carecían de dicha información, los valores fueron calculados a través de la aplicación Soil Water Characteristics, versión 6.02.74, desarrollada a partir de los modelos de Saxton & Rawls (2006), el cual, a través de funciones de pedotransferencia alimentadas por cierto volumen de datos de textura, salinidad, contenido de materia orgánica y pedregosidad, calcula el punto de marchitez permanente, capacidad de campo, humedad aprovechable y densidad aparente. Los rangos de humedad aprovechable que se presentan en la tabla tres fueron propuestos por Costantini (2009).

La textura, que es el contenido relativo de arena, limo y arcilla de los suelos, fue calificado a partir de la agrupación de los diferentes grupos texturales de los diferentes perfiles modales del Estudio Detallado de Suelos del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. El criterio que se tuvo en cuenta fue que, en la medida que los suelos tienen texturas más gruesas, disminuye su capacidad de almacenar agua, como se aprecia en la Tabla 4-5. De esta forma, los suelos con texturas gruesas tendrán una condición de humedad más limitante que los suelos con texturas más finas.

La salinidad, que es entendida como el contenido de sales en la solución del suelo, es una propiedad íntimamente relacionada con la disponibilidad de agua para las plantas y otros organismos pues, en la medida que el contenido de sales en el agua del suelo se incrementa, esta es menos disponible debido al incremento de la presión osmótica. De acuerdo con esto, la salinidad los suelos fue agrupada en los rangos que se aprecian en la Tabla 4-5 y calificados según el criterio de la Tabla 4-4.

En la Figura 4-7 se presentan los mapas de cada uno de los subfactores mencionados anteriormente.

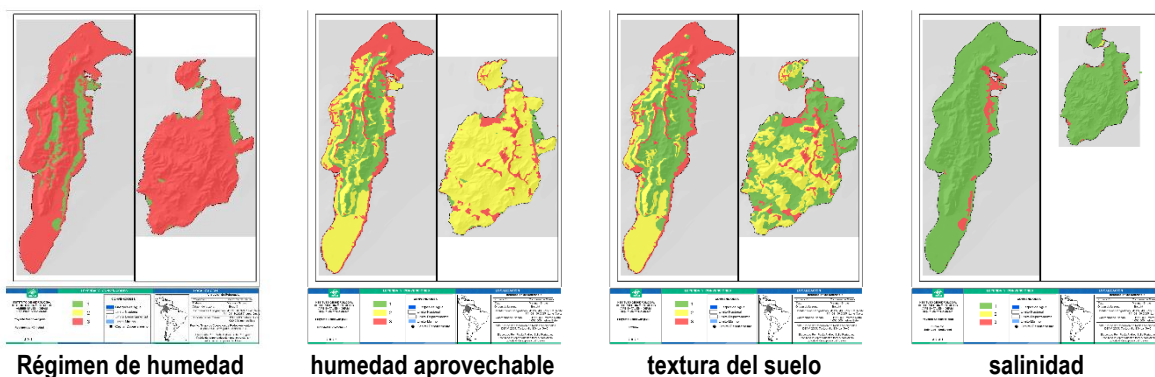


Figura 4-7 Mapas de los subfactores

Una vez calificados los subfactores, estos fueron ponderados a partir del modelo de la Figura 4-8

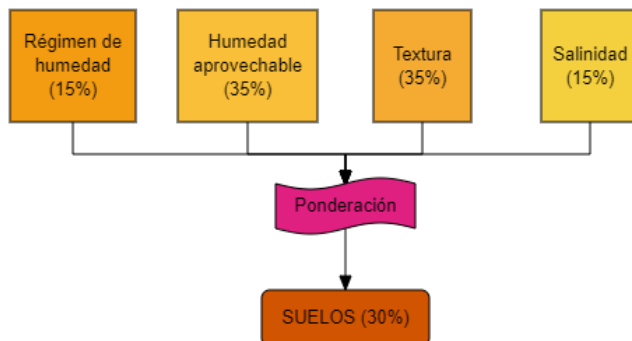


Figura 4-8 Modelo para la obtención del factor suelos.

Con el resultado de la ponderación de los subfactores que componen el factor suelos a partir de los pesos definidos para cada uno, se obtuvo el mapa de la Figura 4-9.

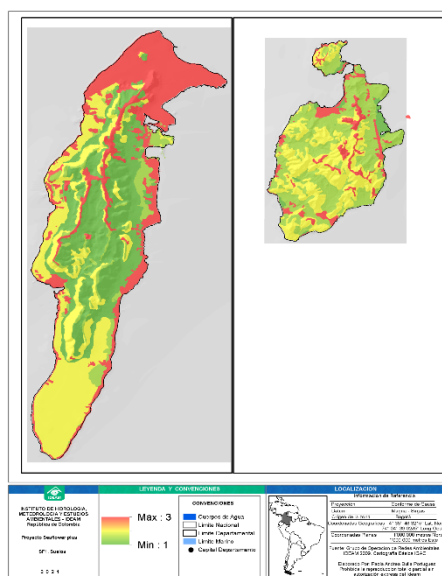


Figura 4-9 Mapa del factor suelos

4.4.1.2. Factor Clima

La información de clima fue construida a partir de los Promedios Climatológicos 1981-2010 del IDEAM y los datos de temperatura máxima periodo 1960 -2018 WordClim 2020.

El factor clima está conformado por dos subfactores: el índice de aridez y el número de meses con índice de aridez menor a 1.

El índice de aridez es la relación que existe entre la precipitación y la evapotranspiración potencial de una zona determinada; se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de aridez (IA)} = \frac{\text{Precipitación (mm)}}{\text{Evapotranspiración Potencial (ETP)}}$$



Para la precipitación se usó con la información de las estaciones Agua Dulce, Alto el Embrujo, Pueblo Viejo, San Felipe, Apto Sesquicentenario, Empoislas y Hoyo Soplador del documento Promedios Climatológicos 1981-2010.

A partir de los datos de temperatura máxima periodo 1960 - 2018 WordClim 2020 y los datos de altitud derivados del DEM, se modeló la temperatura para encontrar una mayor variabilidad espacial de esta variable, debido a que la información de esta variable en las bases de datos de IDEAM solo estaba disponible para dos estaciones. Una vez realizado este proceso, se calculó la evapotranspiración potencial (ETP) por el método de Thornthwaite a partir de las siguientes fórmulas:

$$ETP = 0,53 \left(\frac{10T}{I} \right)^a$$

T = Temperatura máxima mensual (°C)

I = Índice calórico anual

$$I = 12 \left[\left(\frac{T_{\text{anual}}}{5} \right) \right]^{1,514}$$

$$a = (675 * 10^{-9})I^3 - (771 * 10^{-7})I^2 + (179 * 10^{-4})I + 0,492$$

Los índices de aridez fueron calculados y representados espacialmente en forma mensual para todo el Archipiélago, como se aprecia en la Figura 4-10.

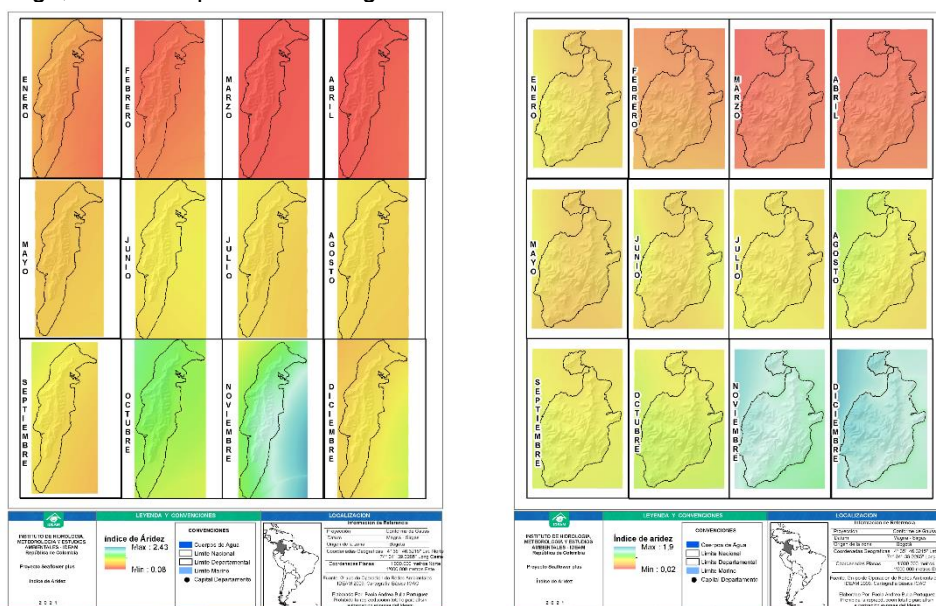


Figura 4-10 Índice de aridez mensual para el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Teniendo en cuenta que un índice de aridez menor a 1 implica que existe un déficit de agua, esta variable se calificó con base como se muestra en la Tabla 4-6.

Tabla 4-6 Calificación de los subfactores de clima.

Índice de Aridez (IA) mensual	No de meses con IA < 1	Calificación
<0,65	9 a 10	3
0,65 - 1	6 a 8	2
>1	4 a 5	1



El número de meses con índice de aridez menor a 1 fue una variable que se calculó para acentuar los índices de aridez por sí solos, pues con base en la Figura 4-11, todo el archipiélago fue calificado con 2, es decir, con una condición de humedad intermedia, mientras que la variable número de meses con $IA < 1$ fue calificada con 3 para todo el archipiélago (Figura 4-11).

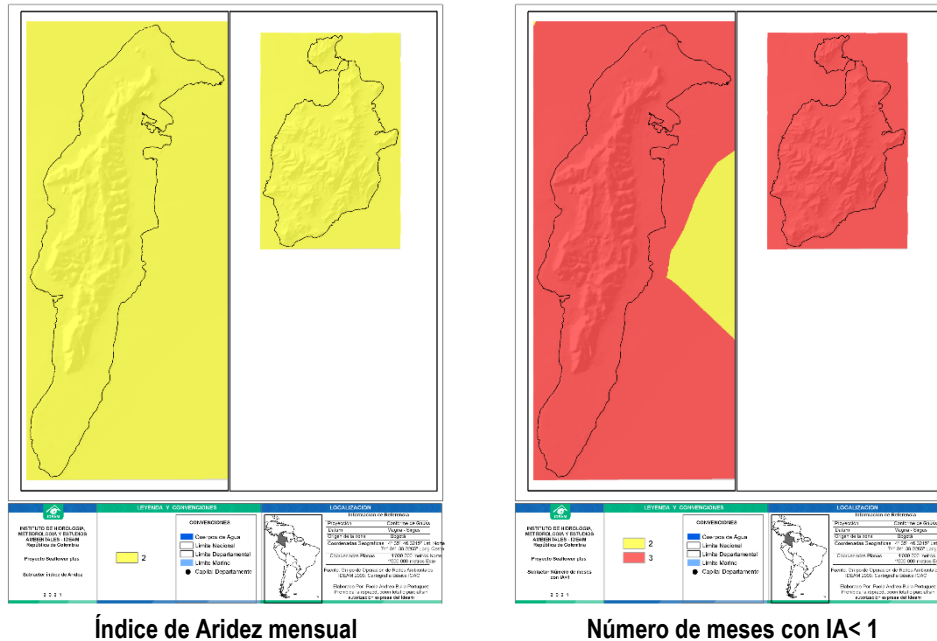


Figura 4-11 Mapas de los subfactores del factor clima.

Una vez calificados los subfactores descritos anteriormente, estos fueron ponderados para obtener el factor clima, a partir del modelo de la Figura 4-12.

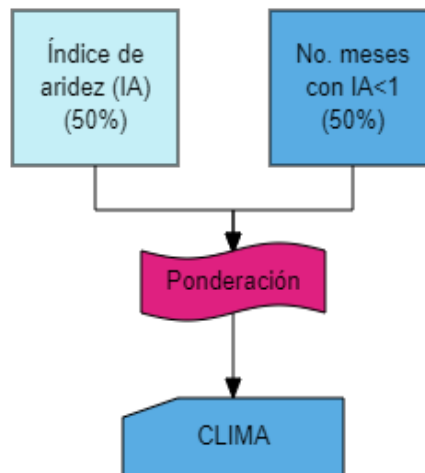


Figura 4-12 Modelo para la obtención del factor clima

Una vez ponderados los subfactores que componen el factor clima a partir de los pesos definidos para cada uno, se obtuvo el mapa de la Figura 4-13.

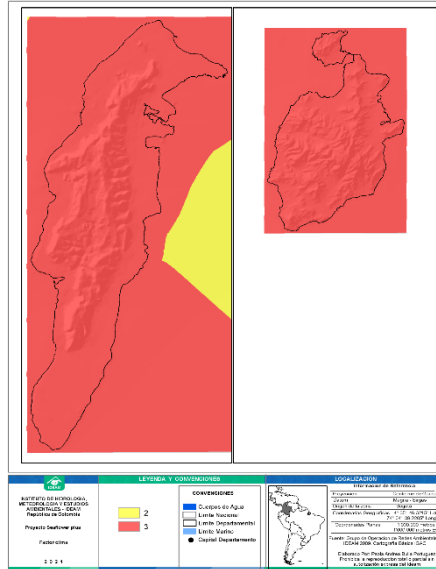


Figura 4-13 Mapa del factor clima.

4.4.1.3. Factor Geomorfología

Los subfactores que componen el factor geomorfología provienen del Estudio Detallado de Suelos del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, escala 1:5.000 (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2001), el Modelo de Elevación Digital y el mapa de Cuencas Hidrográficas del Archipiélago, desarrollado por Coralina.

En la Figura 4-9 se presenta la calificación de los subfactores formas del terreno, gradiente de pendiente y orientación del relieve, que conforman el factor geomorfología.

Tabla 4-7 Calificación de los subfactores de geomorfología.

Formas del terreno	Gradiente de pendiente	Orientación del relieve	Calificación
Laderas, escarpes	50 - 75% > 75%	Costado oriental de Providencia y altitud en entre 200 y 356 msnm en Providencia y Santa Catalina. Costado oriental, sur y norte de San Andrés.	3
Hombros, parte proximal, cimas, dolinas	12 – 25% 25 – 50%	Áreas entre 0 y 100 msnm en Providencia y Santa Catalina. Costado occidental de San Andrés	2
Rellanos y resaltos, marismas, bajos, plano de terraza, planos, planos de abrasión, planos de acumulación, playas	0 – 3% 3 – 7% 7 – 12 %	Áreas entre 100 y 200 msnm en Providencia y Santa Catalina. Centro de San Andrés.	1

Las formas del terreno son unidades geomorfológicas elementales determinadas principalmente por los contrastes morfológicos y morfométricos, que relacionan el tipo de material o la disposición estructural de estos con la correspondiente topografía del terreno (Carvajal, 2012).



Las laderas son superficies localizadas entre la cima y la base de la cumbre, presentan un perfil topográfico rectilíneo a irregular y pendientes moderadamente inclinadas a escarpadas y el escarpe es una forma de terreno representada por una superficie asociada a una falla o lineamiento geológico donde los procesos erosivos presentan gran intensidad, generando afloramientos rocosos con pendientes escarpadas a muy escarpadas y un contorno rectilíneo, por lo que en estas se favorece la escorrentía sobre la infiltración y posterior almacenamiento; así la calificación que se le da a estas formas del terreno es de 3.

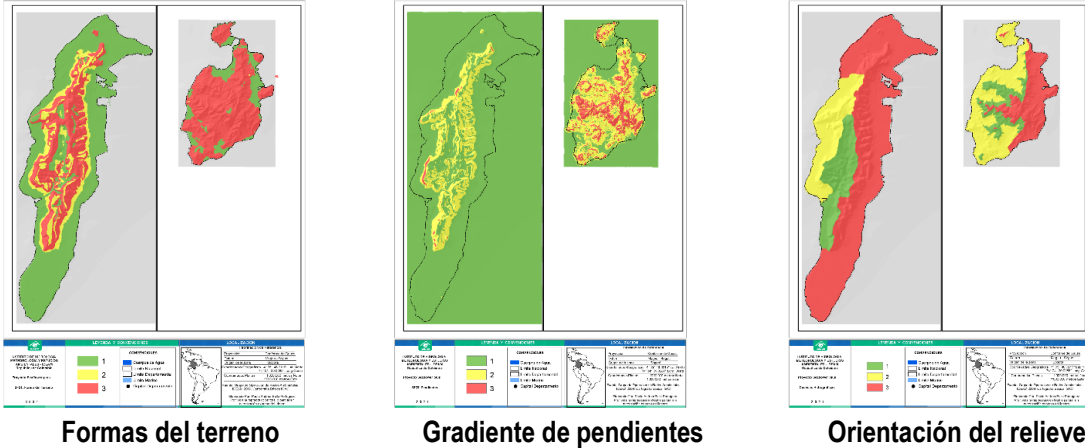
La cima es forma de terreno que corresponde a una superficie de configuración estrecha y alargada que corresponde a la parte más elevada del relieve de fila y viga; la unidad tiene perfil topográfico convexo y forma redondeada a aguda, con pendiente ligeramente plana a moderadamente inclinada. La parte proximal corresponde al área próxima a la cabecera del glacis y representa el inicio del depósito que le da origen. Se caracteriza por un perfil topográfico rectilíneo-convexo, con forma triangular y pendiente moderadamente inclinada. Generalmente presenta los materiales detríticos más gruesos que fueron acumulados en el abanico. Las dolinas son una forma de terreno correspondiente a una concavidad cerrada que puede tener en su fondo un aspecto semejante a un embudo o una cubeta, de configuración redondeada a ovalada y bordes que pueden ser planos a escarpados, con diámetro que va desde uno hasta 500 metros y profundidad que varía de uno a 20 metros. Teniendo en cuenta que la configuración de estas formas del terreno es más moderada en cuanto a las pendientes, se calificaron como 2.

Los rellanos y resaltos, marismas, bajos, plano de terraza, planos, planos de abrasión, planos de acumulación, playas, tienen en común que son formas del terreno más allanadas, por lo que la dinámica del agua es a permanecer por mayor tiempo en estas superficies, pues en ellas se favorece la infiltración sobre la pérdida por escorrentía, por lo que todas son calificadas como 1.

Los gradientes de pendiente se agruparon como se aprecia en la Tabla 4-7 y se calificaron siguiendo el criterio de la dinámica de permanencia del agua en la superficie de la tierra. Así, en las pendientes mayores al 50% fueron calificadas con 3, pues allí se favorece la pérdida de agua por escorrentía sobre la infiltración; las pendientes entre 12% y 50%, fueron calificadas con 2 al ser pendientes moderadas, donde se puede decir que la infiltración y la escorrentía se dan en proporciones similares; mientras que las pendientes menores al 12% se calificaron como 1, pues en estas sí se favorece la infiltración y el almacenamiento de agua por mayor tiempo en la superficie de la tierra.

La orientación del relieve es un producto que se construyó a partir del criterio de expertos luego del trabajo de campo, pues luego de los distintos recorridos y observaciones realizadas en el Archipiélago, se encontró que existían costados de la isla con condiciones más secas, al igual que rangos de altitud donde la vegetación y el aspecto del suelo indicaban que las condiciones de humedad eran variables. De acuerdo con esto, se usaron los límites de las cuencas hidrográficas con indicadores de la orientación del relieve y tres rangos de altura (0-100 m, 100-200 y 200-356 m), como se puede observar en la Tabla 4-7.

El resultado de la calificación de los subfactores que conforman el factor geomorfología se presenta los mapas de la Figura 4-14.



Formas del terreno **Gradiente de pendientes** **Orientación del relieve**
Figura 4-14 Mapas de los subfactores
 A partir de los subfactores de geomorfología calificados, se ponderó con base en el modelo de la Figura 4-15.

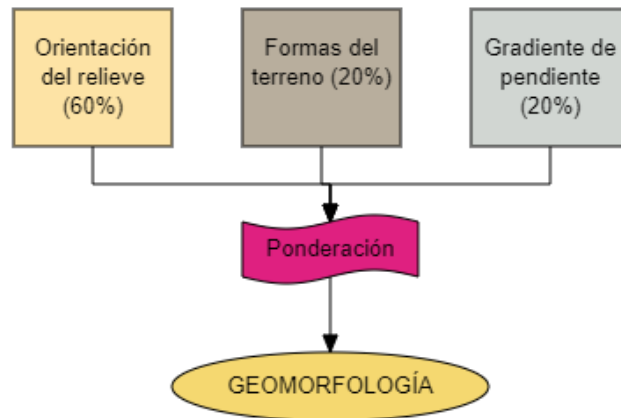


Figura 4-15 Modelo para la obtención del factor geomorfología.
 El mapa de geomorfología, resultado de la ponderación de los tres subfactores descritos con anterioridad, se presenta en la Figura 4-16.

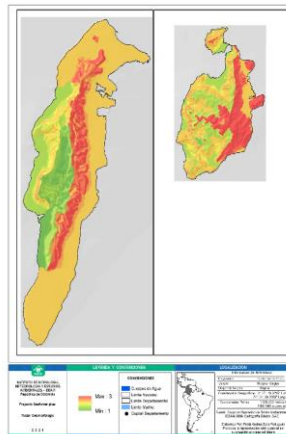


Figura 4-16 Mapa del factor geomorfología



4.4.1.4. Factor Ecosistemas

El factor ecosistemas está conformado únicamente por el subfactor bioma, el cual se calificó como se presenta en la Tabla 4-8.

Tabla 4-8 Calificación del subfactor biomas.

Bioma	Calificación
Zonobioma alternohigrico tropical	3
Halobioma	1

El zonobioma alternohigrico tropical corresponde a bosques del piso isomegatérmico en áreas con un período seco que puede prolongarse hasta por seis meses, tiempo durante el cual la mayoría de sus árboles pierden el follaje. En los meses restantes del año no se presenta déficit hídrico y las plantas reponen su follaje adquiriendo un aspecto similar al de una selva lluviosa siempre verde. Con base en las características que presenta este bioma, es calificado con 3.

Los halobiosomas son zonas con suelos anegados con influencia salina, que corresponde a las áreas de manglar que se encuentran en el Archipiélago. Teniendo en cuenta que corresponde a biomas con excesos de agua que se pueden ver limitados en su disponibilidad por los altos contenidos de sales, estos se califican como 1.

Teniendo en cuenta que el factor Ecosistemas está conformado solamente por el subfactor Biomas, no es necesario realizar ninguna ponderación. El mapa del factor ecosistemas se presenta en la Figura 4-17.

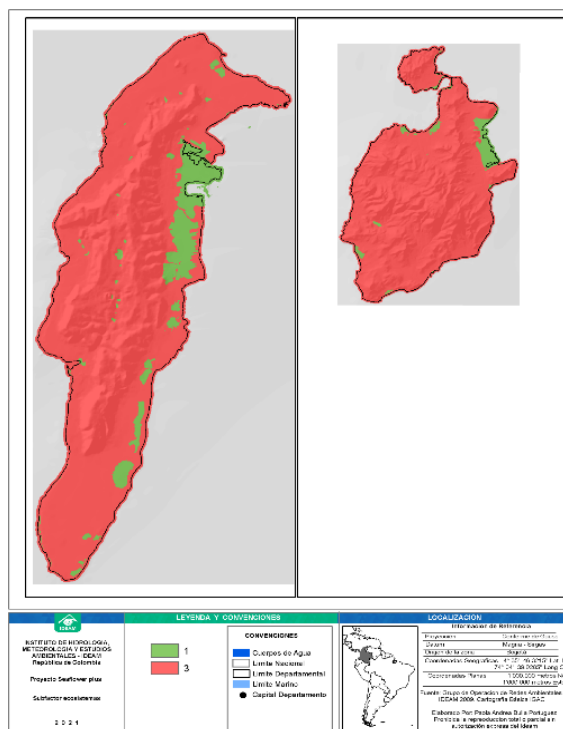


Figura 4-17 Mapa del factor ecosistemas.



4.4.1.5. Zonificación de las tierras subhúmedas secas y secas

El mapa de zonas subhúmedas secas y secas se generó a partir de la ponderación de los mapas de los cuatro factores mencionados antes, con base en el modelo de la Figura 4-18.

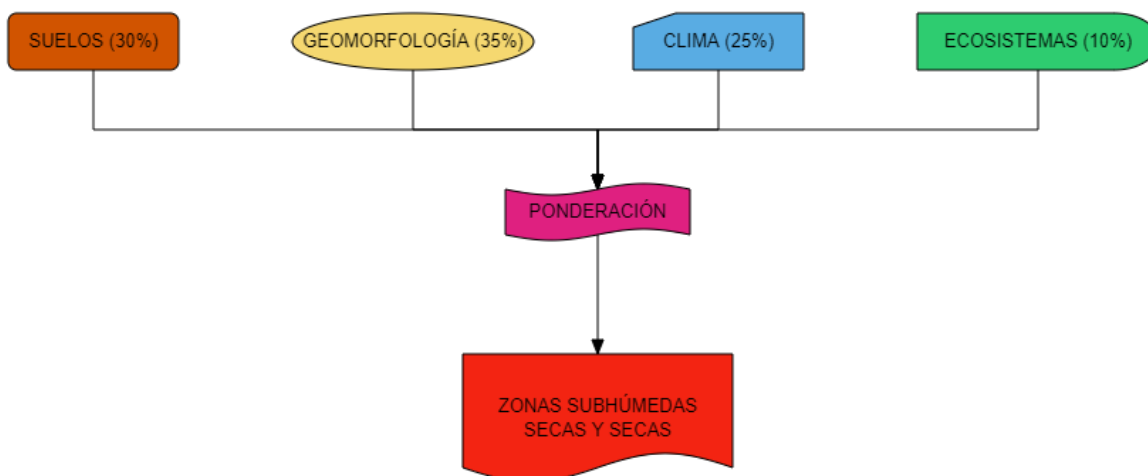


Figura 4-18 Modelo para la obtención de mapa de zonas subhúmedas secas y secas.

4.4.2. Zonificación de la susceptibilidad de la degradación de suelos por salinización.

Este modelo está estructurado por 5 factores (clima, suelos, geomorfología, cobertura y uso de la tierra y estado actual de los procesos de degradación) los factores corresponden a la estructura principal del modelo, los cuales se encuentran compuestos por 14 subfactores (Taxonomía, Condición de humedad, Propiedades químicas, Materia orgánica, profundidad efectiva, Índice de aridez, régimen de aridez, agresividad climática, morfometría, paisaje geomorfológico, degradación de suelos por erosión, degradación de suelos por salinización, uso actual del suelo y relación cobertura/MOS) y 14 variables biofísicas y socioeconómicas. Para el cálculo de la capa se abordó el modelo de manera jerárquica, procesando inicialmente las variables, las cuales provienen de información secundaria en su mayoría del IDEAM, con excepción de las siguientes variables: Índice de aridez anual, Numero de meses secos y el índice Fournier modificado, que fueron tomadas de Worldclim. Una vez se identificaron y especializaron las capas de las variables, se procedió a estandarizarlas asignándoles un valor de 1 a 5 (5: Muy alta, 4: Alta, 3: Media, 2: Baja y 1: Muy baja).

Con las categorías establecidas se realizó un álgebra de mapas, para esto se estableció un peso de cada variable con un modelo multicriterio de análisis jerárquico mediante matrices de comparación por pares las cuales fueron evaluadas con ayuda de expertos. Con los pesos establecidos se realizó la sobreposición de variables y se aproximaron los valores a enteros para calcular los subfactores, posteriormente se les realizó nuevamente un análisis multicriterio para identificar el peso de cada subfactor y se realizó la sobreposición para encontrar cada factor, una vez obtenidos los factores se realizaron revisiones generales apoyado por expertos y se procedió a realizar nuevamente un análisis multicriterio para establecer el peso de cada factor, se unificaron los factores y se obtuvo el índice de susceptibilidad.

Para la clasificación final de este índice, se evaluaron diferentes métodos del software ArcGis (Natural Breaks, Geometrical interval, Equal Interval y Quiantile) encontrando que el método de Equal Interval presentaba mejores resultados en todas las categorías. Estas conclusiones se



basaron en el conocimiento y experticia por parte de los profesionales consultados. Con las clasificaciones se asignaron las categorías correspondientes a cada rango y se procedió a cortar la capa a partir de mapa de "tierras áridas, muy secas, secas y subhúmedas secas".

Como métodos de evaluación y control de calidad temática, se realizaron reuniones con un equipo de expertos y con las observaciones realizadas se llevaron a cabo los ajustes requeridos y se realizaron 2 comisiones de campo en las cuales se hicieron recorridos de observación y toma de muestras de suelos y aguas. Con las observaciones en campo se ajustaron las delineaciones finales y se compartió de nuevo la capa a los expertos.

La zonificación de susceptibilidad a la degradación de suelos por desertificación fue elaborada a partir de un modelo conceptual que permite identificar la probabilidad de ocurrencia de la desertificación en cinco categorías: Muy baja, Baja, Media, Alta y Muy Alta. El modelo se diseñó a partir de factores, subfactores y variables, como se muestra en la Figura 4-19.

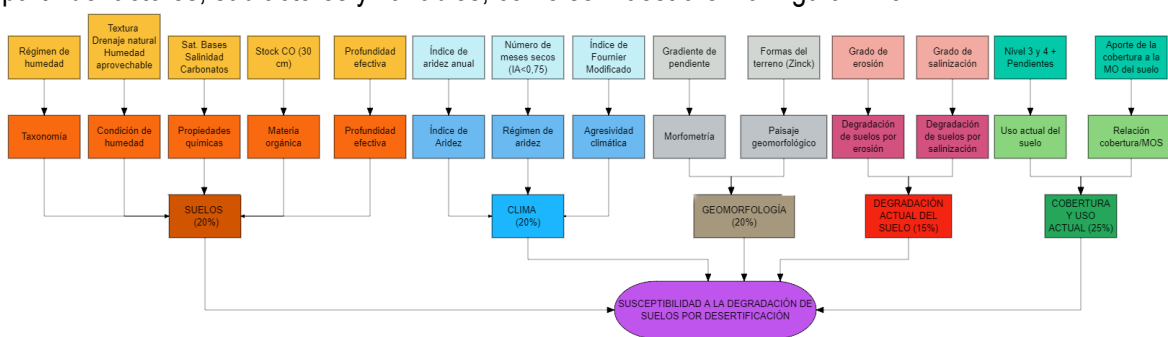


Figura 4-19 Modelo de Susceptibilidad a la degradación por desertificación para el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

En el nivel superior se encuentran las variables, las cuales alimentan el siguiente nivel que corresponde a los subfactores y, estos últimos conforman el último nivel o factores. De la conjugación de los factores a través de la ponderación se obtiene la zonificación de la susceptibilidad. De acuerdo con lo anterior, el modelo está conformado por 18 variables, 14 subfactores y 5 factores.

Cada una de las variables se calificó de 1 a 5, con base la probabilidad de esta de contribuir al desarrollo de procesos de desertificación.

Tabla 4-9 Categorías y calificación para las variables en el modelo de susceptibilidad

Categoría	Calificación
Muy Alta	5
Alta	4
Media	3
Baja	2
Muy Baja	1

A continuación, se describe para cada factor, la calificación de variables, el proceso cartográfico para definir los subfactores y el modelo para determinar cada factor.





4.4.2.1. Factor suelos

Este factor está conformado por los subfactores taxonomía, condición de humedad, propiedades químicas, materia orgánica y profundidad efectiva. Cada subfactor cuenta con uno o más variables como se aprecia en el modelo de la Figura 4-20.

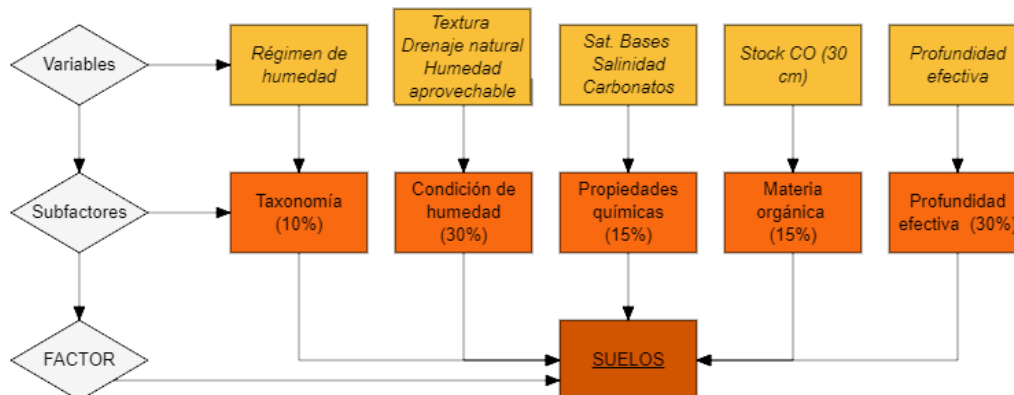


Figura 4-20 Modelo para la determinación del factor suelos dentro del modelo de susceptibilidad a la degradación de suelos por desertificación

Subfactor taxonomía

El subfactor taxonomía está conformado por la variable régimen de humedad, la cual se deriva de los nombres de los suelos y las unidades de suelos del Estudio Detallado de Suelos del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, escala 1:5.000 (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2001). En la Tabla 4-10 se muestra la calificación de los distintos regímenes de humedad de acuerdo con susceptibilidad a la desertificación.

Tabla 4-10 Calificación de los regímenes de humedad para el modelo de susceptibilidad.

Régimen de humedad	Susceptibilidad
Árido	5
Ústico	4
Údico	3
Ácuico	2
Perúdico Perácuico	1

Como el subfactor taxonomía está conformado únicamente por la variable régimen de humedad, no se hace necesario la ponderación. El mapa para este subfactor se presenta en la Figura 4-21.



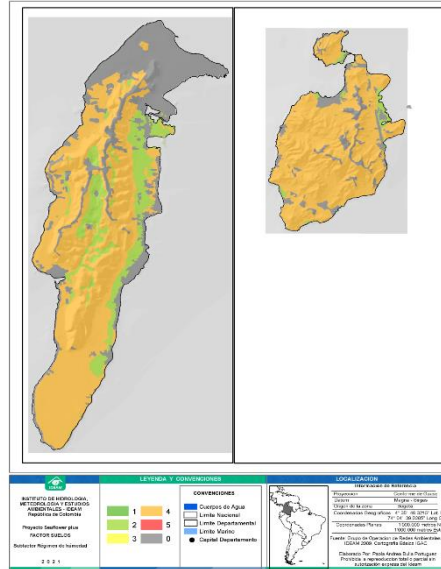


Figura 4-21 Mapa del subfactor taxonomía.

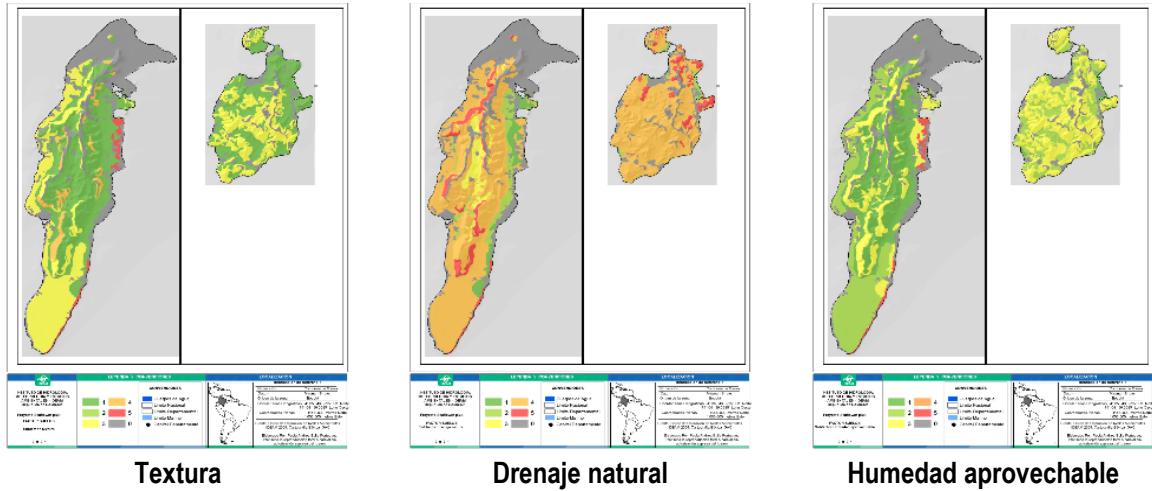
Subfactor Condición de humedad

Este subfactor está conformado por las variables textura, drenaje natural y humedad aprovechable. La calificación de susceptibilidad para estas tres variables se presenta en la Tabla 4-11.

Tabla 4-11 Calificación de susceptibilidad para las variables del subfactor condición de humedad.

Textura	Drenaje	Humedad aprovechable (%)	Susceptibilidad
Gruesas	Excesivo	<5	5
Moderadamente gruesas	Bueno, moderado	≥5<10	4
Medias	Imperfecto	≥10<15	3
Finas	Pobre	≥15<20	2
Muy finas	Muy pobre	≥20	1

Los mapas de cada una de estas variables se presentan en la Figura 4-22.



Los mapas que se presentan en la Figura 4-22 fueron ponderado de acuerdo con lo establecido en el modelo de la Figura 4-23.

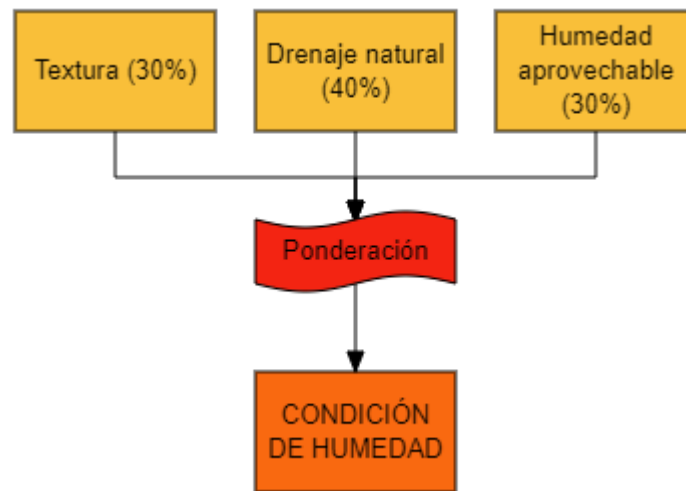


Figura 4-23 Modelo para la obtención del subfactor condición de humedad

Una vez ponderadas las variables textura, drenaje natural y humedad aprovechable, de acuerdo con el modelo de la Figura 4-23, se obtiene el mapa del subfactor condición de humedad que se presenta en la Figura 4-24.

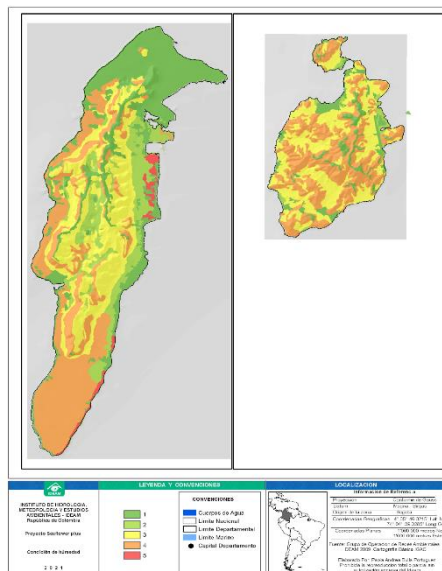


Figura 4-24 Mapa del subfactor condición de humedad.

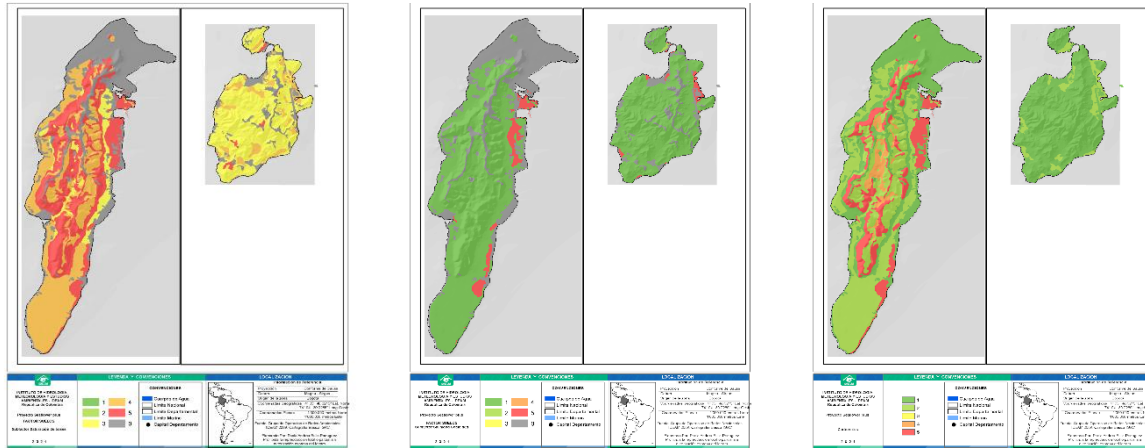
Subfactor propiedades químicas

El subfactor propiedades químicas está conformado por las variables saturación de bases, salinidad y sodicidad y la calificación cualitativa para carbonatos. La calificación de susceptibilidad para estas tres variables se presenta en la Tabla 4-12.

Tabla 4-12 Calificación de susceptibilidad para las variables del subfactor propiedades químicas.

Sat. Bases (%)	Conductividad Eléctrica (dS/m)	Carbonatos	Susceptibilidad
≥100	≥16	Muy alto	5
≥75<100	≥8 <16	Alto	4
≥50<75	≥4 <8	Medio	3
≥25<50	≥2 <4	Bajo	2
<25	<2	Muy bajo	1

Los mapas de cada una de estas variables calificadas se presentan en la Figura 4-25.



saturación de bases

salinidad

carbonatos

Figura 4-25 Mapas de las variables del subfactor propiedades químicas.

Los mapas que se presentan en la Figura 4-25 fueron ponderado de acuerdo con lo establecido en el modelo de la Figura 4-26.

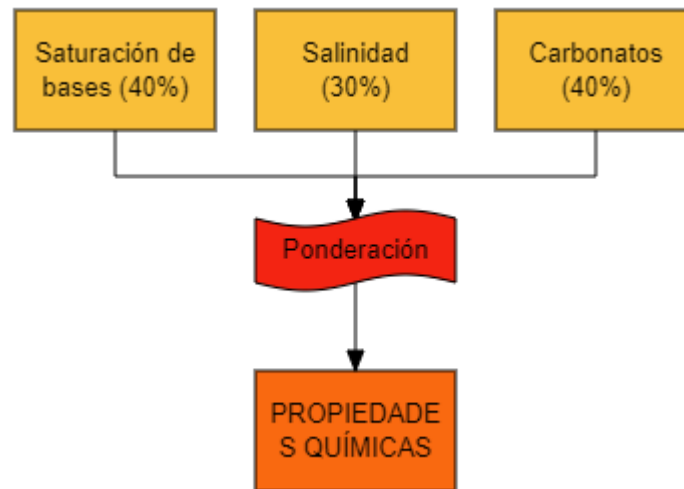


Figura 4-26 Modelo para la obtención del subfactor propiedades químicas.

Una vez ponderadas las variables saturación de bases, salinidad y carbonatos, de acuerdo con el modelo de la Figura 4-26, se obtiene el mapa del subfactor propiedades químicas que se presenta en la Figura 4-27.

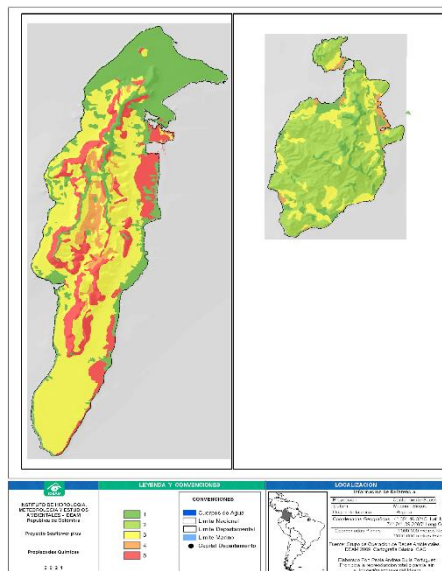


Figura 4-27 Mapa del subfactor propiedades químicas

Subfactor materia orgánica

El subfactor materia orgánica está integrado por la variable Stock de carbono orgánico. La calificación de susceptibilidad para esta variable se presenta en la Tabla 4-13.

Tabla 4-13 Calificación de susceptibilidad para la variable stock de carbono orgánico.

Stock CO (t/ha)	Susceptibilidad
<30	5
≥30<60	4
≥60<90	3
≥90<180	2
≥180	1

El Stock de carbono orgánico se calculó a partir de la información de los perfiles modales que conforman las unidades cartográficas del Estudio Detallado de Suelos del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. El cálculo se realizó a una profundidad de 30 cm y se usó el contenido de carbono orgánico (%CO), la profundidad y la densidad aparente (DA en t/m³). Para los suelos que no contaban con dato de densidad aparente, esta fue calculada a través de la aplicación Soil Water Characteristics, versión 6.02.74, desarrollada a partir de los modelos de Saxton & Rawls (2006).

El stock de carbono orgánico se calculó con base en la siguiente fórmula:

$$Stock\ CO \left(\frac{t}{ha} \right) = \%CO * DA \left(\frac{t}{m^3} \right) * Profundidad\ (cm)$$





Teniendo en cuenta que el subfactor materia orgánica está conformado únicamente por la variable Stock de carbono orgánico, no se requiere ningún procedimiento adicional para la generación del mapa de este subfactor, el cual se presenta en la Figura 4-28.

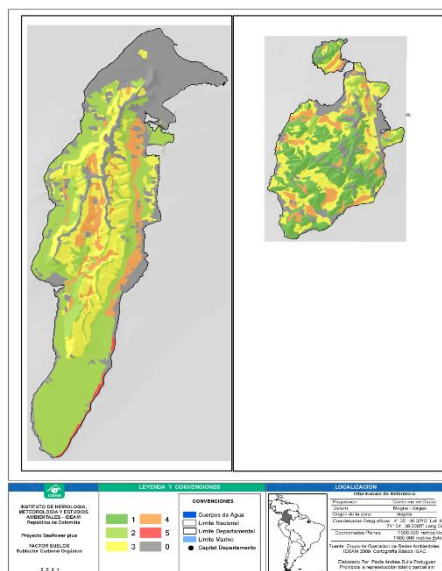


Figura 4-28 Mapa del subfactor materia orgánica

Subfactor profundidad efectiva

El subfactor profundidad efectiva está integrado por la variable profundidad efectiva del suelo. La calificación de susceptibilidad para esta variable se presenta en la Tabla 4-14.

Tabla 4-14 Calificación de susceptibilidad para la variable profundidad efectiva.

Profundidad efectiva (cm)	Susceptibilidad
0-25	5
25-50	4
50-100	3
100-150	2
>150	1

La información de la profundidad efectiva se derivó de los perfiles modales que conforman las unidades cartográficas del Estudio Detallado de Suelos del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

El mapa de la variable profundidad efectiva del suelo corresponde al mismo mapa del subfactor que lleva el mismo nombre, el cual se presenta en la Figura 4-29.

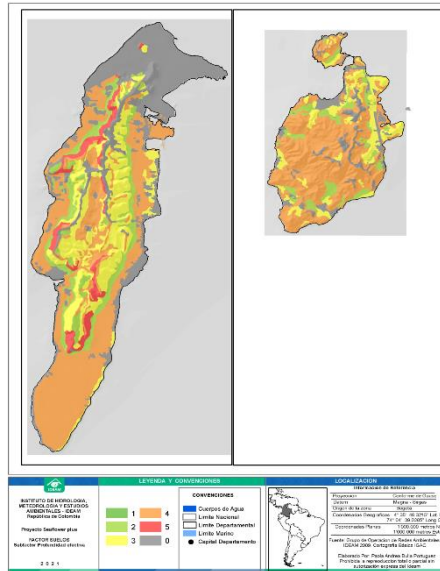


Figura 4-29 Mapa del subfactor profundidad efectiva.

El mapa del factor suelos se obtiene a partir de la ponderación de los diferentes subfactores que lo integran y con los pesos definidos para cada uno, como se muestra en el modelo de la Figura 4-20. El resultado de la aplicación de este modelo se muestra en la Figura 4-30.

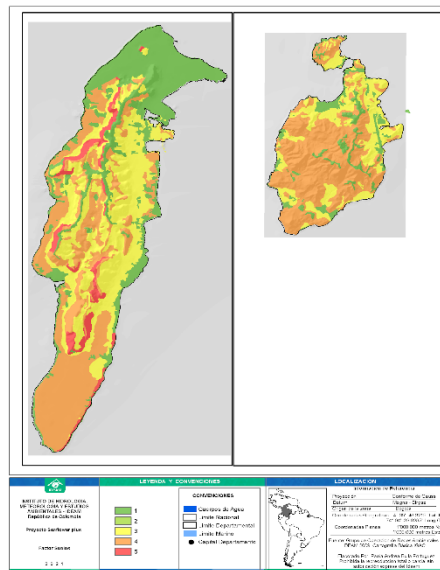


Figura 4-30 Mapa del factor suelos para el modelo de susceptibilidad

4.4.2.2. Factor Clima

El factor clima está conformado por tres subfactores: índice de aridez, régimen de aridez y agresividad climática. A cada uno de estos subfactores los integra una variable, como se muestra en el modelo de la Figura 4-31.

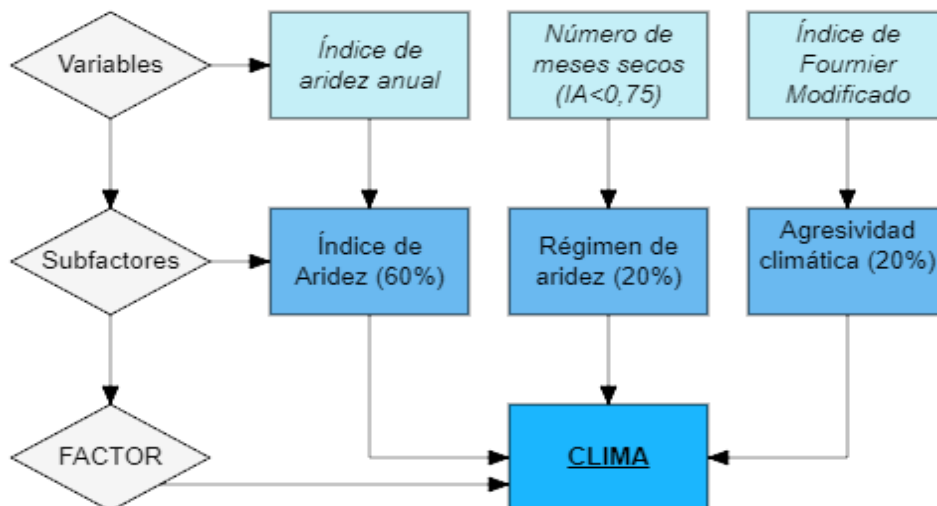


Figura 4-31 Modelo para la determinación del factor clima dentro del modelo de susceptibilidad a la degradación de suelos por desertificación.

Subfactor Índice de Aridez

El subfactor índice de aridez está conformado por la variable índice de aridez anual, la cual se calculó a partir del promedio de los mapas que se presentan en la Figura 4-31. Una vez se obtiene este mapa es calificado para susceptibilidad con base en la Tabla 4-15 .

Tabla 4-15 Calificación de susceptibilidad para la variable índice de aridez anual.

Índice de Aridez Anual	Susceptibilidad
< 0,65	5
≥ 0,65 < 0,75	4
≥ 0,75 < 1	3
≥ 1 < 2	2
≥ 2	1

Subfactor régimen de aridez

El subfactor régimen de aridez está integrado por la variable número de meses con índice de aridez menor a 0,75; en la Tabla 4-16 se presentan los rangos de número de meses, su denominación y su calificación para susceptibilidad.

Los rangos de número de meses con IA < 0,75 y las denominaciones de régimen de aridez fueron adoptadas de Verbist *et al* (2010).



Tabla 4-16 Calificación de susceptibilidad para la variable número de meses secos con índice de aridez menor a 0,75.

Número de meses con IA < 0.75	Régimen de Aridez	Susceptibilidad
11-12	Hiperárido	5
9-10	Árido	4
7-8	Semiárido	4
5-6	Subhúmedo	3
3-4	Húmedo	2
1-3	Hiperhúmedo	1

Agresividad climática

El subfactor agresividad climática está conformado por la variable Índice de Fournier Modificado (IFM). Este índice se calculó a partir de la siguiente fórmula:

$$IFM = \sum_{i=1}^{12} \frac{P_i^2}{P_a}$$

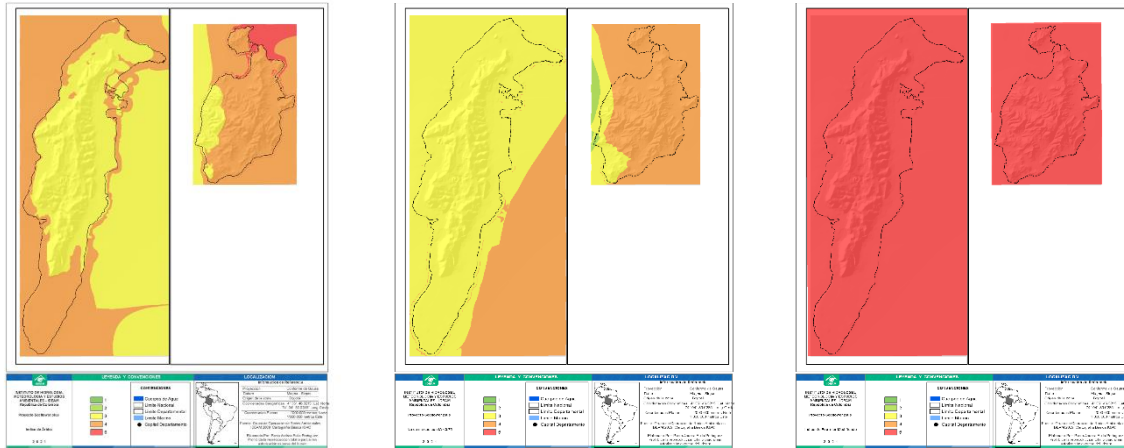
Donde P_i es el dato de precipitación mensual y P_a corresponde al dato de precipitación anual.

Una vez se calculó este índice, se calificó para susceptibilidad, como se puede ver en la Tabla 4-17.

Tabla 4-17 Calificación de susceptibilidad para la variable Índice de Fournier Modificado.

IFM	Agresividad Climática	Susceptibilidad
>160	Muy alta	5
120 - 160	Alta	4
90 - 120	Moderada	3
60 - 90	Baja	2
0-60	Muy baja	1

Teniendo en cuenta que los subfactores Índice de Aridez, régimen de aridez y agresividad climática están conformados por una única variable, lo que implica no desarrollar ningún proceso cartográfico adicional para llegar a cada subfactor, en la Figura 4-32 se presentan los mapas de los tres subfactores ya mencionados.



Índice de Aridez

Régimen de aridez

Agresividad climática

Figura 4-32 Mapas de los subfactores del factor clima

El mapa del factor clima se obtiene a partir de la ponderación de los diferentes subfactores que lo integran y con los pesos definidos para cada uno, como se muestra en el modelo de la Figura 4-31. El resultado de la aplicación de este modelo se muestra en la Figura 4-33.

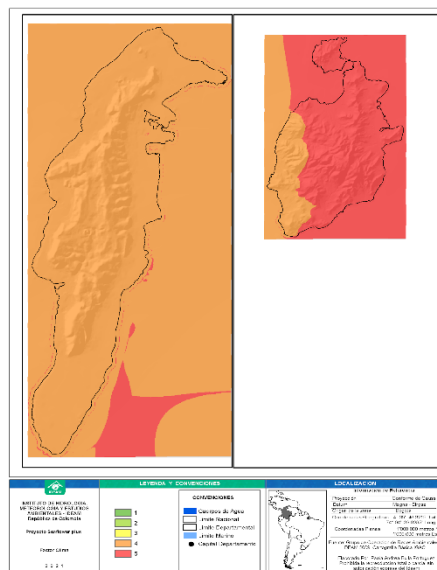


Figura 4-33 Mapa del factor clima para el modelo de susceptibilidad

4.4.2.3. Factor geomorfología

El factor geomorfología está conformado por dos subfactores: morfometría y paisaje geomorfológico, de acuerdo con lo propuesto por Zinck (2012). A cada uno de estos subfactores los integra una variable; para el caso del subfactor morfometría, la variable que lo integra es el gradiente de pendiente y, para el subfactor paisaje geomorfológico, la variable que lo conforma es la forma del terreno, tal como se muestra en el modelo de la Figura 4-34.

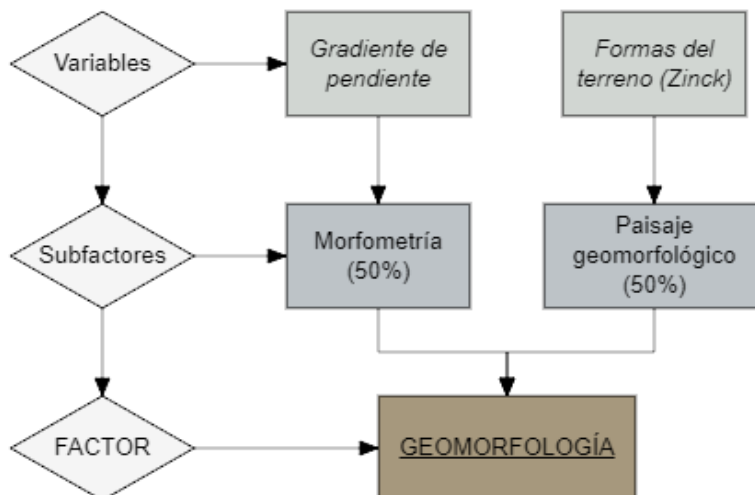


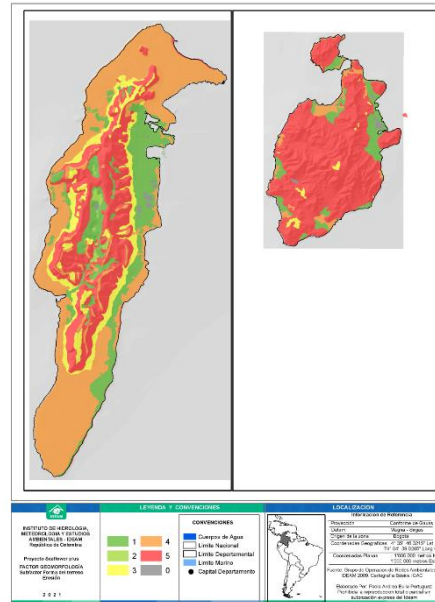
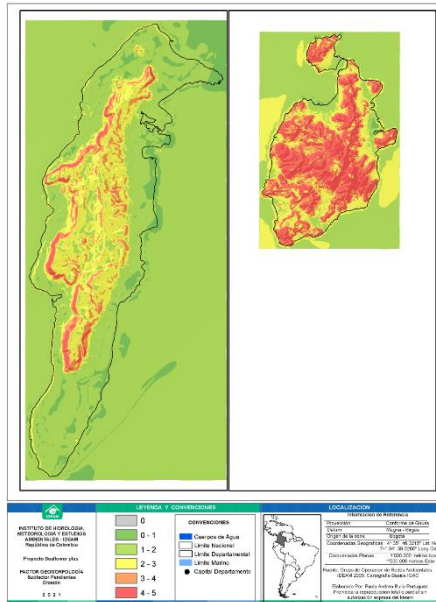
Figura 4-34 Modelo para la determinación del factor geomorfología dentro del modelo de susceptibilidad a la degradación de suelos por desertificación.

En la Tabla 4-18 se presenta la calificación de susceptibilidad para las variables gradiente de pendiente y forma del terreno.

Tabla 4-18 Calificación de susceptibilidad para las variables gradiente de pendiente y formas del terreno.

Gradiente de pendiente (%)	Formas del terreno	Susceptibilidad
<0,2 ≥0,2<2	Marismas, Bajos, Plano de Terraza, Planos, Planos de Acumulación	1
≥2<5 ≥5<13	Dolinas	2
≥13<20 ≥20<35	Parte proximal, Cimas, Rellanos y Resaltos	3
≥35<60	Hombros, Planos de abrasión	4
≥60<90 ≥90	Laderas, Escarpes, Playas	5

Los rangos de pendiente propuestos fueron adoptados de Costantini (2009). Teniendo en cuenta que los factores morfometría y paisaje geomorfológico están integrados por una única variable, en la Figura 4-35 se presentan los mapas respectivos, teniendo en cuenta que para llegar a este resultado no se requiere ningún modelo cartográfico adicional.



Subfactores morfometría

Paisaje geomorfológico

Figura 4-35 Mapas de los subfactores del factor geomorfológico.

El mapa del factor geomorfología se obtiene a partir de la ponderación de los dos subfactores subfactores que lo integran y con los pesos definidos para cada uno, como se muestra en el modelo de la Figura 4-34. El resultado de la aplicación de este modelo se muestra en el mapa de la Figura 4-36.

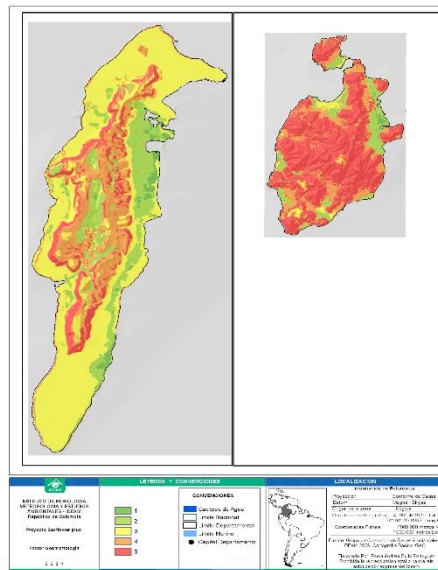


Figura 4-36 Mapa del factor geomorfología para el modelo de susceptibilidad.

4.4.2.4. Factor degradación actual del suelo

El factor degradación actual del suelo está conformado por los subfactores degradación de suelos por erosión y salinización; las variables que integran estos subfactores corresponden a los grados de erosión y salinización, respectivamente, tal como se puede ver en el modelo de la Figura 4-37. La



información sobre degradación actual del suelo se deriva de los estudios nacionales de degradación de suelos por erosión y salinización en Colombia, desarrollado por el IDEAM (IDEAM, 2015, 2019).

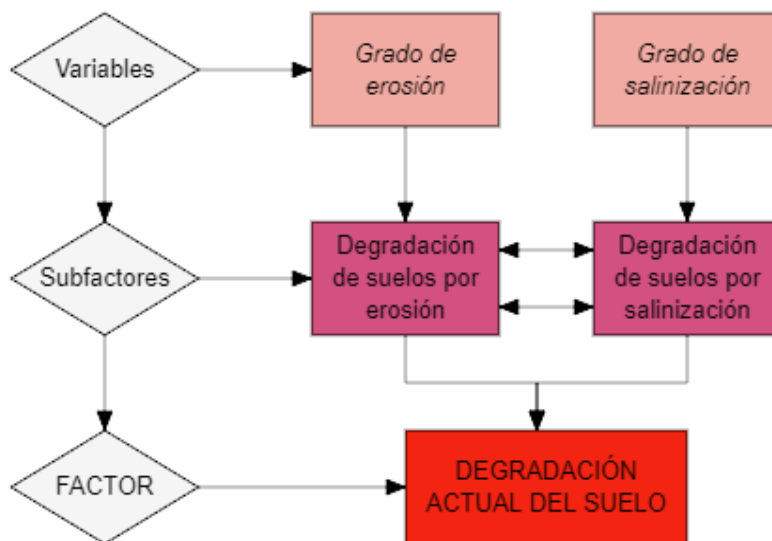


Figura 4-37 Modelo para la determinación del factor degradación actual del suelo dentro del modelo de susceptibilidad a la degradación de suelos por desertificación.

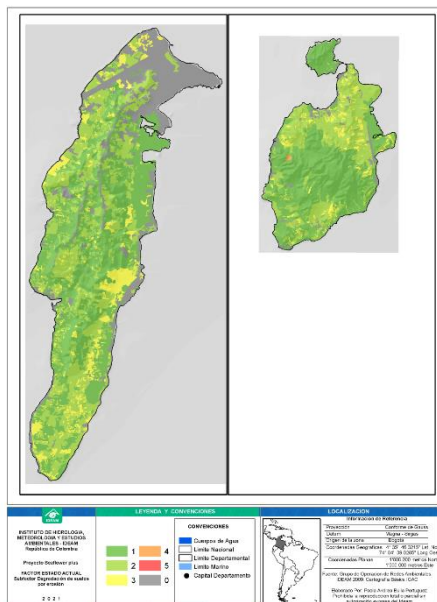
En la Tabla 4-19 se presenta la calificación de susceptibilidad para las variables grado de erosión y grado de salinización.

Tabla 4-19 Calificación de susceptibilidad para las variables grado de erosión y grado de salinización.

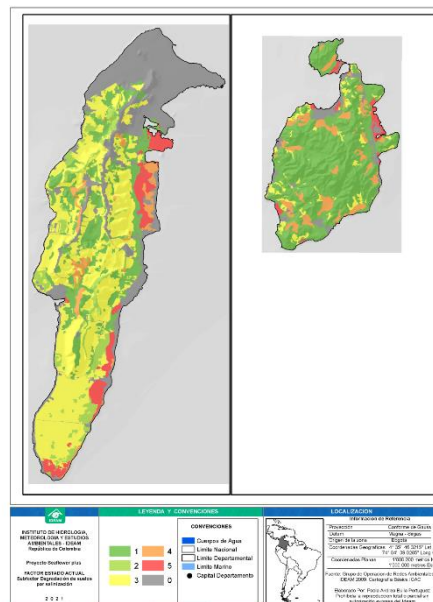
Grado de erosión	Grado de salinización	Susceptibilidad
Muy severo	Muy severo	5
Severo	Severo	4
Moderada	Moderada	3
Ligera	Ligera	2
Sin evidencia	Muy ligera	1

Teniendo en cuenta que los subfactores degradación de suelos por erosión y salinización están integrados por una sola variable que corresponde a sus respectivos grados, los mapas para estos subfactores se presentan en la Figura 42.





Degradación de suelos por erosión



Degradación de suelos por salinización

Figura 4-38 Mapas de los subfactores del factor degradación actual del suelo

Con el propósito de no enmascarar la susceptibilidad en las zonas donde los grados de erosión y salinización son opuestos, el mapa del factor degradación actual del suelo se obtuvo a partir de una matriz de decisión que se presenta en la Tabla 4-20.

Tabla 4-20 Matriz de decisión entre los grados de erosión y salinización para el factor degradación actual del suelo.

Grado de erosión ->	Muy severo	Severo	Moderado	Ligero	Sin erosión
Grado de salinización					
Muy severo	Muy severo	Muy severo	Muy severo	Muy severo	Muy severo
Severo	Muy severo	Severo	Severo	Severo	Severo
Moderado	Muy severo	Severo	Moderado	Moderado	Moderado
Ligero	Muy severo	Severo	Moderado	Ligero	Ligero
Sin salinización	Muy severo	Severo	Moderado	Ligero	Sin erosión/Sin salinización

Con la aplicación de este criterio se obtiene el mapa de la Figura 4-39 .



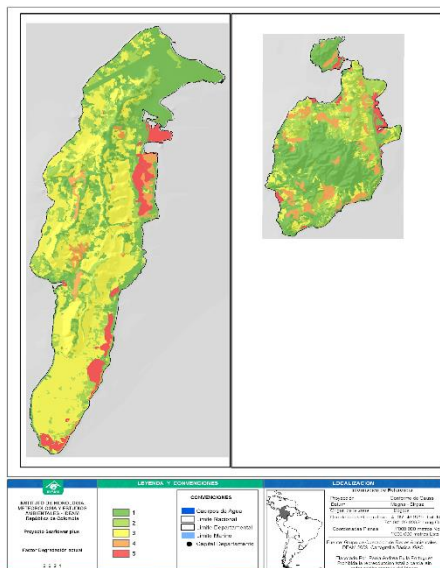


Figura 4-39 Mapa del factor degradación actual del suelo para el modelo de susceptibilidad.

4.4.2.5. Factor cobertura y uso actual del suelo

El factor cobertura y uso actual del suelo está conformado por los subfactores uso actual del suelo y relación cobertura/Materia orgánica del suelo (MOS). El uso actual del suelo corresponde a una interpretación de los usos del suelo y prácticas de manejo a partir del mapa de Cobertura de la Tierra Metodología CORINE Land Cover Archipiélago de San Andres, Providencia y Santa Catalina, escala 1:5000, con validación de campo. El subfactor relación cobertura/MOS corresponde a una interpretación de la calidad de material orgánico aportado por las coberturas al suelo y se estima a partir de la interpretación propuesta por Peralta & Di Paolo (2020). En la Figura 4-40 se presenta el modelo para determinar el factor cobertura y uso actual del suelo.

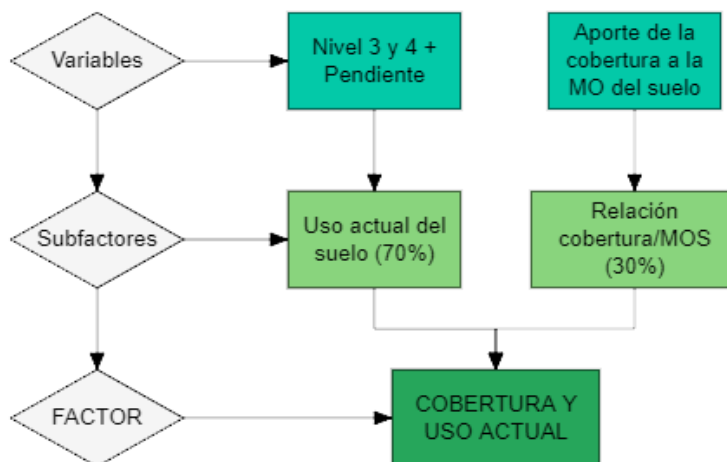


Figura 4-40 Modelo para la determinación del factor cobertura y actual del suelo dentro del modelo de susceptibilidad a la degradación de suelos por desertificación.



Subfactor uso actual del suelo

El subfactor uso actual del suelo está conformado por la variable nivel 3 y 4 de la leyenda de uso actual del suelo con ajuste a partir de las pendientes derivadas del Modelo digital de elevación. Los usos con mayor intensidad y desarrolladas en pendientes más inclinadas fueron calificadas con mayor susceptibilidad frente a usos de menor intensidad o dedicados a la protección y conservación de los recursos naturales, que fueron calificadas con susceptibilidades más bajas.

Subfactor relación cobertura/MOS

El subfactor relación cobertura/MOS está conformado por la variable aporte de la cobertura a la materia orgánica del suelo, estimada a partir de la relación entre material vegetal descomponible (Descomposable Plant Material (DPM)) y el material vegetal resistente (Resistant Plant Material (RPM)), estimada para distintos tipos de coberturas por Peralta & Di Paolo (2020).

En la Tabla 4-21 se presenta la calificación de susceptibilidad de la variable aporte de la cobertura a la materia orgánica del suelo para cada una de las coberturas vegetales identificadas en el mapa de Cobertura de la Tierra Metodología CORINE Land Cover Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, escala 1:5000, al cual se asoció un dato de DPM/RPM.

Tabla 4-21 Calificación de susceptibilidad a la relación DPM/RPM o aporte de la cobertura a la materia orgánica del suelo.

Cobertura	DPM/RPM	Susceptibilidad
Pastos limpios Mosaico de pastos y cultivos	1,44	4
Arbustales Mosaico de cultivos con espacios naturales Mosaico de pastos con espacios naturales Mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales Pastos enmalezados Zonas verdes urbanas	0,67 0,845 1 1,1	3
Bosque denso alto inundable Bosque denso bajo Vegetación secundaria baja y alta	0,25 0,46	1

El resultado de la calificación de susceptibilidad del mapa de uso y aporte de la cobertura a la materia orgánica del suelo se presentan en los mapas de la Figura 4-41.



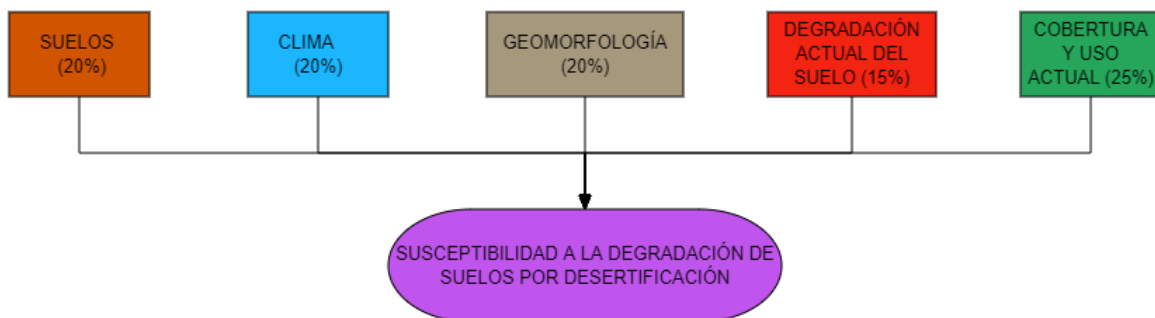


Figura 4-43 Modelo para la obtención de mapa de zonificación de susceptibilidad a la degradación de suelos por desertificación.

4.4.3. Zonificación de la degradación de suelos por desertificación

La capa de zonificación de degradación de suelos por desertificación, fue elaborada a partir de un modelo conceptual que permite determinar el grado de degradación por desertificación a partir del análisis sinérgico de cinco procesos de degradación de suelos: Erosión, Salinización, Compactación, pérdida de la materia orgánica y sellamiento.

El modelo se diseñó a partir de matrices de evaluación progresivas para conservar una lógica de unión de capas, cada variable fue clasificada en 5 categorías representadas con un valor numérico, con el fin de facilitar el proceso cartográfico (1: Sin el proceso de degradación, 2: ligero: 3 Moderado: 4 Severo: 5 Muy severo).

Para cada proceso de degradación se surtió una metodología independiente que tuvo en cuenta el análisis de información secundaria como el Estudio detallado de Suelos del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, escala 1:5.000 IGAC (2001), Protocolo para la identificación y análisis de la degradación de suelos por erosión. IDEAM (2015), Protocolo para la identificación y análisis de la degradación de suelos por salinización. IDEAM (2019) y el mapa de Uso de suelo, IDEAM (2021) y el resultado de los análisis de laboratorio de las muestras de campo levantadas en 2015, 2017 y 2021.

Los procesos se evaluaron por medio de matriz de evaluación progresiva teniendo en cuenta pares de procesos de degradación físicos (Erosión y Compactación), Químicos (Salinización) y biológicos (Pérdida de la materia orgánica del suelo) una vez evaluados los anteriores procesos se incorporó el indicador de severidad del mapa de sellamiento (grados severo y muy severo). Como procesos finales de validación se tuvieron en cuenta el concepto de expertos, validación con las observaciones de campo y validaciones cartográficas de calidad topológica, los cuales se explican a continuación:

Ajuste con cuerpos de agua y afloramientos rocosos: Se interceptó la capa con cuerpos de agua y zonas urbanas interpretadas en el mapa de coberturas de la tierra IDEAM (2021), las cuales corresponden a unidades de “no suelo”, esto con el fin de garantizar que no se presentaran categorías de degradación sobre algún cuerpo de agua o afloramientos rocosos.

Para la elaboración del mapa de degradación actual de suelos por desertificación se desarrolló un modelo que está conformado por cinco procesos individuales de degradación: Erosión, Salinización, Compactación, Pérdida de la materia orgánica y Sellamiento, de acuerdo con el esquema de la Figura 4-44.

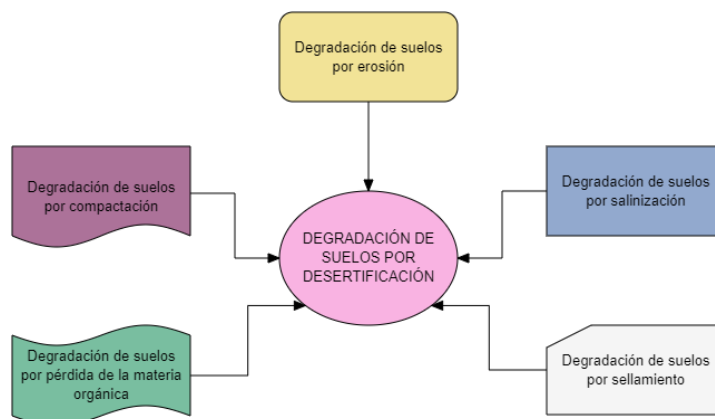


Figura 4-44 Procesos de degradación de suelos del modelo de degradación de suelos por desertificación.

4.4.3.1. Degradación de suelos por erosión

Para la consolidación del mapa de degradación de suelos por desertificación se realizó una actualización del mapa de degradación de suelos por erosión construido en el año 2015 (IDEAM, 2015). Para este proceso se actualizaron los polígonos definidos en el año 2015 con imágenes de satélite WORLDVIEW 2 y 3, 4 con bandas espectrales (azul, verde, rojo e infrarrojo cercano) y temporalidad diciembre de 2020 a agosto del 2021.

Para la actualización del mapa de degradación de suelos por erosión en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina se aplicó el Protocolo para la identificación y análisis de la degradación de suelos por erosión (IDEAM, 2015)

4.4.3.2. Degradación de suelos por salinización

Para la consolidación del mapa de degradación de suelos por desertificación se realizó una actualización del mapa de degradación de suelos por salinización del Archipiélago construido en el año 2017 (IDEAM, 2019).

Para esto se realizó llevó a cabo de nuevo la clasificación del tipo, clase, subclase y grado con base en lo definido por el Protocolo para la identificación y análisis de la degradación de suelos por salinización (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2019).

La calificación de la clase, subclase y el grado se realizó con base en los resultados de análisis de laboratorio de las campañas de campo adelantados en el año 2015, 2017 y 2021, está última en el marco de la Expedición Seaflower Plus 2021, que se puede consultar en el Anexo D.

4.4.3.3. Degradación de suelos por compactación

El mapa de degradación de suelos por compactación se construyó a partir de los datos de resistencia a la penetración recolectados durante el trabajo de campo y algunas variables físicas resultado de los análisis de laboratorio y de los perfiles modales del Estudio Detallado de Suelos del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

La clasificación de la degradación de suelos por compactación sigue la estructura jerárquica de Tipo, Clase y Grado.



El Tipo de compactación tiene como criterio para su definición el origen de este proceso, que puede deberse actividades antrópicas (uso del suelo), condiciones naturales (altos contenidos de arcilla y coberturas naturales) y mixto.

La clase de compactación tiene como criterio las prácticas de uso que causan la compactación del suelo, como la labranza, el tipo de pastoreo, entre otros, según lo definido en el Mapa de uso de suelo (IDEAM, 2022).

El grado de compactación indica el nivel en el que el suelo se encuentra compactado; dicho nivel de compactación está definida por las variables resistencia a la penetración, porosidad, densidad aparente y contenido de arcilla.

A continuación, en la Tabla 4-22 se definen las variables y rangos de las variables para la calificación del grado de compactación.

Tabla 4-22 Variables y rangos de las variables para la calificación del grado de compactación.

Variables	Rango	Calificación
Resistencia a la penetración (Kg/cm ²) Porosidad (%) Densidad aparente - DA (t/m ³) Contenido de arcilla (%) + DA	≥ 3,6 Kg/cm ² ≤ 31% ≥ 1,7 t/m ³ ≥ 60% y ≥ 1,5 t/m ³	Muy Severo
Resistencia a la penetración (Kg/cm ²) Porosidad (%) Densidad aparente - DA (t/m ³) Contenido de arcilla (%) + DA	≥ 2,7 < 3,6 Kg/cm ² > 31 ≤ 40% ≥ 1,5 < 1,7 t/m ³ ≥ 40 < 60% y ≥ 1,5 t/m ³	Severo
Resistencia a la penetración (Kg/cm ²) Porosidad (%) Densidad aparente - DA (t/m ³) Contenido de arcilla (%) + DA	≥ 1,8 < 2,7 Kg/cm ² > 40 ≤ 45% ≥ 1,2 < 1,5 t/m ³ ≥ 40 < 60% y ≥ 1,2 < 1,5 t/m ³	Moderado
Resistencia a la penetración (Kg/cm ²) Porosidad (%) Densidad aparente - DA (t/m ³)	≥ 0,9 < 1,8 Kg/cm ² > 45 ≤ 55% ≥ 1,0 < 1,2 t/m ³	Ligero
Resistencia a la penetración (Kg/cm ²) Porosidad (%) Densidad aparente - DA (t/m ³)	< 0,9 Kg/cm ² > 55% < 1,0 t/m ³	Sin compactación

4.4.3.4. Degradación de suelos por pérdida de la materia orgánica

El mapa de degradación de suelos por pérdida de la materia orgánica se construyó a partir de los datos de materia orgánica de los resultados de laboratorio de las muestras recolectadas durante los trabajos de campo de 2015, 2017 y 2021 realizados en el Archipiélago y los datos de materia orgánica de los perfiles modales del Estudio Detallado de Suelos del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

A partir de los datos de materia orgánica de los perfiles modales se calculó el contenido de materia orgánica inicial (MO inicial) en los primeros 30 cm del suelo a partir de la siguiente fórmula:

$$MO\ inicial\ \left(\frac{t}{ha}\right) = \%MO * DA\ \left(\frac{t}{m^3}\right) * Profundidad\ (cm)$$



A partir de los datos de materia orgánica de las muestras recolectadas durante los distintos trabajos de campo se calculó el contenido de materia orgánica actual (MO actual), también en los primeros 30 cm del suelo a partir de la siguiente fórmula:

$$MO\ actual\ \left(\frac{t}{ha}\right) = \%MO * DA\ \left(\frac{t}{m^3}\right) * Profundidad\ (cm)$$

La pérdida de la materia orgánica (ΔMO) se determinó como la diferencia entre la materia orgánica inicial (MO inicial) y la materia orgánica actual (MO actual) a partir de la siguiente fórmula:

$$\Delta MO\ \left(\frac{t}{ha}\right) = MO\ inicial - MO\ actual$$

La clasificación de la degradación de suelos por pérdida de la materia orgánica sigue la estructura de Tipo, Clase y Grado.

El Tipo de pérdida de la materia orgánica tiene como criterio para su definición el origen de este proceso, que puede deberse a actividades antrópicas (uso del suelo), condiciones naturales (altos contenidos de arcilla y coberturas naturales) y mixto.

La clase de pérdida de la materia orgánica tiene como criterio las prácticas de uso que causan la compactación del suelo, como la labranza, el tipo de pastoreo, entre otros, según lo definido en el Mapa de uso de suelo (IDEAM, 2022).

El grado de pérdida de la materia orgánica indica la cantidad de materia orgánica que ha perdido el suelo; dicha pérdida de materia orgánica está definida la variable $\Delta MO\ \left(\frac{t}{ha}\right)$.

En la Tabla 4-23 se definen las variables y rangos de las variables para la calificación del grado de pérdida de materia orgánica.

Tabla 4-23 Variables y rangos de las variables para la calificación del grado de pérdida de materia orgánica.

Variables	Rango	Calificación
$\Delta MO\ \left(\frac{t}{ha}\right)$	> 600	Muy Severo
	> 400 ≤ 600	Severo
	>200 ≤ 400	Moderado
	> 0 ≤ 200	Ligero
	≤ 0 t/ha	Sin pérdida de la materia orgánica

4.4.3.5. Degradación de suelos por sellamiento

El mapa de degradación de suelos por sellamiento se construyó a partir de la interpretación la leyenda del mapa de Cobertura de la Tierra Metodología CORINE Land Cover Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, escala 1:5000, actualizado a 2021, en el cual se usó todo el nivel de territorios artificializados.

La clasificación de la degradación de suelos por sellamiento sigue la estructura de Tipo, Clase y Grado.



El tipo de sellamiento tiene como criterio el origen del sellamiento, puede ser antrópico cuando corresponde a actividades de construcción de infraestructura y natural, cuando corresponde a eventos de vulcanismo o movimientos en masa.

La clase de sellamiento tiene como criterio el agente de sellamiento y su continuidad. Las clases de sellamiento encontradas en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina se resumen en la Tabla 4-24.

Tabla 4-24 Clase de degradación de suelos por sellamiento.

Clase
Sellado por Materiales de construcción muy discontinuos
Sellado por Materiales de construcción discontinuos
Sellado por Materiales de construcción discontinuos y permanentes
Sellado por Tratamiento de aguas residuales
Sellado por actividad minera
Sellado por Materiales de construcción continuos y permanentes
Sellado por Materiales de construcción continuos y permanentes y Materiales para vías
Sellado por Residuos sólidos
Sellado por Residuos sólidos y Residuos de construcción

El grado está definido por el criterio de porcentaje del suelo que está sellado o sepultado. En la Tabla 4-25 se presenta la variable, rangos y calificación para el grado de sellamiento.

Tabla 4-25 Variables y rangos de las variables para la calificación del grado de sellamiento.

Variable	Rango	Calificación
% del suelo que está sellado	80 – 100%	Muy Severo
	60 – 80%	Severo
	40 – 60%	Moderado
	< 40%	Ligero
	0%	Sin sellamiento

Una vez se desarrollaron los mapas de los procesos relacionados en la Figura 4-44, se aplicó el modelo que se presenta en la Figura 4-45.

La capa de zonificación de degradación de suelos por desertificación fue elaborada a partir de un modelo conceptual que permite determinar el grado de degradación por desertificación a partir del análisis sinérgico de cinco procesos de degradación de suelos: Erosión, Salinización, Compactación, pérdida de la materia orgánica y sellamiento.



El modelo se diseñó a partir de matrices de evaluación progresivas para conservar una lógica de unión de capas, cada variable fue clasificada en 5 categorías representadas con un valor numérico, con el fin de facilitar el proceso cartográfico (1: Sin el proceso de degradación, 2: ligero: 3 Moderado: 4 Severo: 5 Muy severo).

Para cada proceso de degradación se surtió una metodología independiente que tuvo en cuenta el análisis de información secundaria como el Estudio detallado de Suelos del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, escala 1:5.000 IGAC (2001), Protocolo para la identificación y análisis de la degradación de suelos por erosión, IDEAM (2015), Protocolo para la identificación y análisis de la degradación de suelos por salinización, IDEAM (2017) y el mapa de Uso de suelo, IDEAM (2021) y el resultado de los análisis de laboratorio de las muestras de campo levantadas en 2015, 2017 y 2021.

Los procesos se evaluaron por medio de matriz de evaluación progresiva teniendo en cuenta pares de procesos de degradación físicos (Erosión y Compactación), Químicos (Salinización) y biológicos (Pérdida de la materia orgánica del suelo) una vez evaluados los anteriores procesos se incorporó el indicador de severidad del mapa de sellamiento (grados severo y muy severo). Como procesos finales de validación se tuvieron en cuenta el concepto de expertos, validación con las observaciones de campo y validaciones cartográficas de calidad topológica, los cuales se explican a continuación:

Ajuste con cuerpos de agua y afloramientos rocosos: Se interceptó la capa con cuerpos de agua y zonas urbanas interpretadas en el mapa de coberturas de la tierra IDEAM (2021), las cuales corresponden a unidades de “no suelo”, esto con el fin de garantizar que no se presentaran categorías de degradación sobre algún cuerpo de agua o afloramientos rocosos.

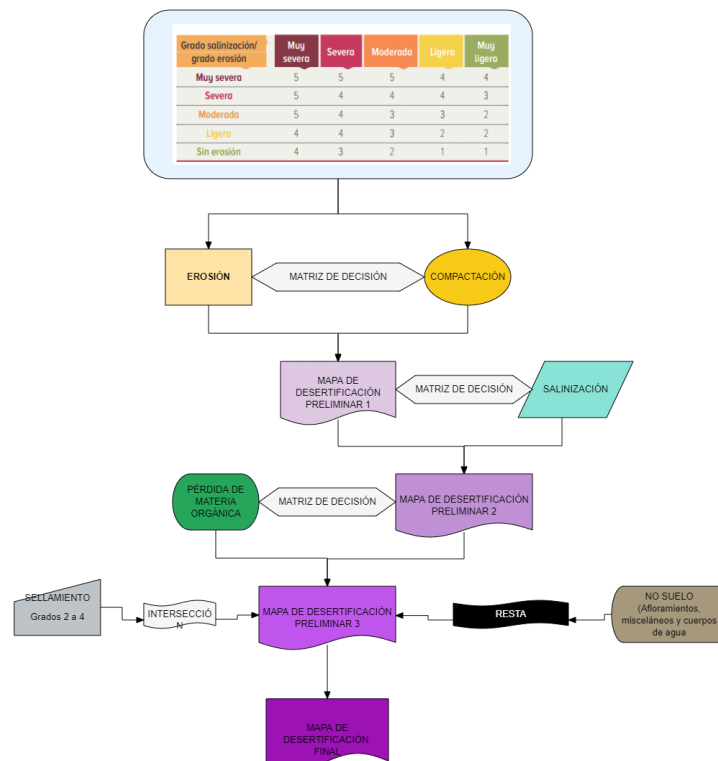


Figura 4-45 Modelo para la zonificación de la degradación de los suelos por desertificación

4.5. Uso del suelo

Con el fin de revisar y actualizar el mapa de uso actual del suelo y de la tierra, así como de las variables sociales y económicas de la degradación de los suelos por desertificación en el archipiélago, partió del trabajo de adaptación de la Leyenda de usos agropecuarios 2018 trabajados por la UPRA y el IGAC, donde a partir de la clasificación jerárquica y estructurada de usos se han establecido las etiquetas para el uso del archipiélago. Para la clasificación de coberturas, se trabajó el insumo trabajado por el equipo de coberturas 2021. A continuación, se presenta en la Tabla 4-26:

Tabla 4-26 clasificación de uso desde coberturas de la tierra

Tipo de uso Nivel 1	Código	Cobertura
Agrícola	211	Otros cultivos transitorios
	241	Mosaico de cultivos
	2221	Otros cultivos permanentes arbustivos
	22121	Caña de azúcar
	22131	Plátano
	22316	Coco
	22331	Naranja
Agroforestal	243	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales
	245	Mosaico de cultivos con espacios naturales
Agropecuario	242	Mosaico de pastos y cultivos
	121176	Apícola
Áreas naturales o seminaturales	231	Pastos limpios
	233	Pastos enmalezados
	333	Tierras desnudas y degradadas





Tipo de uso Nivel 1	Código	Cobertura
Áreas naturales o seminaturales	421	Pantanos costeros
	3142	Bosque de galería arbolado
	3143	Bosque de galería con arbustal y herbazal
	3144	Bosque de galería mixto
	3153	Plantación mixta
	3212	Herbazal abierto
	3221	Arbustales densos
	3231	Vegetación secundaria alta
	3232	Vegetación secundaria baja
	3321	Afloramiento rocoso masivo
	3322	Afloramiento rocoso fragmentado
	3331	Áreas erosionadas
	3342	Zonas quemadas antrópicas
	4231	Lodo y cieno
	4232	Arena y roca
	31121	Bosque denso bajo de tierra firme
	31521	Otras plantaciones de latifoliadas
	32121	Herbazal abierto arenoso
	32122	Herbazal abierto rocoso
	311122	Manglar denso alto
	311212	Palmar bajo
	321111	Herbazal denso de tierra firme no arbolado
	321112	Herbazal denso de tierra firme arbolado
	321113	Herbazal denso de tierra firme con arbustos
	322211	Arbustal abierto esclerófilo de tierra firme
	322212	Arbustal abierto esclerófilo arenoso
	322213	Arbustal abierto esclerófilo rocoso
Minero	1315	Explotación materiales construcción
	3312	Arenales
Pecuario	231	Pastos limpios
	232	Pastos arbolados
	233	Pastos enmalezados
	244	Mosaico de pastos con espacios naturales
	32121	Herbazal abierto arenoso
	32122	Herbazal abierto rocoso
	321113	Herbazal denso de tierra firme con arbustos
	322212	Arbustal abierto esclerófilo arenoso
Pesca	511	Ríos (quebradas y rondas)
	512	Lagunas, lagos y ciénagas naturales
	521	Lagunas costeras
	522	Mares y océanos
	5221	Otros fondos
	5222	Fondos coralinos someros
	5223	Praderas de pastos marinos someras
	5224	Fondos someros de arenas y cascajos
Turismo	3311	Playas
	14231	Club y hotel campestre



Tipo de uso Nivel 1	Código	Cobertura
	14233	Finca recreativa o de descanso
	14234	Restaurantes y/o discotecas
Urbano	125	Obras hidráulicas
	333	Tierras desnudas y degradadas
	1131	Vivienda rural dispersa
	1132	Vivienda rural nucleada
	1133	Condominio de vivienda con encerramiento
	1232	Zona portuaria marítima
	1241	Aeropuerto e infraestructura asociada
	1252	Presa
	1321	Disposición residuos a cielo abierto
	1324	Relleno sanitario
	1411	Otras zonas verdes urbanas
	1412	Vivienda rural dispersa
	1422	Áreas deportivas
	3232	Vegetación secundaria baja
	12121	Otras zonas comerciales
	12125	Zonas dotacionales
	12212	Territorios asociados a la red vial
	14212	Zonas religiosas
	14223	Estadios y campos de futbol
	14225	Villa olímpica
Urbano	121112	Subestación eléctrica
	121251	Instalación educativa
	121252	Instalación de salud
	121253	Instalación militar
	122111	Vía pavimentada
	122112	Vía sin pavimentar
	122122	Estación de servicio y/o taller automotriz
	142211	Áreas deportivas afectadas

4.5.1. Clasificación de tipos de uso:

La propuesta de trabajo se ha dado a partir de la adaptación de la leyenda de usos agropecuarios; sin embargo, para el análisis de la degradación de suelos y tierras por desertificación se llevó la clasificación a todos los tipos de uso en 4 niveles, tal como se muestra en la Tabla 4-27:

Tabla 4-27 Niveles de uso del suelo.

Tipo de uso nivel 1	Tipo de uso nivel 2	Tipo de uso nivel 3	Tipo de uso nivel 4
Agrícola	Cultivos permanentes	Cultivos permanentes arbustivos	Otros permanentes arbustivos
		Frutas convencionales	Coco
			Papaya
			Plátano
	Otros cultivos permanentes	Cítricos	
Cultivos transitorios	Asociaciones de cultivos transitorios	Sandía, melón, caña, batata, yuca, berenjena, otros	



Tipo de uso nivel 1	Tipo de uso nivel 2	Tipo de uso nivel 3	Tipo de uso nivel 4
			Sandía, melón, batata, yuca, ají, flor de Jamaica, berenjena, otros
Agroforestal	Arreglos agrosilvícolas	Asociaciones de cultivos y espacios naturales	Cultivos y aprovechamiento natural
	Arreglos agrosilvopastoriles	Pasturas, cultivos asociados y espacios naturales	Cultivos, ganadería y aprovechamiento natural
Agropecuario	Arreglos agropecuarios	Pasturas y cultivos asociados	Pastoreo con cultivos asociados permanentes y transitorios
	Infraestructura agropecuaria	Agroindustria	Apícola
Áreas naturales o seminaturales	Arbustales naturales	Arbustal abierto esclerófilo	Arbustales arenosos
			Arbustales de tierra firme
		Arbustales	Arbustales rocosos
	Áreas húmedas	Húmedas costeras	Arbustales densos
			Protección
	Áreas semi naturales	Vegetación secundaria alta y baja	Turismo y pesca
			Vegetación secundaria alta
	Bosques naturales	Bosque de galería o ripario	Vegetación secundaria baja
			Bosque de galería arbolado
			Bosque de galería con arbustal y herbazal
Bosque denso alto inundable		Bosque de galería mixto	
Áreas naturales o seminaturales	Bosques naturales	Bosque denso bajo de tierra firme	Palmar bajo
	Herbazales naturales y seminaturales	Herbazal	Protección
			Herbazal
		Herbazal abierto	Herbazal natural
		Herbazal denso de tierra firme	Herbazal
		Herbazal denso de tierra firme	Herbazal natural
	Tierras abiertas sin o con poca vegetación	Afloramientos rocosos	Herbazal natural
Minero	Zonas de extracción minera	Extracción minera y escombrera	Afloramientos rocosos
			Arenales
Pecuario	Arreglos silvopastoriles	Silvopastoril	Extracción de materiales construcción
	Producción pecuaria	Pastoreo	Pastoreo y aprovechamiento forestal
		Pastos enmalezados	Pastoreo de bovinos
Pesca	Pesca comercial artesanal continental	Pesca en lagunas, lagos y ciénagas naturales	Pastura en descanso
	Pesca comercial artesanal marina	Pesca en lagunas costeras	Pesca y protección
		Pesca en mares y océanos	Pesca y protección
Turismo	Infraestructura para el turismo	Servicios para el turismo	Pesca y protección
		Turismo y recreación	Restaurantes y/o discotecas
			Área recreativa o de descanso



Tipo de uso nivel 1	Tipo de uso nivel 2	Tipo de uso nivel 3	Tipo de uso nivel 4	
	Playas	Playas	Playas	
Urbano	Áreas urbanas	Áreas urbanizadas	Construcciones rurales	
		Áreas verdes urbanas	Otras zonas verdes urbanas	
		Equipamientos urbanos	Otros equipamientos urbanos	
	Áreas disposición final de residuos	Zonas de disposición de residuos		Disposición residuos a cielo abierto
				Relleno sanitario
	Transporte y comunicaciones	Aeropuerto	Aeropuerto e infraestructura asociada	
		Infraestructura red transporte y comunicaciones	Red vial e infraestructura asociada	
	Áreas industriales y comerciales	Zonas portuarias	Zona portuaria marítima	
		Áreas comerciales	Zonas comerciales	
		Áreas industriales	Zonas industriales	
	Equipamientos sociales	Equipamientos sociales e institucionales		Infraestructura de salud
				Infraestructura educativa
				Infraestructura militar
				Zonas dotacionales
Obras hidráulicas		Obras hidráulicas	Represa	

4.5.2. Clasificación para prácticas de uso:

Una vez se ha realizado la clasificación de los 4 tipos de uso y la jerarquización de las coberturas asociadas, se ha realizado el ajuste con los puntos de control en campo, que permitió detallar las principales prácticas de uso de suelos y tierras, cuyas categorías se presentan en la Tabla 4-28:

Tabla 4-28 principales prácticas de uso de suelos.

Tipo de uso Nivel1	Tipo de uso Nivel 4	Práctica de Uso
Agrícola	Cítricos	Labranza manual
	Coco	Labranza manual
	Otros permanentes arbustivos	Labranza manual
	Papaya	Labranza manual
	Plátano	Labranza manual
	Sandía, melón, caña, batata, yuca, berenjena, otros	Labranza manual
	Sandía, melón, batata, yuca, ají, flor de Jamaica, berenjena, otros	Labranza manual
Agroforestal	Cultivos y aprovechamiento natural	Labranza manual
	Cultivos, ganadería y aprovechamiento natural	Labranza manual
Agropecuario	Apícola	Infraestructura y espacios verdes
	Pastoreo con cultivos asociados permanentes y transitorios	Labranza manual
Áreas naturales o seminaturales	Afloramientos rocosos	Protección
	Arbustales arenosos	Forestal protector
	Arbustales de tierra firme	Forestal protector
	Arbustales densos	Forestal protector
	Arbustales rocosos	Forestal protector
	Bosque de galería arbolado	Forestal protector

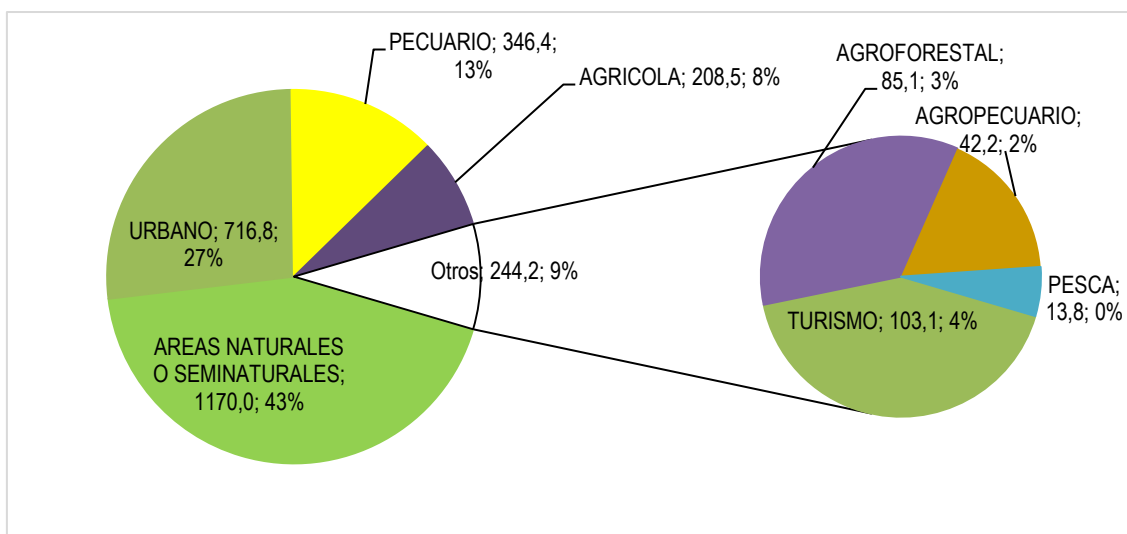


Tipo de uso Nivel1	Tipo de uso Nivel 4	Práctica de Uso
	Bosque de galería con arbustal y herbazal	Forestal protector
	Bosque de galería mixto	Forestal protector
	Herbazal	Recuperación natural descanso
	Herbazal natural	Natural protector
	Manglar	Forestal protector
	Palmar bajo	Forestal protector
	Protección	Forestal protector
		Protección
	Turismo y pesca	Protección
	Vegetación secundaria alta	Recuperación natural descanso
Vegetación secundaria baja	Recuperación natural descanso	
Minero	Arenales	Descapote
	Extracción de materiales construcción	Descapote
Pecuario	Pastoreo de bovinos	Rotación de potreros
	Pastoreo y aprovechamiento forestal	Rotación y protección forestal
	Pastura en descanso	Sin uso / descanso
Pesca	Pesca y protección	Sin manejo
Turismo	Área recreativa o de descanso	Infraestructura y espacios verdes
	Playas	Turismo de playa
	Restaurantes y/o discotecas	Infraestructura
Urbano	Aeropuerto e infraestructura asociada	Infraestructura
	Construcciones rurales	Infraestructura
		Infraestructura y espacios verdes
	Disposición residuos a cielo abierto	Disposición a cielo abierto
	Infraestructura de salud	Infraestructura
	Infraestructura educativa	Infraestructura
	Infraestructura militar	Infraestructura
	Obras hidráulicas	Infraestructura
	Otras zonas verdes urbanas	Infraestructura y espacios verdes
	Otros equipamientos urbanos	Infraestructura
	Relleno sanitario	Relleno sanitario
	Represa	Infraestructura y espacios verdes
	Zona portuaria marítima	Relleno de zonas húmedas costeras
	Zonas comerciales	Infraestructura
	Zonas dotacionales	Infraestructura
Zonas industriales	Infraestructura	
Red vial e infraestructura asociada	Infraestructura	

Los tipos de uso del suelo actual en las islas son el principal agente motivador o detonante de la degradación de los suelos. Esto no necesariamente significa que los usos del suelo sean inapropiados por si solos, sin embargo, dada las características de los suelos en las islas y las limitaciones de sus recursos, es importante prestar atención a la manera en que se utiliza el suelo y a las actividades culturales y económicas que desarrollan dicho uso. En la Gráfica 4-1 se observan los tipos de uso del suelo para San Andrés, donde destaca un 43% de áreas naturales, seguido del uso urbano (al cual se asocia el turismo), uso pecuario y agrícola.

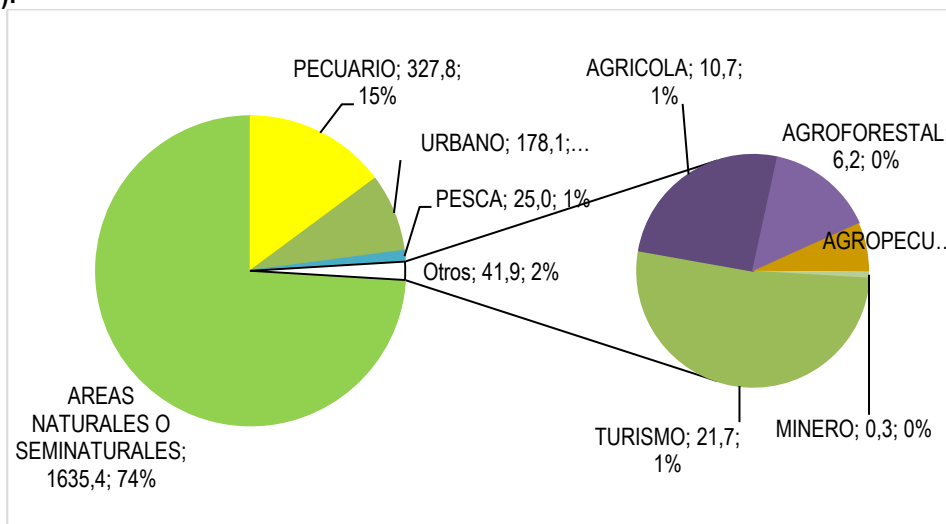


Gráfica 4-1 Tipos de uso del suelo en San Andrés (área en hectáreas; porcentaje de área total).



En cuanto a los tipos de uso del suelo en Providencia y Santa Catalina (ver Gráfica 4-2), principalmente se encuentran áreas naturales y seminaturales, seguido de los usos pecuarios y urbanos.

Gráfica 4-2 Tipos de uso del suelo en Providencia y Santa Catalina (área en hectáreas; porcentaje de área total).



En la Figura 4-46 se aprecia la distribución de los tipos de uso del suelo en las islas. Al respecto, cabe destacar que ambas islas tienen una cobertura importante asociada a las áreas naturales y seminaturales. En el caso de San Andrés, se observa una presión mayor asociada a los usos urbanos y de turismo, mientras que, en Providencia, llama la atención los tipos de usos pecuarios, que presionan fuertemente en zonas con relieve de pendientes relativamente altas.

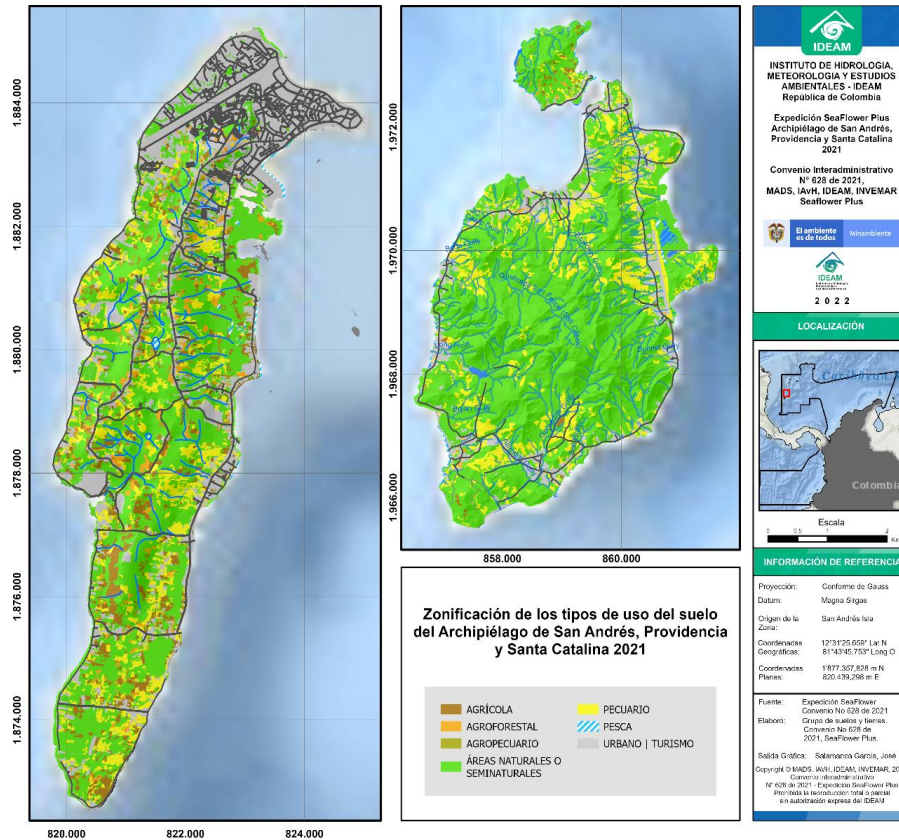


Figura 4-46 Tipos de uso del suelo en las islas.

Establecer la clasificación del mapa de uso del suelo y de las tierras para el archipiélago, es fundamental para el análisis y la evaluación de la degradación por desertificación a partir del modelo FPEIR, toda vez que el análisis de “uso” desde los indicadores de presión, estado e impacto, está en referencia permanente con las fuerzas motrices y las respuestas a la degradación del suelo y las tierras como recurso.

4.6. Modelo de análisis y evaluación FPEIR:

Es un método para el análisis y la evaluación de la degradación de suelos y tierras implementado por el proyecto Evaluación de la Degradación de Tierras en Zonas Áridas LADA (por sus siglas en inglés Land Degradation Assessment in Dryland), es un sistema de organización de indicadores (Fuerzas motrices, Presiones, Estado, Impactos y Respuestas) que permite comprender los diferentes factores que intervienen en un proceso determinado, en el caso particular es aplicable a la degradación de suelos.

5. ZONIFICACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS POR DESERTIFICACIÓN

5.1. Zonas secas y subhúmedas secas

En la Tabla 5-1 se presenta la descripción de las zonas subhúmedas secas, secas tipo 1 y secas tipo que se delimitaron para el Archipiélago con base en la metodología descrita en el numeral 4.4.1.





Tabla 5-1 Leyenda de zonas subhúmedas secas y secas en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

Zona	Descripción	Área ha	%
Subhúmeda seca	Las zonas subhúmedas secas corresponden a áreas de transición entre las zonas secas y húmedas, con periodos de 7 a 8 meses donde la lluvia es menor a las pérdidas por evapotranspiración y/o percolación profunda, que comprende periodos de pocas lluvias y baja humedad en los suelos, durante 6 o más meses seguidos. Sin embargo, los periodos de lluvia se extienden por 4 a 5 meses continuos, con altos volúmenes de precipitación. En estas zonas dominan los suelos con regímenes de humedad ácuico, drenaje natural imperfecto a muy pobre y humedad aprovechable mayor 20%. Las zonas subhúmedas secas se concentran en formas del terreno de bajos y dolinas, con pendientes planas a cóncavas. La vegetación que crece en estas zonas corresponde a bosques secos transitando a húmedos y manglares.	99,8	2,04
Seca Tipo II	Las zonas secas tipo II corresponden a áreas en clima semiárido a subhúmedo seco (muy secos), con periodos de 7 a 8 meses donde la lluvia es menor a las pérdidas por evapotranspiración y/o percolación profunda, que comprende periodos de pocas lluvias y baja humedad en los suelos, durante 6 o más meses seguidos. Sin embargo, los periodos de lluvia se extienden por 4 a 5 meses continuos, con altos volúmenes de precipitación. En estas zonas predominan los suelos con régimen de humedad ústico sobre los ácuicos, con drenaje natural es bueno a excesivo y humedad aprovechable en un rango de 10 a 20%. Las zonas secas tipo II se concentran en formas del terreno de laderas y planos de abrasión y en menor proporción en zonas urbanas y misceláneos desprovistos de suelo y vegetación. La vegetación que crece en estas zonas corresponde a bosques secos, que con la diferencia de estar conformado por árboles de mayor altura y follaje exuberante.	3424,8	69,98
Seca Tipo I	Las zonas secas tipo I corresponden a áreas en clima semiárido a subhúmedo seco (muy secos), con periodos de 7 a 8 meses donde la lluvia es menor a las pérdidas por evapotranspiración y/o percolación profunda, que comprende periodos de pocas lluvias y baja humedad en los suelos, durante 6 o más meses seguidos. Sin embargo, los periodos de lluvia se extienden por 3 a 4 meses continuos, con altos volúmenes de precipitación. En estas zonas predominan los suelos con régimen de humedad ústico, drenaje natural bueno y humedad aprovechable en un rango de 10 a 20%. Las zonas secas tipo I se concentran en formas del terreno de ladera, en zonas urbanas y misceláneos desprovistos de suelo y vegetación. La vegetación que crece en estas zonas corresponde a arbustales secos, con árboles de alturas intermedias y de escaso follaje.	1369,4	27,98

En la Figura 5-1 muestra la distribución espacial de las tierras subhúmedas secas y secas.

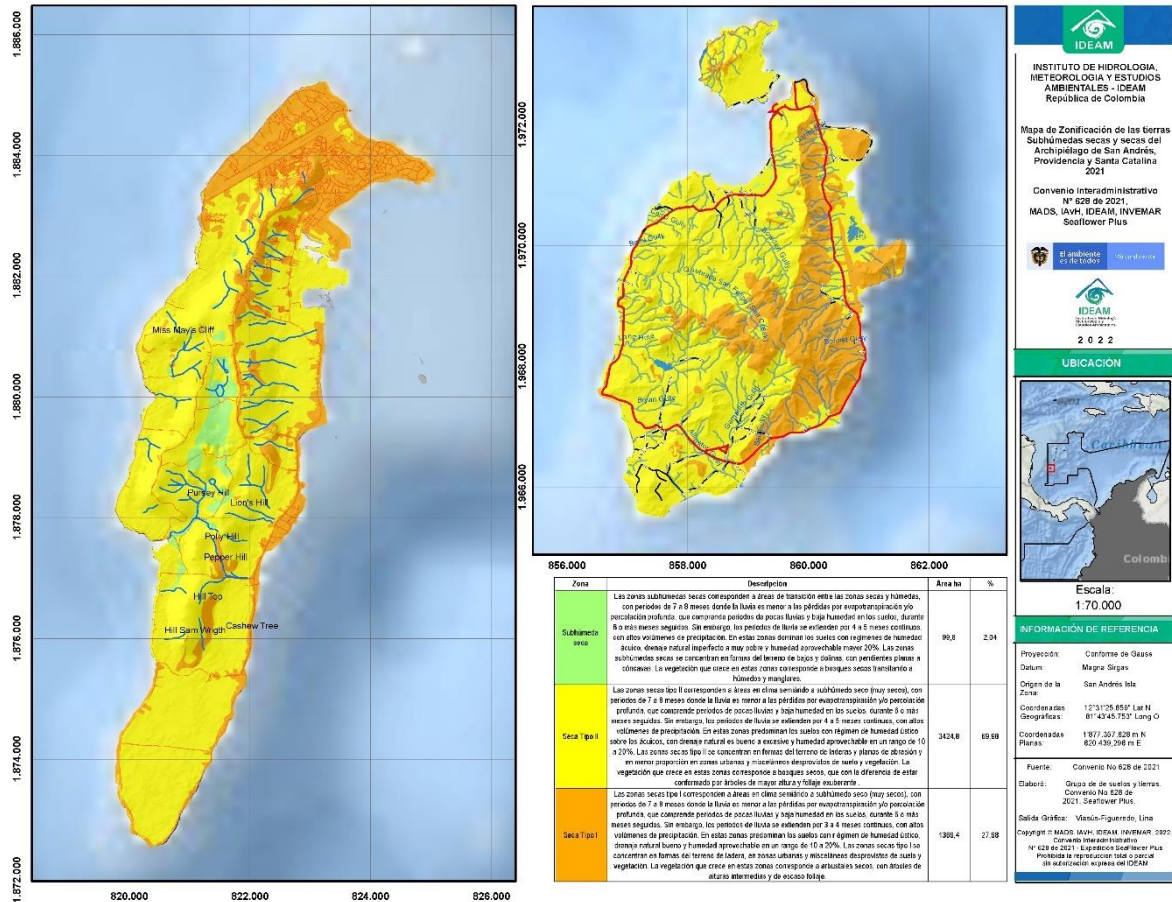


Figura 5-1 Mapa de zonas subhúmedas secas y secas del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina

Las zonas subhúmedas secas tienen una extensión de 99,8 ha, equivalentes al 2,04% del área emergida del Archipiélago y se concentra en el centro de la isla de San Andrés, en la zona del Big Pond y el complejo de dolinas.

Las zonas secas tipo II son las que más se extienden en el Archipiélago con 3424,8 ha, que corresponden al 69,98% del área emergida.

Las zonas secas tipo I ocupan un área en 1369,4 ha, el 27,98% de la extensión del Archipiélago. Estas áreas se concentran al oriente de las Islas de San Andrés y Providencia y la zona urbana al norte de San Andrés.

5.2. Susceptibilidad de la degradación de suelos por desertificación

En la Tabla 5-2 se presenta la descripción de las categorías de susceptibilidad a la degradación de suelos por desertificación que se delimitaron para el Archipiélago con base en la metodología descrita en el numeral 4.4.2.





Tabla 5-2 Leyenda de susceptibilidad a la degradación de suelos por desertificación en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

Categoría	Descripción	Área ha	%
Muy baja	Bajo las condiciones actuales es muy poco probable que ocurran los procesos de degradación de suelos por desertificación. Las variables de los factores suelo, clima, geomorfología, uso/cobertura y procesos de degradación indican muy baja incidencia en la desertificación. En general, los factores de presión de intervención antrópica son pocos.	22,0	0,45%
Baja	Algunas de las variables de los factores biofísicos indican una probabilidad baja de ocurrencia de procesos de degradación de suelos por desertificación, sin tener mayor afectación o efectos negativos a corto plazo. La dinámica de la severidad y magnitud de los procesos de degradación dependerán de las actividades antrópicas futuras. Los efectos de los procesos de desertificación pueden verse de forma esporádica, aunque no sean críticos.	536,0	10,95%
Media	Los factores biofísicos que inciden en la desertificación presentan condiciones moderadamente favorables para el desarrollo de este proceso. Algunas de las variables de sistemas de usos y prácticas de manejo inadecuadas pueden incrementar los procesos de degradación, y factores de clima, suelos, geomorfología o cobertura pueden propiciar de forma moderada la desertificación y en la actualidad se evidencian procesos de erosión o salinización moderados, entre otros.	2717,3	55,52%
Alta	Los factores biofísicos que determinan la susceptibilidad a la degradación de suelos por desertificación presentan condiciones favorables para que este proceso ocurra a corto plazo, ocasionados por los sistemas de usos y prácticas de manejo inadecuadas y los efectos tendrían impactos negativos en la productividad, función o servicios ambientales de los suelos. Se evidencian, en la actualidad, procesos de erosión o salinización severos.	360,3	7,36%
Muy alta	La mayoría de los factores que inciden en la susceptibilidad presentan las condiciones favorables para que se presente este proceso de forma muy rápida o en la actualidad están presentes especialmente si las actividades antrópicas son inadecuadas. En caso de presentarse procesos de degradación, sus efectos pueden ser severos y así mismo la recuperación de los suelos será prolongada y costosa que requieren incluso medidas de adaptación.	-	-
No Suelo	Corresponde a áreas como zonas urbanas, afloramientos rocosos y cuerpos de agua.	1258,5	25,72%

En la Figura 5-2 muestra la distribución espacial de las categorías susceptibilidad a la degradación de suelos por desertificación en el Archipiélago.

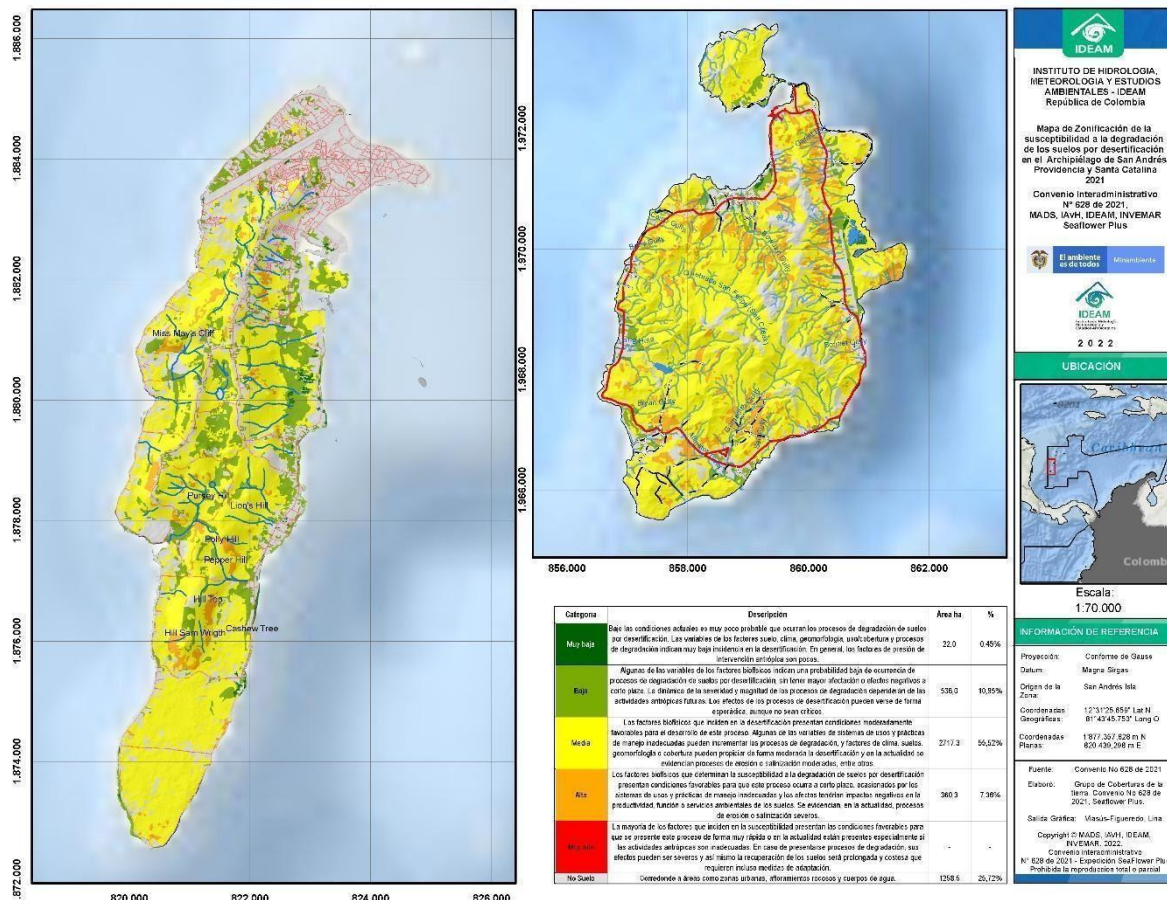


Figura 5-2 Mapa de zonificación de la susceptibilidad a la degradación de suelos por desertificación en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

5.3. Zonificación de la degradación de suelos por desertificación

La fase de zonificación tiene como objeto aplicar un modelo para generar la representación cartográfica del estado actual de la degradación de suelos por desertificación, la cual constituye la línea base o punto de partida para el monitoreo y seguimiento.

En términos generales, en esta fase se aplican los marcos conceptuales sobre desertificación y de referencia metodológica, ya que apuntan a resolver las preguntas acerca de dónde se ubican los procesos de desertificación y en qué intensidad o grado de degradación.

5.3.1. Estado actual de la degradación de suelos por desertificación

La desertificación es un proceso de degradación combinado multicausal y consiste en “la degradación de las tierras de las zonas áridas, secas, semiáridas y subhúmedas secas, resultante de diversos factores, tales como las variaciones climáticas y las actividades humanas, debida a la pérdida del equilibrio natural y a la disminución de las funciones ambientales, la productividad biológica y económica, poniendo en peligro la biodiversidad y la supervivencia de las comunidades humanas (IDEAM 2019). A continuación, se describen los diferentes procesos específicos de degradación de suelos identificados y evaluados para este trabajo.





5.3.1.1. Degradación de suelos por erosión.

En la Figura 5-8 se presentan la leyenda y las estadísticas del proceso de degradación de suelos por erosión en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, posterior al paso de los huracanes ETA e IOTA.

Tabla 5-3 Leyenda del proceso de degradación de suelos por erosión 2021 en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

Tipo	Clase	Grado de degradación	Descripción	Área (ha.)	% Área
Sin Erosión	Sin Erosión	Sin Erosión	Sin procesos de degradación del suelo por erosión	2.086,4	42,8%
Hídrica	Laminar Surcos Cárcavas Laminar y Surcos Terraceo Terraceo y Laminar Terraceo y surcos	Ligera	Se presenta alguna evidencia de pérdida de suelo en los horizontes superficiales del suelo, por escurrimiento superficial. En varias ocasiones la capa de suelo se adelgaza uniformemente y la pérdida del suelo puede llegar hasta un 25 o 50% del horizonte A, según su espesor. Las funciones y los servicios originales de los suelos comienzan a disminuir y se encuentran poco alterados. Se requiere iniciar o mantener las prácticas de conservación, restauración y manejo de suelos.	1.645,6	33,8%
		Moderada	Se evidencia remoción de los horizontes superficiales del suelo y la capa superficial de suelo ha perdido espesor. Aparecen en la superficie distintos colores de suelo como producto de la pérdida del horizonte superficial y la exposición de horizontes subsuperficiales. Se aprecian manifestaciones de escurrimiento superficial, surcos, terráceo y pequeñas cárcavas. Se presenta pérdida considerable del horizonte A e incluso en sectores aparece el horizonte B o C. Las funciones y los servicios originales de los suelos se encuentran parcialmente destruidos y se requieren prácticas de conservación y restauración inmediatas; de lo contrario pueden pasar rápidamente a grado severo.	499,9	10,3%
		Severa	Los horizontes superficiales del suelo están completamente removidos y los horizontes subsuperficiales expuestos; el color del suelo es más claro debido a la pérdida del horizonte A y queda expuesto el horizonte B. Se observan con frecuencia surcos, calvas o terraceo y cárcavas con moderada frecuencia. La pérdida de suelo se estima en más de 75% de su espesor. Las funciones y los servicios ecosistémicos originales del suelo se encuentran ampliamente destruidos, la restauración es muy costosa y requiere mucho tiempo. La vegetación es rala.	20,6	0,4%
No suelo	No suelo	No Suelo	Otras coberturas terrestres distintas al suelo, tales como zonas urbanas, cuerpos de agua y aforamientos rocosos.	619,5	12,7%
Total				4.872,0	100%



Fuente IDEAM 2022

En la Figura 5-8 muestra la distribución espacial de los grados de degradación de suelos por erosión en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina para el año 2021. En la Tabla 28 se presenta las áreas de grado de erosión en el año 2015 y su actualización en el año 2021.

Tabla 5-4 Comparación de las áreas de los grados de erosión en los años 2015 y 2021

Año	Grado de erosión -					
	Sin Erosión	Ligera	Moderada	Severa	Muy Severa	No Suelo
	Área (ha)					
2021	2.089,2	1.645,6	499,9	17,8	0,0	619,5
2015	2.331,1	1.544,6	397,9	14,7	0,1	583,6

Con base en la Tabla 28, se observa que se dio un incremento de 101 ha en el grado ligero, 11,95 ha en el grado moderado y 3,12 ha en el grado severo de erosión. Se evidenció una disminución de 241,88 ha en el grado sin erosión, que puede deberse a la mejor resolución de las imágenes usadas para la interpretación y al proceso de validación en campo.

El incremento de los grados de erosión ligero, moderado y severo pueden estar asociados a los usos del suelo y al impacto de la temporada de huracanes de 2020 sobre las coberturas y los suelos.

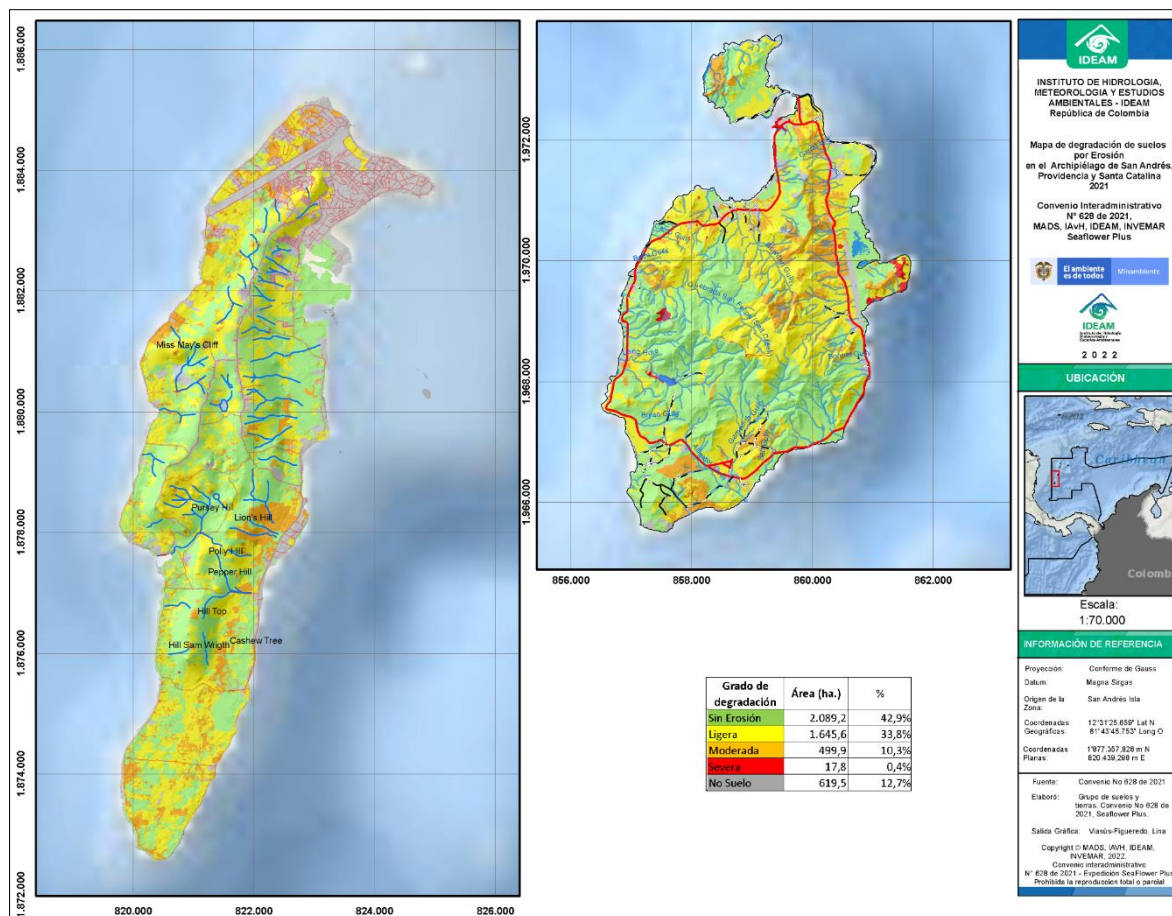


Figura 5-3 Mapa de zonificación de la degradación de suelos por erosión en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

5.3.1.2. Degradación de suelos por compactación.

En la Tabla 5-5 se presentan la leyenda y las estadísticas del proceso de degradación de suelos por compactación en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

Tabla 5-5 Leyenda del proceso de degradación de suelos por compactación 2021 en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

Tipo	Clase	Grado	Área (ha.)	% Área
Sin compactación	Sin compactación	Sin compactación	1.337,1	27,4%
Antrópico Mixto	Áreas sin Cobertura, Descapote, Infraestructura Para la Propagación, Infraestructura y Espacios Verdes, Labranza Manual, Recuperación Natural Descanso, Rotación De Potreros, Rotación y	Ligero	1.493,2	30,6%
		Moderado	710,5	14,6%
		Severo	242,4	5,0%



Tipo	Clase	Grado	Área (ha.)	% Área
	Protección Forestal y Sin Uso / Descanso	Muy severo	75,3	1,5%
No suelo	No suelo	No suelo	1.021,6	20,9%
Total			4.880,1	100%

En la Figura 5-4 se muestra la distribución espacial de los grados de degradación de suelos por compactación en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina para el año 2021.

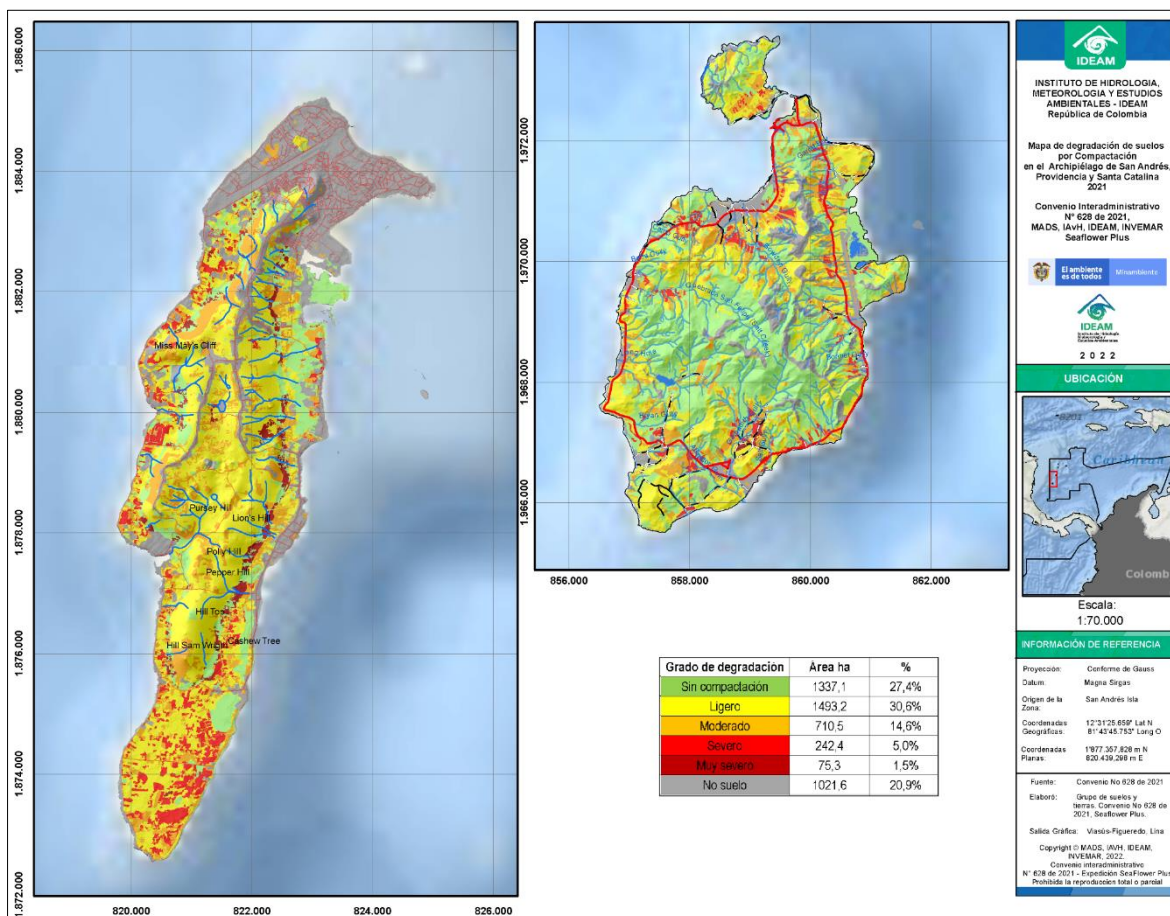


Figura 5-4. Mapa de zonificación de la degradación de suelos por compactación en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

5.3.1.3. Degradación de suelos por sellamiento.

En la Tabla 5-6 se presentan la leyenda y las estadísticas del proceso de degradación de suelos por sellamiento en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.





Tabla 5-6 Leyenda del proceso de degradación de suelos por sellamiento 2021 en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

Tipo	Clase	Grado	Área	Área ha
Sin sellamiento	Sin sellamiento	Sin sellamiento	3.882,4	80,2%
Antrópico	Sellado por Materiales de construcción muy discontinuos	Ligero	4,0	0,1%
	Sellado por Materiales de construcción discontinuos	Moderado	159,3	3,3%
	Sellado por Materiales de construcción discontinuos y permanentes	Severo	328,8	6,8%
	Sellado por Tratamiento de aguas residuales			
	Sellado por Actividad minera	Muy severo	467,4	9,7%
	Sellado por Materiales de construcción continuos y permanentes			
	Sellado por Materiales de construcción continuos y permanentes y Materiales para vías			
	Sellado por Residuos sólidos			
	Sellado por Residuos sólidos y Residuos de construcción			
Total,			4.841,9	100,0%

En la Figura 5-5 muestra la distribución espacial de los grados de degradación de suelos por sellamiento en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina para el año 2021.

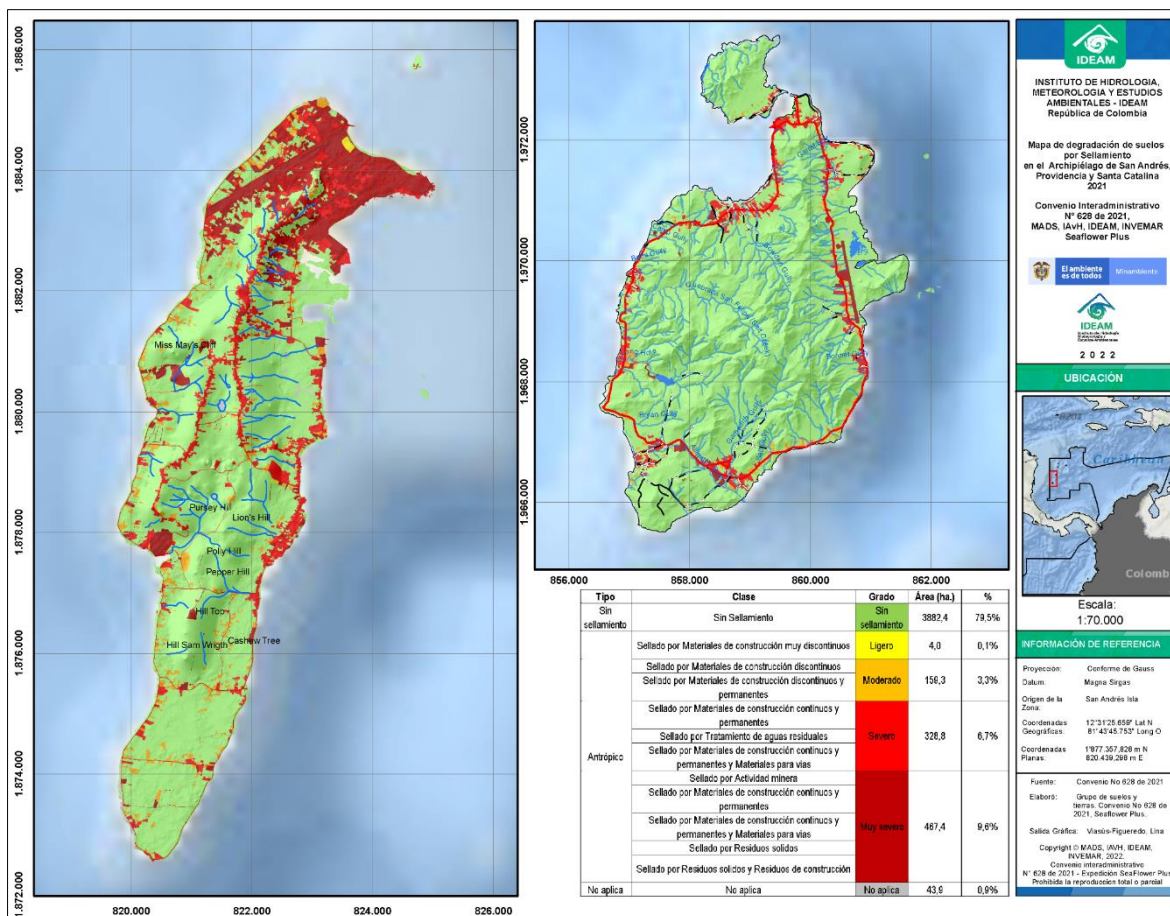


Figura 5-5 Mapa de zonificación de la degradación de suelos por sellamiento en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

5.3.1.4. Degradación de suelos por salinización.

En la Tabla 5-7 se presentan la leyenda y las estadísticas del proceso de degradación de suelos por salinización en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, posterior al paso de los huracanes ETA e IOTA.

Tabla 5-7 Leyenda del proceso de degradación de suelos por salinización 2021 en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

Tipo	Clase	Grado	Área (ha.)	%
Sin Salinización	Sin Salinización	Sin Salinización	166,6	3,4%
Antrópico Mixto Natural	Calcáreo Magnésico	Ligero	0,7	0,0%
	Magnésico-Calcáreo Salino	Moderado	2.946,8	60,4%



Tipo	Clase	Grado	Área (ha.)	%
	Salino-Sódico-Calcáreo Salino-Sódico-Magnésico- Calcáreo	Severo	484,2	9,9%
	Salino-Sódico-Magnésico- Calcáreo Sódico-Magnésico-Calcáreo	Muy Severo	227,9	4,7%
No Suelo	No Suelo	No Suelo	1.054,0	21,6%
Total			4.880,2	100%

En la Tabla 5-8 se presentan las áreas de grado de salinización en el año 2017 y su actualización en el año 2021.

Tabla 5-8 Comparación de las áreas de los grados de salinización en los años 2017 y 2021.

Año	Grado de salinización					
	Sin Salinización	Ligero	Moderado	Severo	Muy Severo	No Suelo
	Área (ha)					
2021	166,6	0,71	2.946,78	484,25	227,91	1.053,96
2017	2.031,3	186,75	1.224,98	331,32	213,66	905,94

En la Tabla 5-8 se evidencia que las áreas sin salinización en el año 2021 se redujeron drásticamente en relación con el año 2015, en favor del incremento de los grados moderado, severo y muy severo. El grado moderado tuvo un incremento de 1.721,79 ha con respecto a 2015 y es el grado con mayor extensión en el Archipiélago. Los grados severo y muy severo tuvieron un incremento de 152,93 ha y 14,5 ha, respectivamente.

El incremento en los grados de salinización puede explicarse por el aumento de la cobertura de muestras y por el arrastre de agua salada a los suelos de las islas como resultado de la temporada de huracanes del 2020.

En la Figura 5-6 se muestra la distribución espacial de los grados de degradación de suelos por salinización en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina para el año 2021.

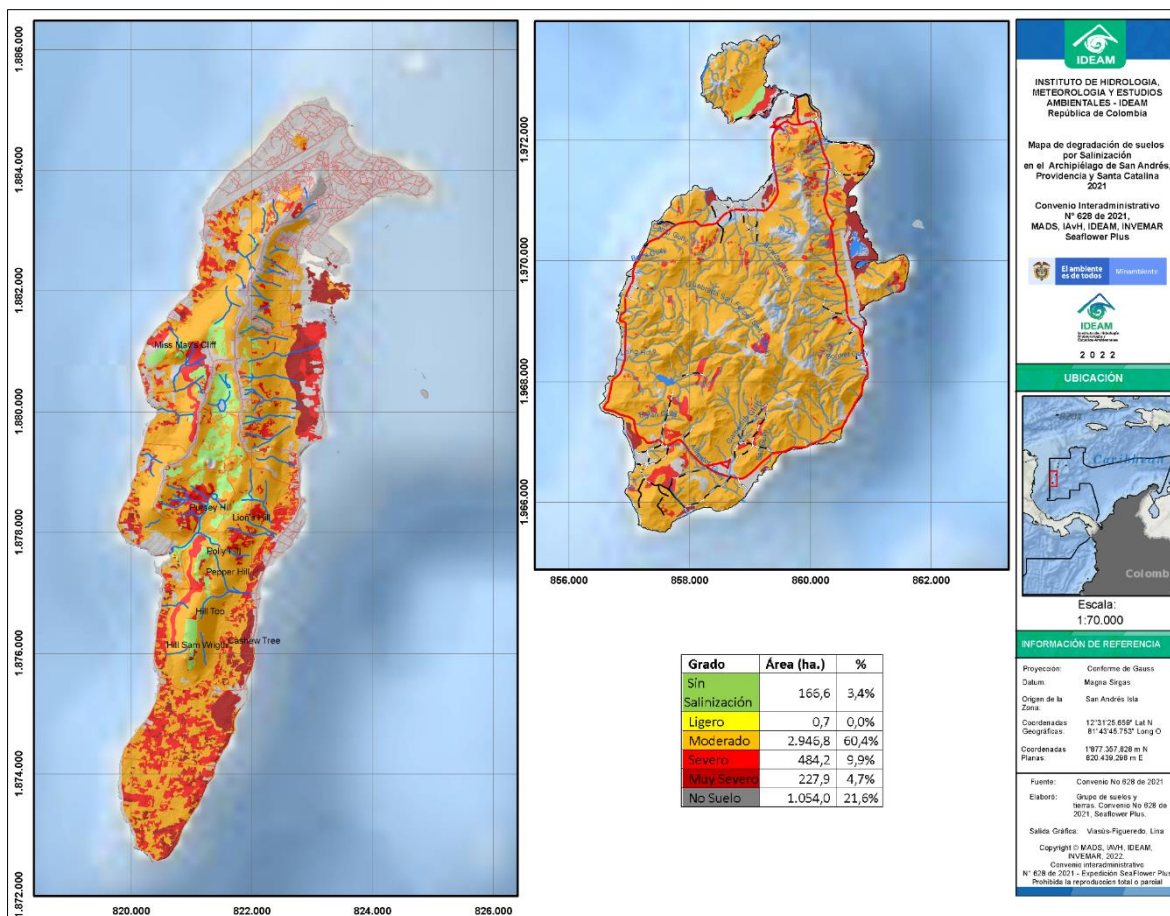


Figura 5-6 Mapa de zonificación de la degradación de suelos por salinización en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

5.3.1.5. Degradación de suelos por pérdida de la Materia Orgánica.

En la Tabla 5-9 se presentan la leyenda y las estadísticas del proceso de degradación de suelos por pérdida de la materia orgánica en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

Tabla 5-9 Leyenda del proceso de degradación de suelos por pérdida de la materia orgánica 2021 en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

Tipo	Clase	Grado	Área (ha.)	% Área
Sin pérdida de la materia orgánica	Sin pérdida de la materia orgánica	Sin pérdida de la materia orgánica	1.948,1	39,6%
Antrópico Mixto	Áreas sin Cobertura, Descapote, Infraestructura Para La Propagación, Infraestructura y Espacios Verdes,	Ligero	840,5	17,1%
		Moderado	971,9	19,8%



Tipo	Clase	Grado	Área (ha.)	% Área
	Labranza Manual, Recuperación Natural Descanso, Rotación De Potreros, Rotación y Protección Forestal y Sin Uso / Descanso			
No suelo	No suelo	No suelo	1.155,5	23,5%
Total			4.916,0	100,0%

En la Figura 5-7 muestra la distribución espacial de los grados de degradación de suelos por pérdida de la materia orgánica en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina para el año 2021.

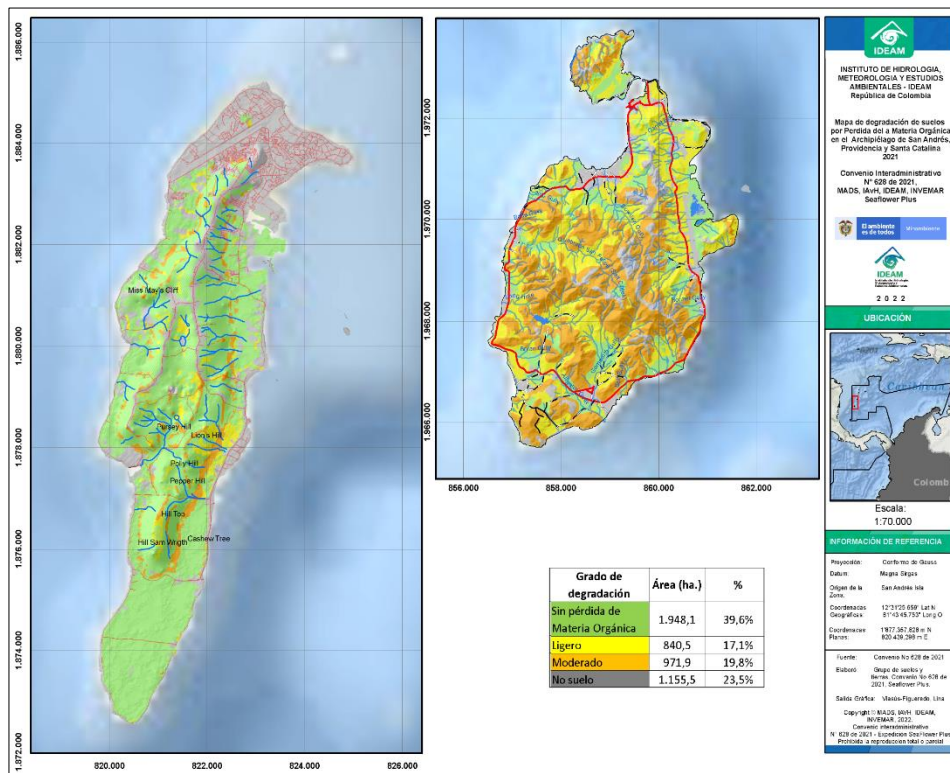


Figura 5-7 Mapa de zonificación de la degradación de suelos por pérdida de la materia orgánica en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

5.3.1.6. Degradación actual de suelos por desertificación

En la Tabla 5-10 se presenta la descripción de las categorías de degradación de suelos por desertificación que se delimitaron para el Archipiélago con base en la metodología descrita en el numeral 4.4.3.





Tabla 5-10 Leyenda de degradación de suelos por desertificación en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

Tipo	Clase	Grado	Descripción	Área ha	%
Sin Desertificación		Sin Desertificación	Se aplica a las zonas que no han tenido transformación y actualmente no presentan procesos de degradación de suelos. Se refiere a bosques, arbustales o herbazales naturales. En estas condiciones los procesos de degradación de suelos actualmente son muy pocos o nulos.	671,08	13,71%
Natural Antrópico Mixto	Compactación Erosión Salinización Sellamiento Mixto	Ligero	Corresponde a aquellas zonas donde los procesos de degradación de suelos son incipientes o de poca intensidad. Dentro de esta categoría se pueden incorporar las coberturas vegetales, sin embargo, el grado de los procesos de degradación es moderado o ligero.	933,81	19,08%
		Moderado	En este grado se incorporan los suelos que presentan procesos de degradación moderado y dónde se observan afectaciones a los servicios ambientales de los suelos, como la reducción de las coberturas vegetales y la disminución de la productividad.	1.952,03	39,89%
		Severo	Los procesos de degradación de suelos se encuentran en un grado severo y sus manifestaciones han deteriorado los terrenos, de tal manera que sus servicios ambientales presentan alto deterioro. Aquí se incorporan las zonas con erosión, salinización, compactación, pérdida de la materia orgánica y/o sellamiento severo.	519,10	10,61%
		Muy Severo	Se conjugan los grados más altos de degradación de suelos, en los cuales los servicios ambientales se han perdido casi por completo. Prácticamente no hay cobertura vegetal y los suelos están desnudos o completamente sellados. La erosión, salinización, compactación o pérdida de la materia orgánica es muy severa.	527,78	10,78%
No suelo		No suelo	Corresponde a áreas como afloramientos rocosos y cuerpos de agua.	290,28	5,93%

En la Figura 5-8 se muestra la distribución espacial de los grados de degradación de suelos por desertificación en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

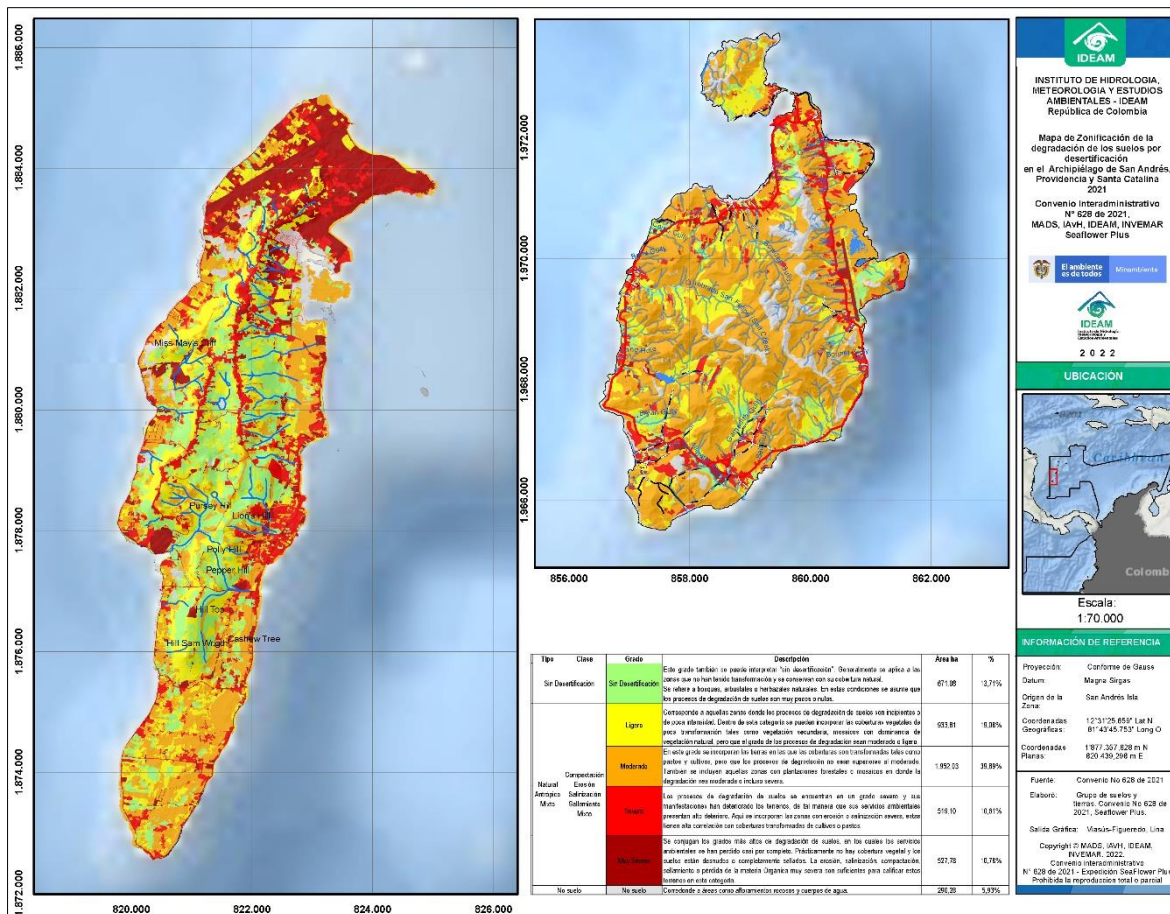


Figura 5-8 Zonificación de la degradación actual de los suelos por desertificación.

6. ANÁLISIS EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS POR DESERTIFICACIÓN.

En este capítulo se presenta el análisis de los procesos de degradación de suelo por desertificación en las islas, en el marco del FPEIR, mediante la lectura del estado actual de la desertificación frente a las características particulares del territorio isleño en lo ecosistémico, económico, social, cultural y político institucional, de manera que se descifra cuantitativa y cualitativamente las causas y consecuencias del problema; se implementa una batería de indicadores para la medición, utilizando datos alfanuméricos y espaciales (operaciones de superposición con información geográfica), como instrumento para cuantificar, simplificar, sistematizar y espacializar la relación entre la desertificación y los aspectos del ambiente y la interacción humana.

Además, se presenta la evaluación integral de los hallazgos encontrados en el análisis, relacionado entre sí causas y las consecuencias de la desertificación en las islas. Esta lectura desemboca en la propuesta de una serie de lineamientos para que todos los actores del territorio y tomadores de decisiones puedan actuar frente al problema, con acciones para prevenir, mitigar, rehabilitar, restaurar o adaptarse.

El análisis de la degradación de suelos por desertificación en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina es el proceso por el cual se identifican, definen y miden las causas y consecuencias de la desertificación en las islas. Para lograrlo, se realiza una revisión de información





a partir de fuentes secundarias, con lo cual se preparan datos e hipótesis que se confrontan en trabajo de campo y en conversaciones con actores territoriales de la sociedad isleña, desde tomadores de decisión a nivel administrativo, profesores y funcionarios de nivel técnico especializado, hasta llegar al conocimiento ancestral y percepción de los pobladores de las islas. En este capítulo, se revisará el estado actual de la desertificación (producto de la zonificación con vigencia 2021, elaborada en este estudio), continuando con la revisión de las fuerzas motrices como causantes indirectas de la desertificación, en particular lo relacionado con los efectos de los eventos extremos por la variabilidad climática, como las sequías, los ciclones tropicales (huracanes), y otras condiciones naturales como lo tipos de zonas secas, que delimitan y aceleran el desarrollo de los procesos de desertificación en las islas. Luego, se analizan los indicadores propuestos para cuantificar las presiones, como causantes directos, y los impactos, como las consecuencias relevantes a tener en cuenta; tanto en el análisis de presiones como de impactos, se presentan indicadores producto de la relación espacial entre la zonificación del estado actual de la desertificación y las capas de información temáticas que representan a cada indicador.

6.1. Fuerzas motrices

Las fuerzas motrices son los causantes indirectos de la desertificación. Suelen ser potenciadores, ampliadores o motivadores de las causas directas del problema. Producto del trabajo en campo y de la revisión de información secundaria, con respecto al análisis de las fuerzas motrices en las islas, se han identificado algunos aspectos importantes:

- Existe un bajo control ambiental por parte de las autoridades encargadas: el alcance jurídico y de gestión ambiental, por parte de las instituciones del Archipiélago, es limitado en cuanto a recursos legales y financieros, para controlar las actividades que degradan el suelo.
- La variabilidad y eventos climáticos extremos es un factor clave. La ocurrencia de fenómenos de “El Niño y La Niña” que inciden en la frecuencia sequías, por una parte, y los huracanes que recientemente han impactado a las islas, constituyen una fuerza motriz natural que incide en los procesos de degradación de suelos y tierras.
- Por su posición geográfica (latitudes entre los 10 y 20 grados) y características ambientales, las islas son, en su totalidad, zonas secas. Por tanto, se dan las condiciones necesarias para la aparición de los procesos de desertificación.
- Los tomadores de decisiones, los funcionarios técnicos especializados, y los isleños en general, desconocen o no atienden en lo relacionado a la desertificación. Además, no hay seguimiento y monitoreo a nivel local, con respecto a la degradación de los suelos en las islas.
- San Andrés tiene una población no contabilizada en el censo que se equipara con la censada, sumando a la población flotante del turismo, se genera una demanda de recursos que presiona fuertemente las capacidades de la isla.

En razón a lo anterior, a continuación, se abordan tres temas fundamentales para explicar las fuerzas motrices que inciden de manera importante en las islas, y que desde lo ecosistémico natural causan indirectamente la degradación de suelos por desertificación: las sequías, los huracanes y los tipos de zonas secas.



6.1.1.1. Sequias

Según la Convención de las Naciones Unidas Contra la Desertificación en Países Afectados por Sequía Grave y Desertificación (2004), una sequía es el fenómeno que se produce naturalmente cuando las lluvias han sido considerablemente inferiores a los niveles normales registrados, causando un agudo desequilibrio hídrico que perjudica los sistemas de producción de recursos de tierras.

La nota técnica del IDEAM que actualiza las estadísticas de sequía en Colombia (2017) menciona que la sequía es un fenómeno natural insidioso caracterizado por precipitaciones inferiores a lo esperado o inferiores a lo normal o aguas superficiales limitadas que, cuando se extiende durante una temporada o período prolongado, son insuficientes para satisfacer la demanda humana, actividades económicas y el medio ambiente (World Meteorological Organization, 2006).

Una definición consensuada para Colombia, durante el encuentro nacional sobre sequías organizado por la Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD, 2017)¹: “La sequía es una disminución anómala de la precipitación respecto a los promedios históricos, la cual afecta los ciclos hidrológicos naturales, los sistemas de producción y demás actividades ambientales y socio-económicas del país o de una región en particular, teniendo en cuenta el ordenamiento productivo”.

Estas definiciones coinciden en la grave afectación que producen las sequías a los ecosistemas naturales y a la calidad de vida de los seres humanos, pues afectan los tejidos económicos y el frágil equilibrio ambiental de los socio-ecosistemas. A continuación, se abordan algunos tipos de sequía mencionados en la literatura científica, que se relacionan con el análisis de la desertificación, y que es pertinente mencionarlas para el contexto del análisis de las fuerzas motrices en el FPEIR.

- La sequía meteorológica. Se refiere exclusivamente a la escasez de lluvia durante un período determinado (citado por: Hurtado G. & Cadena M., 2002).
- La sequía agrícola. Se asocia en particular a la afectación de las sequías a los agroecosistemas, y se presenta cuando la oferta hídrica, ya sea por precipitación o por aporte de agua del suelo, es insuficiente para que los cultivos puedan desarrollarse adecuadamente.
- La sequía ecológica. Se refiere al déficit prolongado o generalizado de la humedad del suelo o del agua biológicamente disponible. El IPCC se refiere tanto a la sequía agrícola como a la ecológica como “sequía de la humedad del suelo”, pero a menudo estos dos conceptos se abordan como diferentes, pues la sequía ecológica se refiere a la afectación de los ecosistemas terrestres, ya sean naturales o gestionados por el ser humano. La sequía ecológica va más allá de los impactos terrestres causados por la baja humedad del suelo, pues el aumento de las temperaturas y la reducción de la disponibilidad de agua causan degradación de los servicios ambientales de los ecosistemas (Breshears et al., 2013) y, por ende, se degradan los suelos.
- La sequía socioeconómica. Es aquella que se presenta cuando las condiciones ambientales empiezan a afectar el normal desarrollo de las actividades humanas, generando pérdidas en

¹ Consultado en la nota técnica IDEAM http://www.ideam.gov.co/documents/21021/69501251/NOTA+TECNICA_SEQUIA_2017.pdf/d47113b3-536b-4c83-a69c-22f97993016f?version=1.0



la producción y las actividades económicas como respuesta a la anormal y prolongada deficiencia de precipitaciones.

Para efectos de analizar las sequías, como fuerza motriz de la desertificación en el archipiélago de San Andrés y Providencia, se abordará en bajo la óptica de la sequía ecológica, siendo este concepto más integrador y amplio para explicar la degradación de los suelos, permitiendo además interpretar la humedad aprovechable en los suelos como un factor de resiliencia y adaptabilidad importante en los suelos, además de un indicador de fuerza motriz.

¿Qué efectos ocasionan las sequías en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina?

En términos generales, las sequías tienen efectos (se habla principalmente de afectación e impactos negativos en la literatura) de grandes proporciones en el medio socioeconómico y natural; las sequías se conocen como los desastres naturales de mayor impacto² (Urquijo, 2015). Los impactos de las sequías suelen ser categorizados de tres maneras: 1. Según su naturaleza, en económicos, ambientales y sociales, 2. Según el evento, en directos, indirectos e intangibles, y 3. Según el sector afectado u objetivo de análisis³; con respecto a los efectos de las sequías sobre los suelos, es viable revisar los impactos desde su misma afectación, considerándolo como el objetivo del análisis.

Entendiendo que los límites temporales de una sequía son difusos, es decir, es difícil conocer el momento exacto en que comienzan o terminan, es posible determinar que la mayor afectación a los suelos se produce a partir de la sequía ecológica (entre la meteorológica e hídrica), que normalmente tiene una duración entre 3 y 6 meses (sin embargo, una sequía extrema tiene mayor duración, con lo cual la afectación es mucho mayor). En ese momento, los suelos experimentan una deficiencia de agua que presiona su funcionamiento estructural y biótico. Entre los impactos identificados por Centro Nacional de Mitigación de Sequías (NDCM) que afectan directamente la calidad de los suelos, se resaltan los siguientes: aumento de la erosión, disminución de la calidad del agua disponible, aumento en la probabilidad de incendios forestales, mortalidad de las especies vegetales, deterioro de la estructura funcional del ciclo del agua; estos impactos generan unos nuevos que afectan, por una parte, la vida y condiciones físico químicas de los suelos, y por otra, la economía y calidad de vida de las personas, con lo cual se aumenta la presión sobre los suelos a corto y mediano plazo.

¿Las sequías inciden o no en la degradación de suelos en las islas?

Si. En zonas secas, es decir, en todo el territorio emergido de las islas, las sequías provocan la aceleración de los procesos de degradación de los suelos, y por tanto, de la desertificación. Las sequías y sus impactos sobre los suelos, señalados anteriormente, por sí solos generan procesos de degradación de suelos, como la erosión y pérdida de la materia orgánica. A su vez, estos impactos pueden reducir la resiliencia de los suelos frente a la actividad y uso que el ser humano determina sobre ellos, de manera que a futuro (corto plazo) se hacen más vulnerables a otros procesos, como la salinización y la compactación (y otros tipos de degradaciones físicas y químicas de los suelos).

² Consultado en https://oa.upm.es/39089/1/JULIA_URQUIJO_REGUERA.pdf, pg 27

³ Consultado en https://oa.upm.es/39089/1/JULIA_URQUIJO_REGUERA.pdf, pg 29



¿Qué tan frecuentes son las sequías en las islas?

En el documento técnico del IDEAM, realizado por Mayorga y Hurtado (2006), se realiza la revisión de los eventos de sequía en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, entre los años 1970 y 2000. Como resultado, se encontró lo siguiente:

Tabla 6-1 Eventos de sequía que han afectado en las islas.

PERIODOS DE SEQUÍA	Sequía ligera	Sequía de ligera a moderada	Sequía moderada a extrema	Sequía Extrema
Junio/71-Octubre/72			X	
Junio/74-Agosto/75		X		
Mayo/76-Mayo/78				X
Septiembre/82-Septiembre/84			X	
Enero/89-Octubre/90	X			
Marzo/91-Abril/93				X
Diciembre/93-Junio/95		X		
Abril/97-Mayo/98			X	

Fuente: Documento técnico sobre la sequía en Colombia IDEAM, 2006.

En la nota técnica para actualización de la estadística de sequías en Colombia del IDEAM (Blanco y Cadena, 2017), se mencionan otros eventos de sequías extremas que afectaron el país, y en particular la costa Caribe (no se hace referencia específica al archipiélago). Estos eventos ocurrieron en los años 2001, 2009 y 2015-2016 (la sequía más fuerte registrada en la historia). En aquel estudio, Blanco y Cepeda señalan que el Caribe colombiano se caracteriza por presentar precipitaciones bajas en el primer semestre, lo cual genera sequías estacionales todos los años, desde enero a abril.

Al observar la Tabla 6-1, se deduce que el archipiélago sintió al menos 8 eventos de sequía entre los años 1970 y 2000, de los cuales 5 fueron muy fuertes. En el periodo siguiente, del año 2000 al 2015, se presume que sucedieron al menos otros 3 eventos fuertes de sequía en el archipiélago. El 21 de marzo del 2021, la gobernación del archipiélago emitió el decreto 0068, “por medio del cual se declara la calamidad pública por temporada de calor y sequía, escasez de agua potable, quemas e incendios forestales”, dada las bajas precipitaciones y temporada de altas temperatura registrada desde el huracán IOTA hasta la fecha del decreto; en ese momento, se preveía que la sequía y demás problemáticas durarán al menos hasta el primer semestre del año 2021.

En la Figura 6-1, se zonifica el parámetro de humedad aprovechable del suelo, que se entiende como el volumen del suelo que está ocupado por agua disponible para ser absorbida por las plantas. Cuanto más bajo es el valor, quiere decir que los suelos disponen de muy poco espacio para el





almacenamiento de agua, asociado normalmente a texturas gruesas, baja porosidad, incluso compactación, y por tanto son más propensos a degradarse por los efectos de la sequía ecológica.

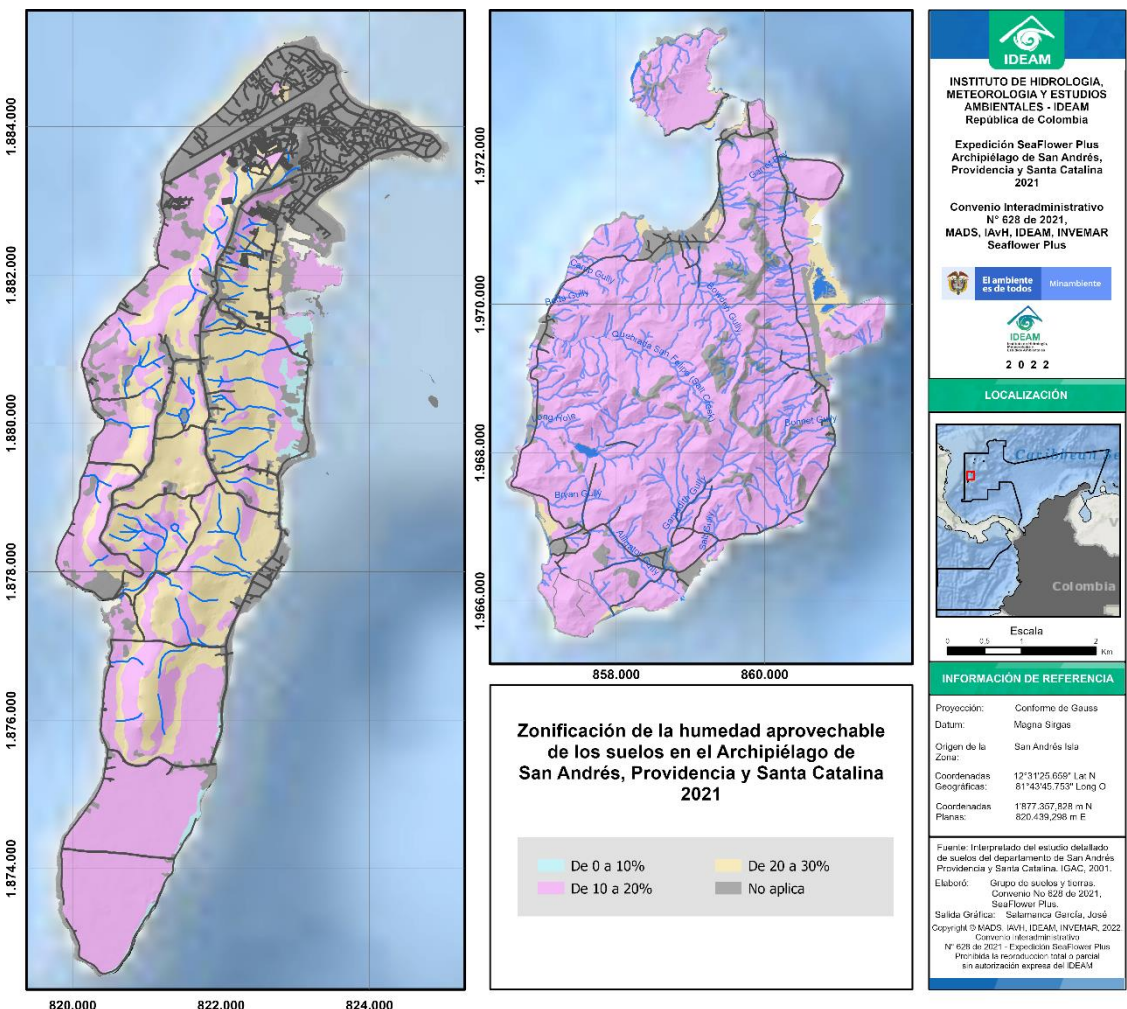


Figura 6-1 Humedad aprovechable del suelo en las islas.

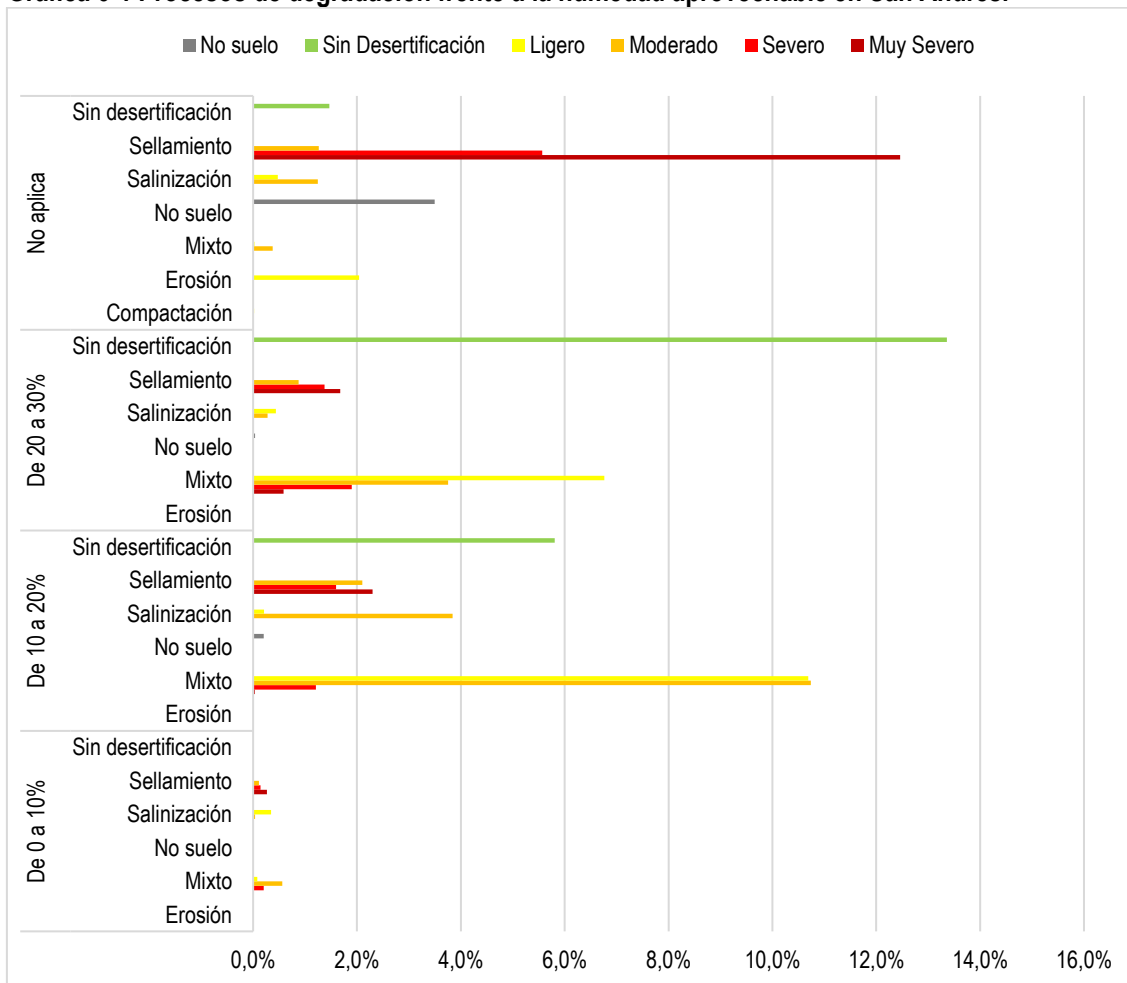
Un porcentaje de humedad aprovechable menor al 20%, indica que los suelos pueden ser muy frágiles frente a una sequía prolongada. En ese sentido, este umbral es tomado como referencia para calcular un indicador de fuerza motriz, que relaciona la sequía por baja humedad aprovechable en los suelos con la degradación por desertificación. Tal y como se observa en la Figura 6-1, la mayor parte de los suelos de las islas presentan una humedad aprovechable entre el 10% y el 20% de capacidad.

En la Gráfica 6-1 se aprecia la relación espacial entre los procesos de degradación de suelos y los rangos de humedad aprovechable, en la isla de San Andrés. Los suelos con porcentajes menores al 20% presentan mayor presencia de salinización y concurrencia de varios procesos (mixto); en su mayoría, los procesos de desertificación en los suelos con baja humedad aprovechable tienden a ser de grado ligero a moderado.





Gráfica 6-1 Procesos de degradación frente a la humedad aprovechable en San Andrés.



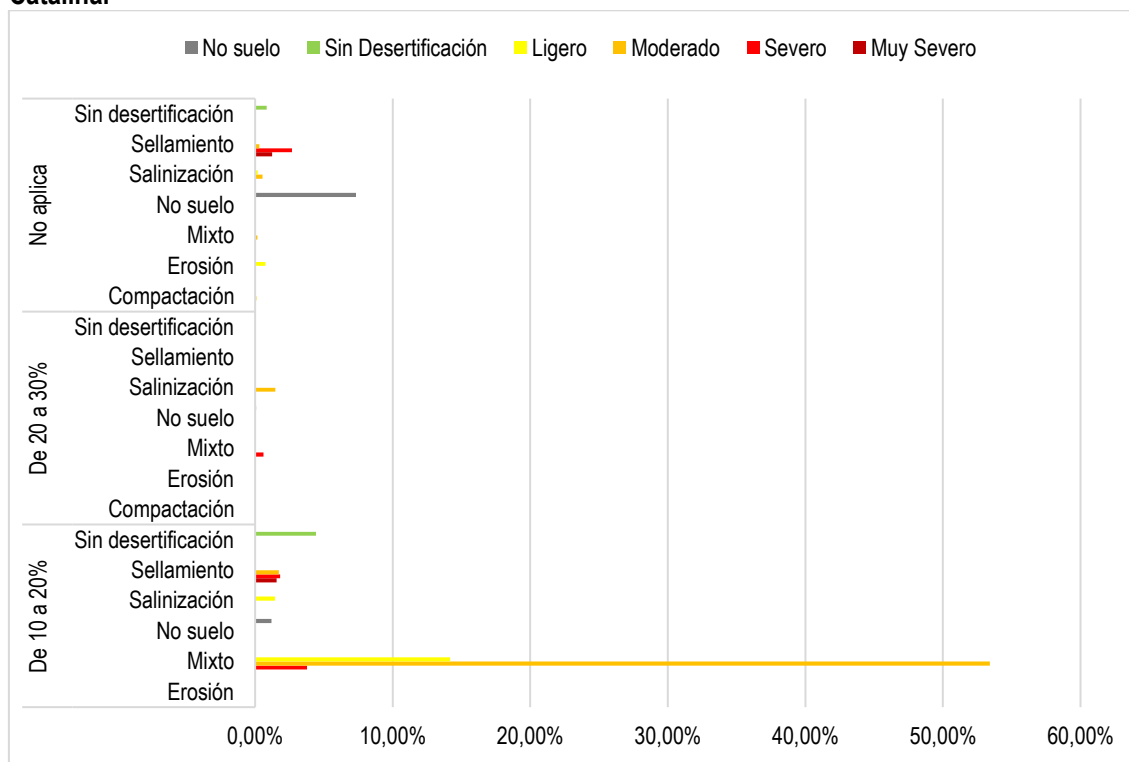
En la Gráfica 6-2 se observa el comportamiento espacial de los procesos de degradación de suelos frente a la humedad aprovechable, en las islas de Providencia y Santa Catalina. Es evidente que la mayoría de los suelos de las islas tiene una baja capacidad de almacenamiento de agua, y que, además, estos suelos se encuentran afectados por desertificación en grado moderado, con procesos mixtos de degradación.

El indicador de magnitud en zonas con baja humedad aprovechable señala, en San Andrés, que el 85,1% de los suelos con capacidad menor al 20% (1087,8 hectáreas) presentan algún grado de desertificación; el 14,2% de estos suelos, presentan severidad en la desertificación. Por su parte, en Providencia y Santa Catalina hay 1846 hectáreas de suelos con baja humedad aprovechable, de los cuales el 93,3% tienen magnitud por desertificación, y el 8,6% cuentan con severidad.





Gráfica 6-2 Procesos de degradación frente a la humedad aprovechable en Providencia y Santa Catalina.



Las sequías, como fuerza motriz, son causantes indirectas importantes de la desertificación en el archipiélago. Los impactos que producen de manera directa e indirecta sobre los suelos generan procesos de degradación y potencian o aumentan los ya existentes.

En cuanto a la frecuencia e intensidad de las sequías en el archipiélago, se observa que en los últimos 50 años (1970 al 2020) se han registrado al menos 8 eventos muy fuertes (sequías moderadas a severas); en ese periodo, también se registran varios eventos de sequías leves a moderadas en el archipiélago). Por lo anterior, es posible señalar que San Andrés, Providencia y Santa Catalina, sufren de sequías moderadas a extremas de 1 a 2 veces por década, lo cual es una alerta importante para tener en cuenta, frente al monitoreo y seguimiento a la calidad de los suelos.

6.1.1.2. Ciclones tropicales

Para contextualizar sobre el tema, es importante abordar un par de definiciones relevantes⁴:

- ¿Qué es un ciclón?: es una circulación atmosférica cerrada que gira en sentido contrario a las agujas del reloj en el hemisferio norte y en el sentido de las agujas del reloj en el hemisferio sur.
- ¿Qué es un Huracán (y un Tifón)?: es un ciclón tropical en el que el viento máximo sostenido en la superficie (utilizando el promedio de 1 minuto de EE. UU.) es de 64 kt (74 mph o 119 km/ h) o más. El término huracán se utiliza para los ciclones tropicales del

⁴ Consultado en glosario de NOAA <https://www.nhc.noaa.gov/aboutgloss.shtml>





hemisferio norte al este de la línea internacional de cambio de fecha al meridiano de Greenwich. El término tifón se utiliza para los ciclones tropicales del Pacífico al norte del ecuador al oeste de la línea internacional de cambio de fecha.

Conforme a lo anterior, a continuación, se da respuesta a algunas preguntas que acercan a entender la incidencia de los huracanes en los procesos de degradación de los suelos.

¿Qué efectos ocasionan los huracanes?

Los huracanes tienen efectos sobre el medio biofísico y antrópico, debido a los vientos y a las grandes cantidades de agua que cae en forma de lluvia; este último aspecto, provoca efectos de mayor afectación en comparación con los vientos. Según la escala de Saffir – Simpson, los huracanes se clasifican según la velocidad de los vientos⁵, así:

- Clase 1: Vientos peligrosos, algunos daños, 119–153 km/h
- Clase 2: Daños extensos, 154–177 km/h
- Clase 3: Daños devastadores, 178–209 km/h
- Clase 4: Daño catastrófico, 210–249 km/h
- Clase 5: Daño catastrófico, son los más peligrosos, ≥ 250 km/h

Por su parte, las lluvias extremas de los huracanes (por lo general, cae en unas horas gran cantidad de agua precipitada, que normalmente se presentaría en periodos de meses o años) generan inundaciones, deslizamientos de tierra, desprendimiento de árboles y aumento en el nivel del mar, que combinado con los vientos puede provocar fuerte oleaje (destrutivo en las zonas costeras). Lo anterior, resulta en afectación directa e indirecta sobre la estructura ecológica principal y a la infraestructura de vivienda y transporte (entre otros).

¿Los ciclones tropicales inciden o no en la degradación de suelos y tierras?

Sí. Esta incidencia se explica desde dos frentes: por el impacto directo sobre los suelos y las tierras, y por el impacto socioeconómico, que a la larga se traduce en mayor presión sobre los suelos por parte de la población.

En cuanto al impacto directo sobre suelos y tierras, los vientos y en particular las lluvias, potencia procesos como la erosión hídrica y costera. En zonas desprovistas de vegetación y con cierta pendiente, se genera lavado de suelos y exposición del material parental, desencadenando pérdida de materia orgánica, entre otras consecuencias. Además, las lluvias depositan grandes cantidades de sales marinas en los suelos y las tierras, lo cual potencia la salinización y/o degradación química.

En cuanto al impacto socioeconómico, toda afectación al tejido económico suele resultar, en el corto o mediano plazo, en nuevas dinámicas que presionan los servicios ambientales de los suelos, que conlleva a potenciar procesos de degradación de tierras, e incluso a generar nuevos procesos, como el sellamiento por aumento de infraestructura física (pavimento).

⁵ Consultado en <https://www.madrimasd.org/notiweb/analisis/huracanes-causas-consecuencias>



Huracanes que han afectado o pasado cerca al archipiélago⁶:

A partir de la revisión del repositorio de datos de NOAA, para huracanes en el Atlántico entre 1950 y 2021; en el sitio Web se observan los anexos cartográficos con la trayectoria de los eventos por temporada, que corresponden al periodo entre 1995 y 2021. En esta revisión solo se analizan e incluyen los eventos que tuvieron recorrido en la zona con un radio de 200 km alrededor del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Ver Tabla 6-2.

Tabla 6-2 Eventos registrados en la zona del archipiélago, entre 1950 y 2021.

Nombre	Año	Tipo *	Escala Saffir-Simpson **	Trayectoria **
MARCO	2020	H	-3	De este a oeste
ETA	2020	MH	2	De sureste a noroeste
IOTA	2020	MH	4	De este a oeste
NATE	2017	H	-1	De sureste a norte
OTTO	2016	MH	1	De este a oeste
BARRY	2013	T	-3	De sur este a noroeste
HELENE	2012	T	-3	De este a oeste
RINA	2011	MH	-1	De sur a norte
MATTHEW	2010	T	0	De este a noroeste
PAULA	2010	H	-1	De sureste a noroeste
IDA	2009	H	0	De sureste a norte
PALOMA	2008	MH	-1	De sur a norte
FELIX	2007	MH	4	De este a oeste, pasa a 150 Km al norte de las islas
BETA	2005	MH	1	De sur a noroeste
KATRINA	1999	T	-1	De sureste a noroeste
CESAR	1996	H	1	De este a oeste
LILI	1996	MH	-1	De sureste a noroeste
MARCO	1996	H	0	De este a noroeste
ROXANNE	1995	MH	-1	De sur a norte

⁶ Consultado en repositorio de datos NOAA <https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/index.php?season=2021&basin=atl>





Nombre	Año	Tipo *	Escala Saffir-Simpson **	Trayectoria **
GORDON	1994	T	-1	De sureste a norte
BRET	1993	T	0	De este a oeste
GERT	1993	T	-1	De este a noroeste
DIANA	1990	T	-1	De sureste a noroeste
JOAN – MIRIAM	1988	MH	3	De este a oeste
Not Named	1987	T	-1	De este a oeste
FLOYD	1987	H	-1	Al noroeste de las islas
Not Named	1981	T	-1	De este a oeste
HERMINE	1980	T	-1	De este a oeste
JEANNE	1980	T	-3	De sur a norte
Not Named	1980	T	-1	De sureste a noroeste
Not Named	1978	T	-1	De este a oeste
GRETA	1978	H	2	De este a noroeste, pasa a 150 km al norte de las islas
Not Named	1975	T	-1	De este a noroeste
EDITH	1971	MH	3	De este a noroeste, pasa a 100 km al norte de las islas
IRENE - OLIVIA	1971	H	1	De este a oeste
LAURA	1971	T	-1	De sureste a noroeste
ALMA	1970	T	-1	De sureste a noroeste
Not Named	1969	T	-1	De sur a norte
GLADYS	1968	T	-1	De sureste a noroeste
Not Named	1964	T	0	De sureste a noroeste
HATTIE	1961	MH	3	De sur a norte, paso por encima de las islas
JUDITH	1959	T	-1	De este a noroeste
GILDA	1954	T	0	De este a oeste



Nombre	Año	Tipo *	Escala Saffir-Simpson **	Trayectoria **
ALICE	1953	T	-1	Al noroeste de las islas
FOX	1952	T	-1	De sureste a noroeste

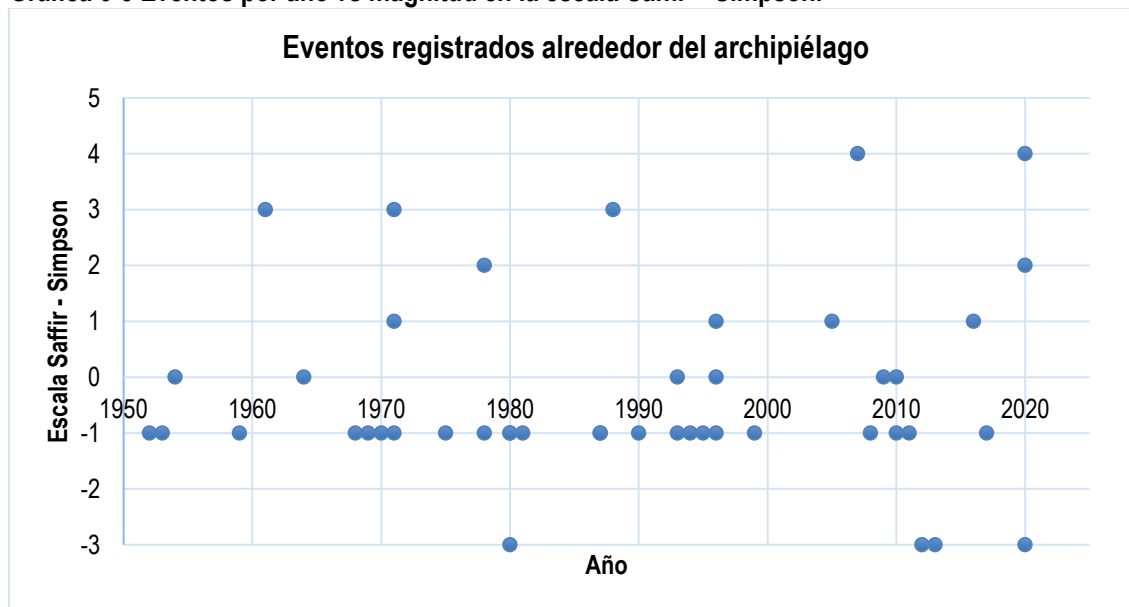
Fuente: elaboración propia a partir del repositorio histórico de NOAA.

* MH: Huracán mayor, H: Huracán, T: Tormenta o depresión tropical. El tipo de evento es definido por NOAA, acorde con el registro de la trayectoria para cada evento; la precisión del registro de los datos es buena de 1995 al 2021, y aproximada del año 1995 hacia atrás. ** El dato o referencia se da al momento del paso por la zona del análisis, alrededor del archipiélago. En cuanto a la trayectoria de los huracanes, en el repositorio de NOAA se encuentra para consulta la cartografía oficial para las temporadas con eventos dentro de la zona de análisis alrededor de las islas.

Frecuencia de los huracanes en el archipiélago

Con base en los eventos registrados en la tabla 2, se realiza la Gráfica 6-3, para presentar los eventos por año según su categoría en la escala de Saffir – Simpson.

Gráfica 6-3 Eventos por año vs magnitud en la escala Saffir – Simpson.



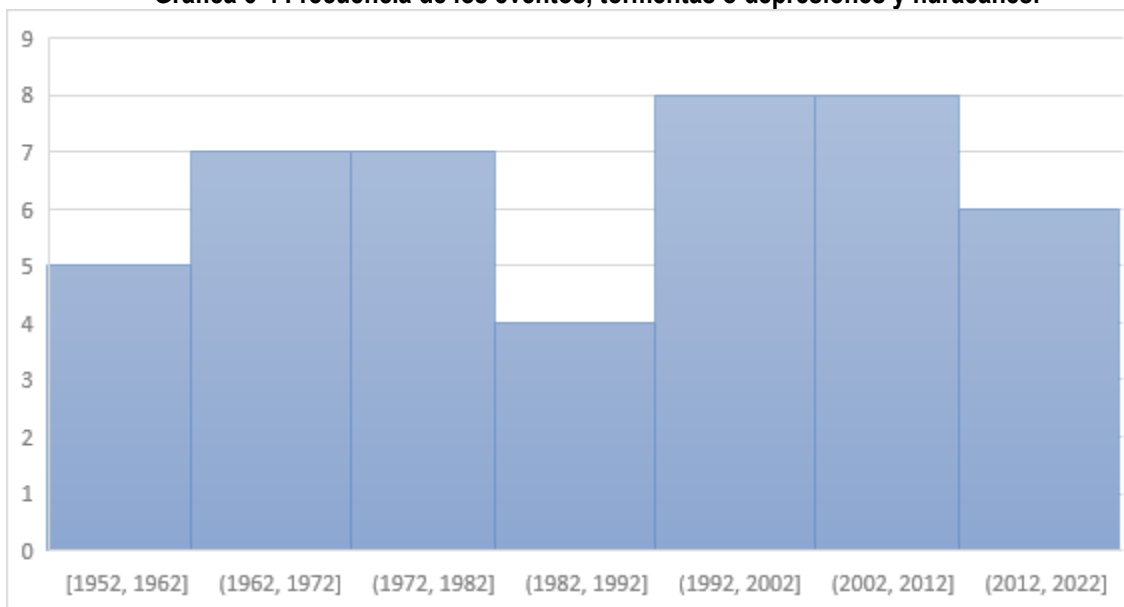
Fuente: elaboración propia a partir del repositorio histórico de NOAA.

Teniendo en cuenta todos los eventos, la gráfica 1 muestra que, en cada década, desde 1950 a 2020, se presentan depresiones y tormentas tropicales (magnitud -1, -3 y a veces 0), y además se presenta como mínimo 1 huracán. En la Gráfica 6-4 se observa el histograma de frecuencias de las tormentas, depresiones y huracanes en la zona de análisis alrededor del archipiélago; Entre 1962 y 1982 ocurrieron 14 eventos, mientras que esta cifra es superada entre 1992 y 2012, donde ocurrieron 16 eventos.



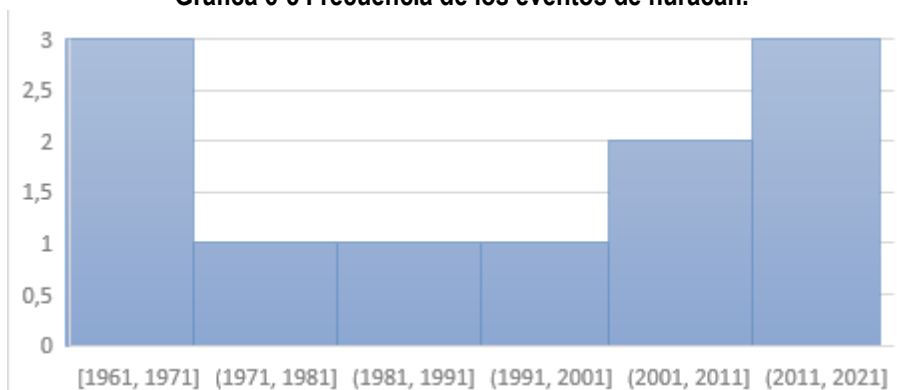


Gráfica 6-4 Frecuencia de los eventos, tormentas o depresiones y huracanes.



Por otra parte, en la Gráfica 6-5 se revisa únicamente la frecuencia de los huracanes, con categoría 1 o superior en la escala Saffir – Simpson. En la década entre 1961 y 1971, se presentaron 3 eventos, lo cual se repitió en la década de 2011 a 2021. En todas las décadas, se reportó al menos un evento con magnitud importante.

Gráfica 6-5 Frecuencia de los eventos de huracán.



Impacto del huracán IOTA en Providencia y Santa Catalina

Con base en el reporte técnico de NOAA sobre las características y consecuencias de IOTA⁷, se deduce, por el sentido del huracán (en contra de las manecillas del reloj) y por su cercanía a la pared sur del ojo (10 km al norte de Santa Catalina), que el impacto del huracán sobre la cobertura y los suelos de providencia se produce de manera directa y con mayor fuerza en la orientación del relieve (variable 1 interpretada) sentido oeste y noroeste. Igualmente, es lógico afirmar que el impacto menor (en el marco de gran afectación) se podría evidenciar en la orientación de relieve este y sureste. Ambas hipótesis son revisadas y confirmadas en campo y revisando la imagen satelital post

⁷ Consultado en https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/AL312020_lota.pdf





IOTA (alto porcentaje de coherencia). De lo anterior, se plantea un esquema de decisión para la zonificación del impacto directo de IOTA sobre la isla, utilizando la orientación del relieve, como se evidencia en la Tabla 6-3 y la zonificación espacial se muestra en la Figura 6-2:

Tabla 6-3 Esquema de decisión para la zonificación del impacto directo de IOTA

Aspecto	Valor	Reclasificación	Impacto	Verificación en imagen
NE	22,5 - 67,5	2	1	Afectado
E	67,5 - 112,5	3	1	Afectado
SE	112,5 - 157,5	4	1	Afectado
SO	202,5 - 247,5	6	1	Afectado
N	337,5 - 22,5	1	2	Alto afectado
S	157,5 - 202,5	5	2	Alto afectado
N	337,5 - 22,5	1	2	Alto afectado
O	247,5 - 292,5	7	3	Muy alto afectado
NO	292,5 - 337,5	8	3	Muy alto afectado

En un contexto de grave afectación (total), el impacto 1 es de grado alto, 2 significa muy alto y 3 significa impacto máximo. Esta calificación de impacto es verificada con 10 puntos de control sobre la imagen de satélite, en particular revisando los parches de cobertura vegetal muy afectados frente a otros poco afectados; 8 de los puntos son altamente coherentes con la calificación, mientras 2 de ellos generan alguna duda (sin embargo, mostrando afectación).

Para mejorar la coherencia en la zonificación, y teniendo en cuenta que hay caras del relieve que se encuentran ocultas detrás de otras, se incluye una segunda variable denominada Visibilidad, con dirección del observador desde el noroeste – oeste y con una altitud de 360 msnm (máxima altitud aproximada de la isla); con el objeto de asignar mayor peso a los puntos observables desde la dirección y altitud indicada, así como un aplanamiento leve a los valores no observados. El esquema de decisión usa la misma escala de valores de la variable 1 y se evidencia en la Tabla 6-4.

Tabla 6-4 Esquema de decisión de impacto a la variable de visibilidad.

Visibilidad	Impacto
1 - visible desde el noroeste - oeste	3
0 - no visible	1

Finalmente, mediante un proceso de álgebra de mapas se ponderan y operan las dos capas, dando un peso de 60% a la variable 1 y 40% a la variable 2; el objetivo es el de mantener con mayor peso a



la variable de análisis No.1. por ser la hipótesis central de la modelación del impacto del huracán en la isla. El resultado se presenta en la Figura 6-2.

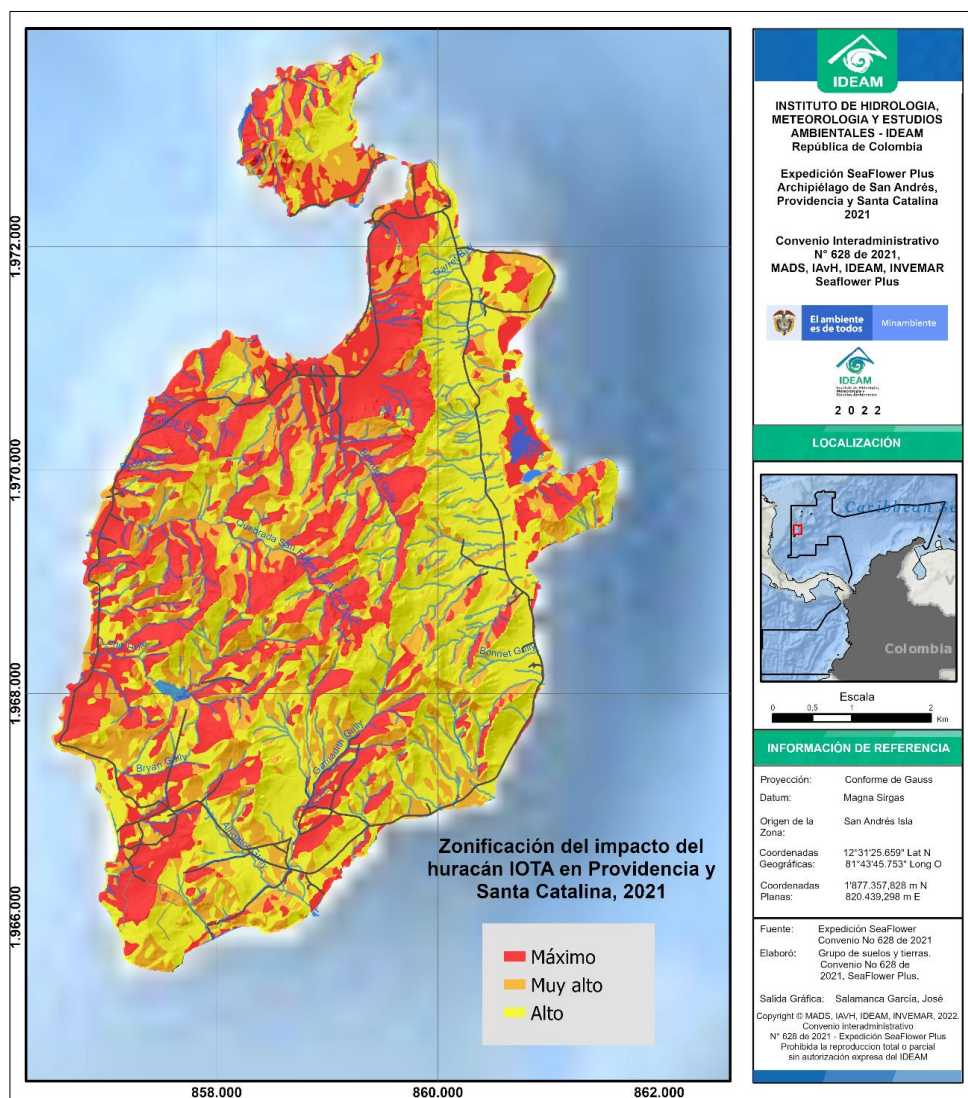


Figura 6-2 Impacto del huracán IOTA en Providencia y Santa Catalina.

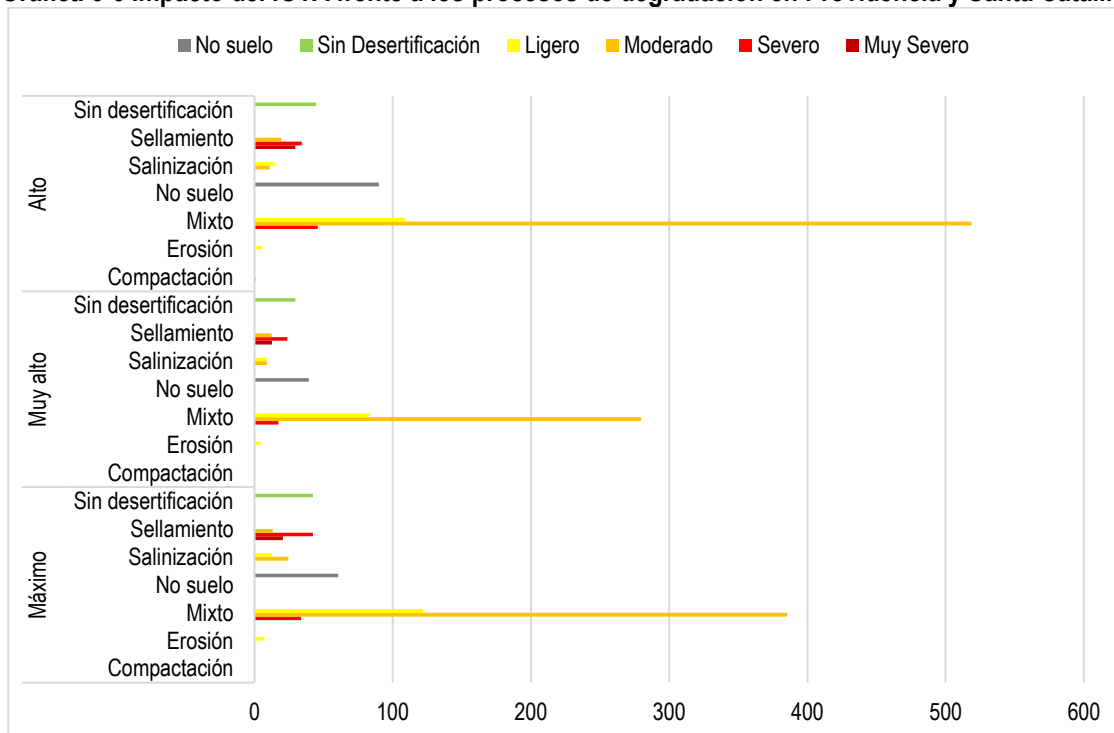
Al relacionar la zonificación del impacto del IOTA con el estado actual de la desertificación, se observa que los procesos de degradación de los suelos afectan en proporciones similares todos los grados de impacto. En particular, los procesos con mayor ocurrencia en todos los grados de impacto son los mixtos. Gráfica 6-6.

En cuanto al estado actual de la desertificación en relación con las zonas de mayor impacto por el huracán IOTA, se plantea el indicador de fuerza motriz como el porcentaje (%) del área con impacto máximo en las islas de Providencia y Santa Catalina, con magnitud y severidad. En ese sentido, el 86,5% del área más afectada por IOTA en las islas, cuenta con algún grado de desertificación, mientras que el 12.6% del área está afectada por grados severos.





Gráfica 6-6 Impacto del IOTA frente a los procesos de degradación en Providencia y Santa Catalina.



Los huracanes son fuerzas motrices de carácter natural, que causan indirectamente la degradación de suelos por desertificación en el archipiélago. La incidencia sobre los suelos de las islas se genera al potenciar la degradación en zonas secas, específicamente la erosión hídrica y costera, la salinización y la pérdida de materia orgánica, entre otros; son especialmente susceptibles los suelos desprovistos de vegetación o bajo usos que los exponen.

La frecuencia de los huracanes indica que por década siempre se repite al menos un evento fuerte, aunque en los últimos 10 años se han presentado 3 eventos fuertes (uno de ellos paso a 100 km aproximadamente de Providencia, si afectar la isla). Las tormentas y depresiones tropicales son más frecuentes en el área de influencia de las islas. Frente a este escenario (frecuencia de los eventos), es importante establecer medidas de contingencia y recomendaciones para el manejo de los suelos, de cara a mitigar la incidencia de los huracanes sobre los suelos de las islas.

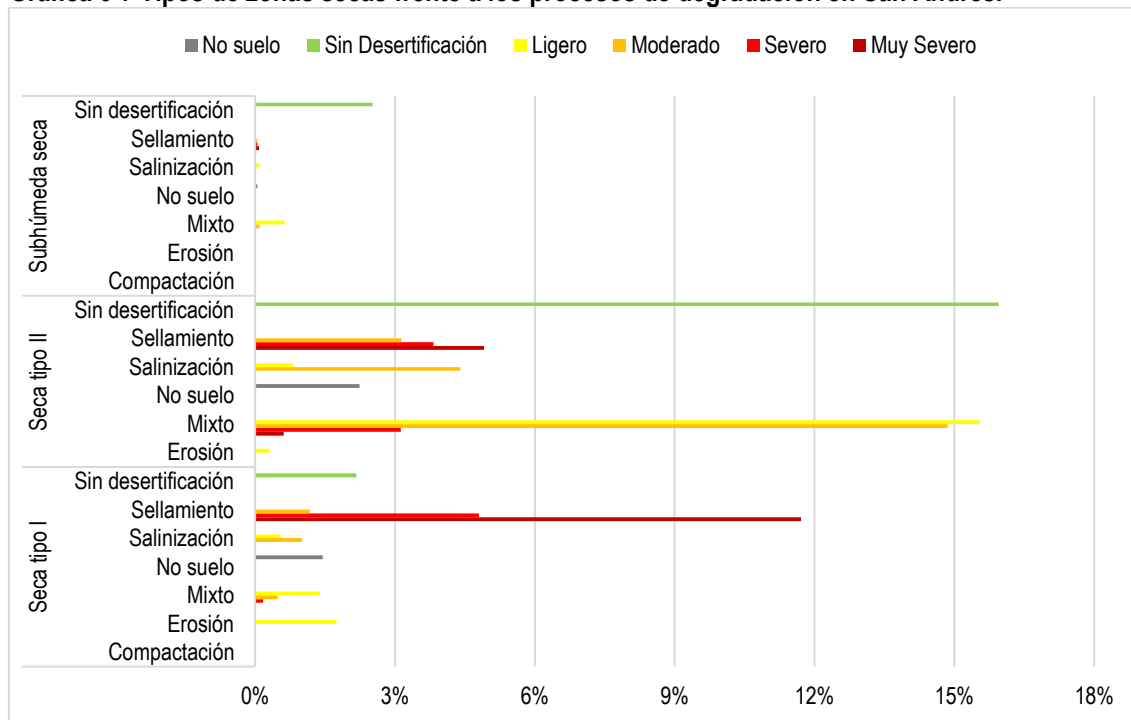
6.1.1.3. Tipos de zonas secas

Al analizar los tipos de zona seca, como fuerza motriz frente a los procesos de degradación de suelos por desertificación, se busca evidenciar que los procesos tienden a ser más fuertes y constantes en las zonas más secas. En la Gráfica 6-7 se observa la relación de las zonas secas con los procesos de degradación de los suelos y los grados de desertificación, para la isla de San Andrés; en efecto, los procesos se concentran en las zonas secas tipo I y II, resaltando la desertificación en grados moderados y severos. Además, se observa una tendencia hacia la presencia de los suelos sellados en zonas más secas, lo cual es un factor determinante para que, precisamente, las zonas secas lo sean aún más.



La Figura 5-1 presenta la zonificación de las zonas secas, donde Providencia y Santa Catalina cuentan con buena porción de su territorio en zonas tipo I (las más secas del archipiélago) al oriente; la vertiente occidental de Providencia es zona seca de tipo II. Las zonas subhúmedas secas, únicamente presentes en la isla de San Andrés, en la zona (central) de la cuenca del Cove, tienen características de mayor humedad, dentro de la categoría de zonas secas.

Gráfica 6-7 Tipos de zonas secas frente a los procesos de degradación en San Andrés.

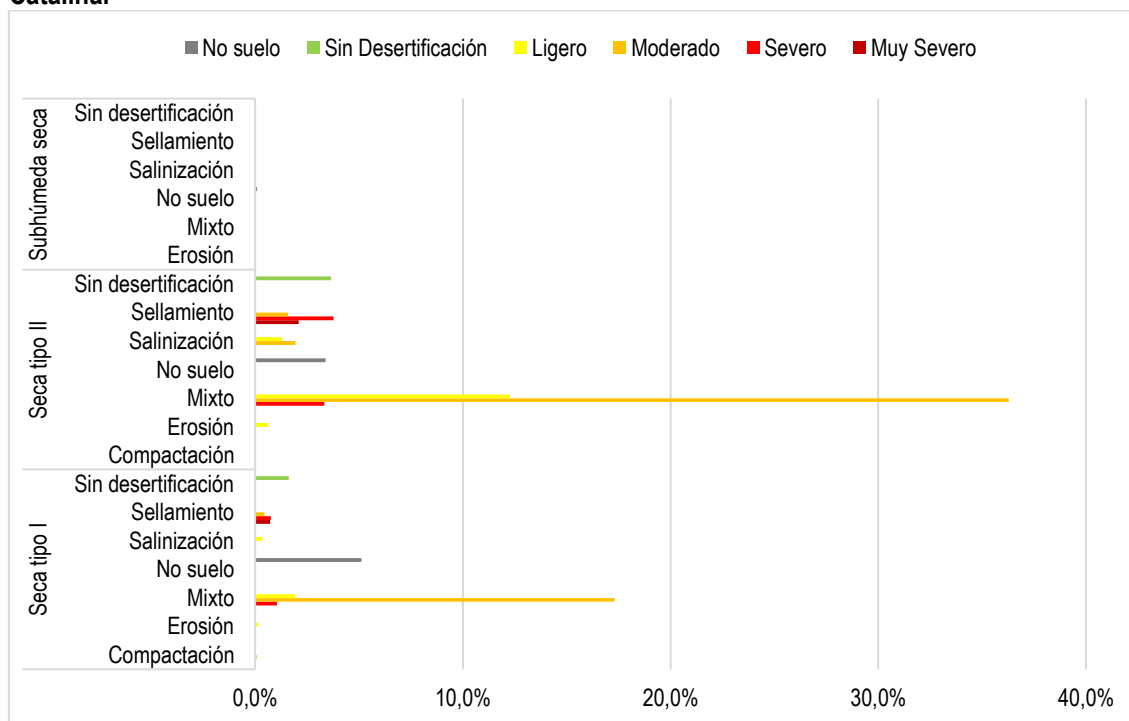


En cuanto al indicador de fuerza motriz relacionado con el tipo de zona seca, se presenta como el porcentaje (%) del área de las zonas más secas (tipo I) en la isla, con magnitud y severidad de desertificación. En ese sentido, el área de las zonas más secas en San Andrés es de 619,3 ha, con una magnitud del 86,4% y severidad del 62,5% (significativamente alta). Por su parte, las zonas más secas en Providencia y Santa Catalina tienen un área de 652,9 ha, con una magnitud de 77,2% y severidad de 8,6%.

En la Gráfica 6-8 se observa la relación entre los tipos de zonas secas y los procesos de desertificación en Providencia y Santa Catalina. Allí, los procesos de degradación se concentran en las zonas secas tipo I y II, dado que no se ha comprobado que están zonas subhúmedas secas en ambas islas.



Gráfica 6-8 Tipos de zonas secas frente a los procesos de degradación en Providencia y Santa Catalina.



6.2. Presiones

Los indicadores de presión describen las causas directas de la degradación de suelos por desertificación. Lo anterior ayuda a explicar las razones del estado actual de la desertización en las islas del archipiélago. Con base en lo observado en los trabajos de campo y en la revisión de información secundaria, se percibieron algunos aspectos relevantes relacionados con las presiones sobre los suelos de las islas:

- La expansión y crecimiento urbano es uno de los principales problemas de las islas, en particular en San Andrés, es el cemento que se expande por todos los sectores, generando infraestructura principalmente para el turismo; en ese sentido, se evidencia el sellamiento de los suelos.
- La ganadería, en particular la actividad pecuaria de bovinos en Providencia genera unos impactos negativos e importantes sobre los suelos de la isla, entre ellos, la compactación.
- La contaminación de los recursos naturales, dado que el manejo de residuos sólidos y aguas residuales es especialmente difícil en las islas. La contaminación generada se observa en las costas, pero también se evidencia en la cobertura terrestre.
- El turismo extractivo que genera recursos económicos importantes en las islas, pero presiona los recursos naturales al límite, es uno de los factores que más degrada los suelos.

En razón a lo anterior, a continuación, se abordan varios temas para explicar las presiones que inciden de manera importante en las islas, y que desde lo ecosistémico, social, económico e institucional causan directamente la degradación de suelos por desertificación.



6.2.1. Relieves extremos

Los relieves extremos corresponden a zonas con tendencia predominante de las pendientes (en longitud y área) mayores o iguales a 75%. El indicador se presenta como el porcentaje (%) del área de las zonas con pendientes mayor o igual al 75%, con magnitud y severidad de desertificación. San Andrés cuenta con 37,6 hectáreas de zonas con pendientes extremas, de las cuales el 76,8% presentan magnitud de la desertificación, mientras el 36,4% presenta severidad. Por su parte, Providencia y Santa Catalina cuentan con 149 hectáreas de zonas con pendientes extremas, de las cuales, el 75,3% presenta magnitud de la desertificación y tan solo el 0,4 presenta severidad.

En la Figura 6-3 se aprecia el mapa de zonas con pendiente extrema para ambas islas. En San Andrés, esta condición física del relieve es mínima, aunque coincide con grados severos de desertificación. En Providencia es frecuente observar las pendientes extremas, por su paisaje característico. En las Gráfica 6-9 y Gráfica 6-10 se observa la relación entre las pendientes extremas y los grados de desertificación; para las tres islas, se presenta magnitud de la desertificación en más del 75% de las zonas con pendientes mayores o iguales al 75%.

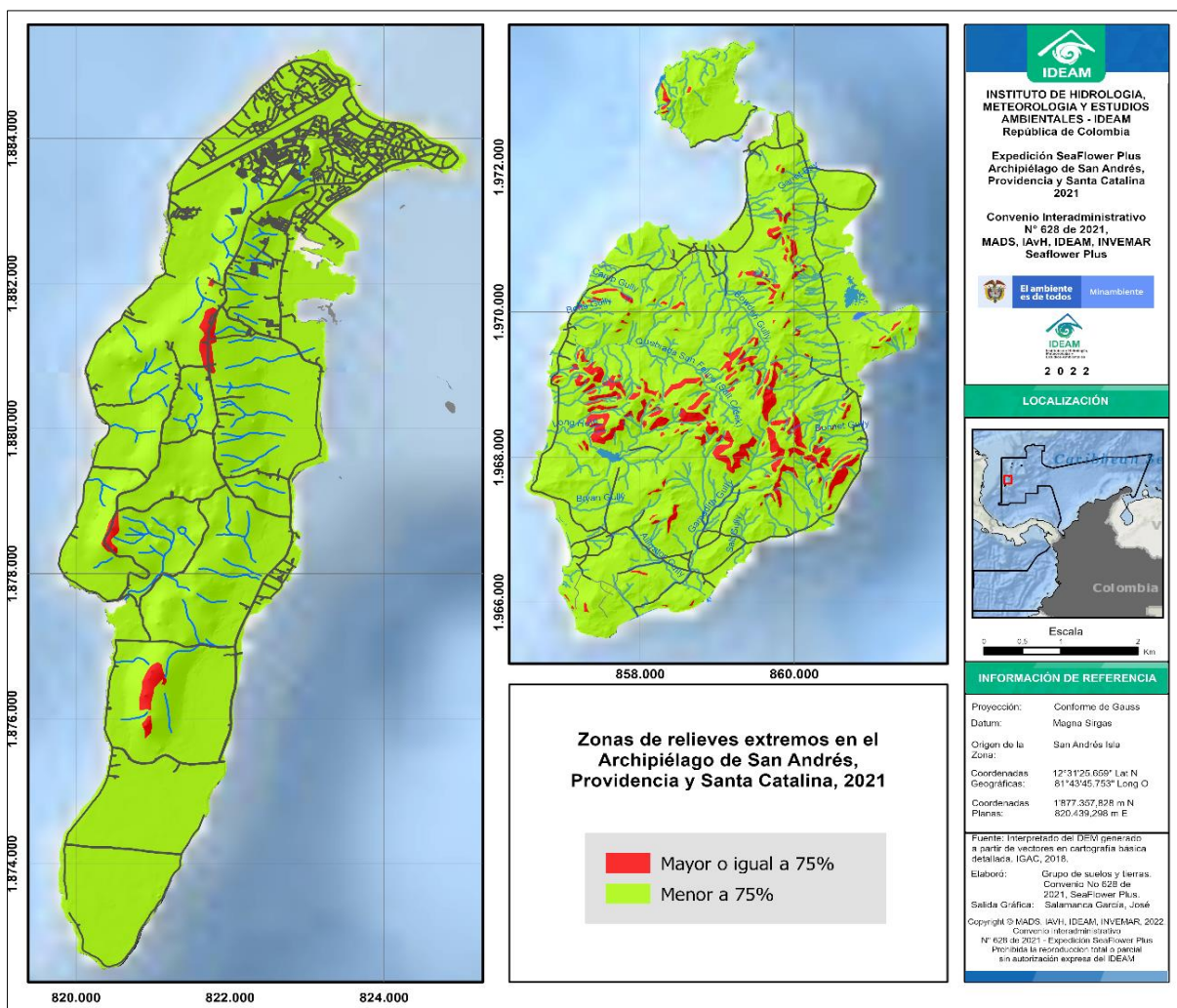
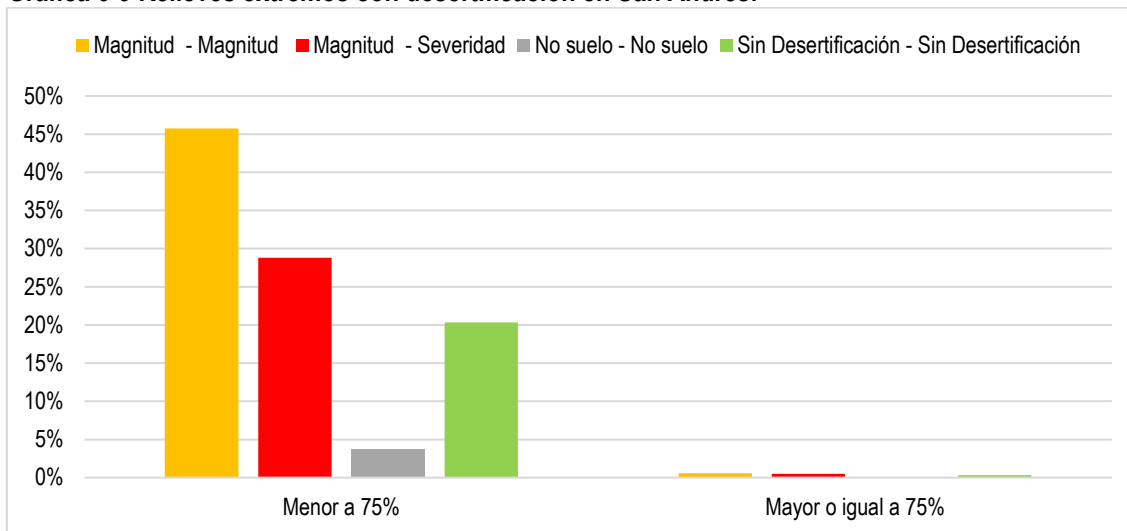


Figura 6-3 Relieves extremos en las islas

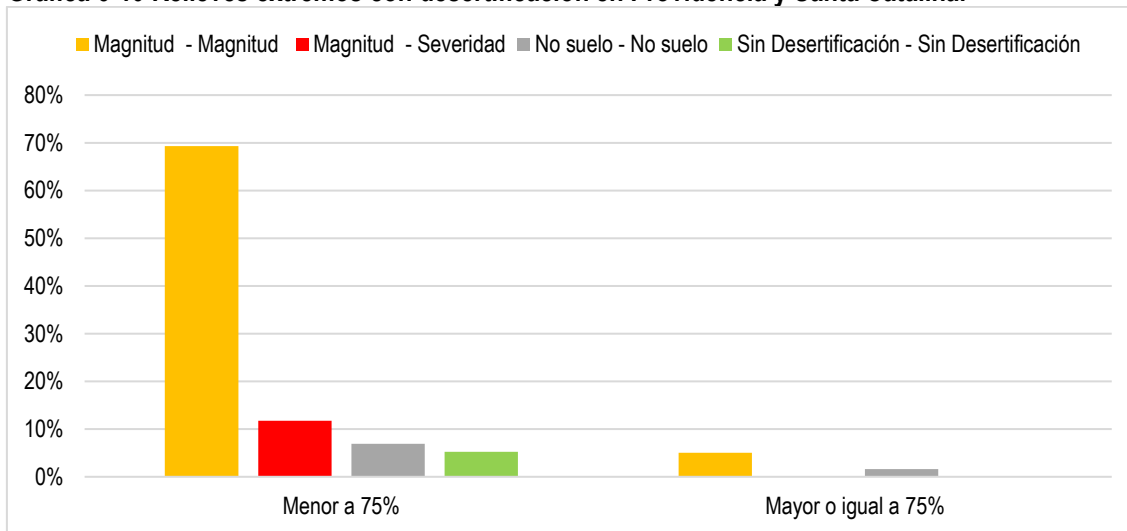




Gráfica 6-9 Relieves extremos con desertificación en San Andrés.



Gráfica 6-10 Relieves extremos con desertificación en Providencia y Santa Catalina.

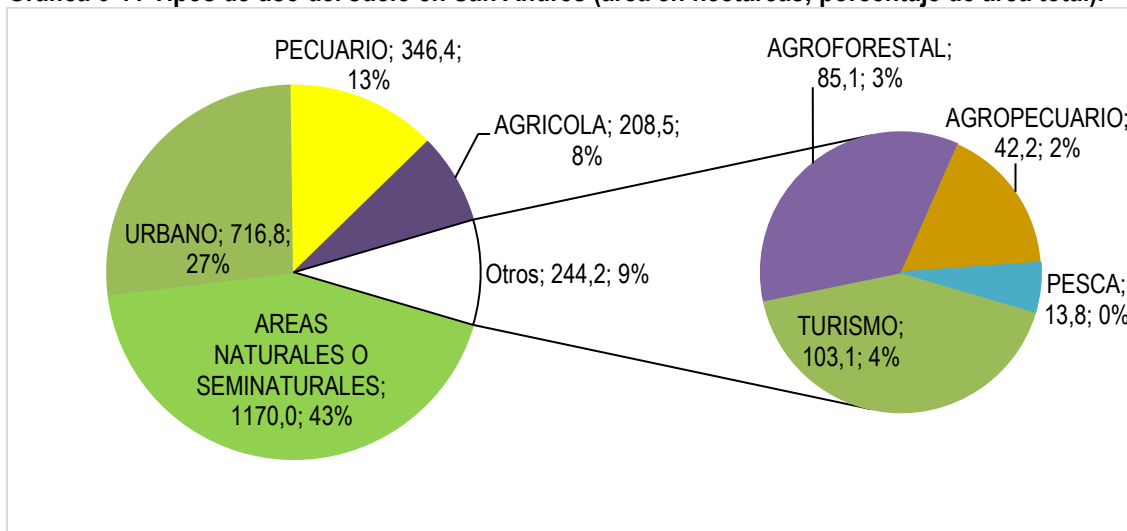


6.2.2. Tipos de uso de suelo

Los tipos de uso del suelo actual en las islas son el principal agente motivador o detonante de la degradación de los suelos. Esto no necesariamente significa que los usos del suelo sean inapropiados por si solos, sin embargo, dada las características de los suelos en las islas y las limitaciones de sus recursos, es importante prestar atención a la manera en que se utiliza el suelo y a las actividades culturales y económicas que desarrollan dicho uso. En la Gráfica 6-11 se observan los tipos de uso del suelo para San Andrés, donde destaca un 43% de áreas naturales, seguido del uso urbano (al cual se asocia el turismo), uso pecuario y agrícola.

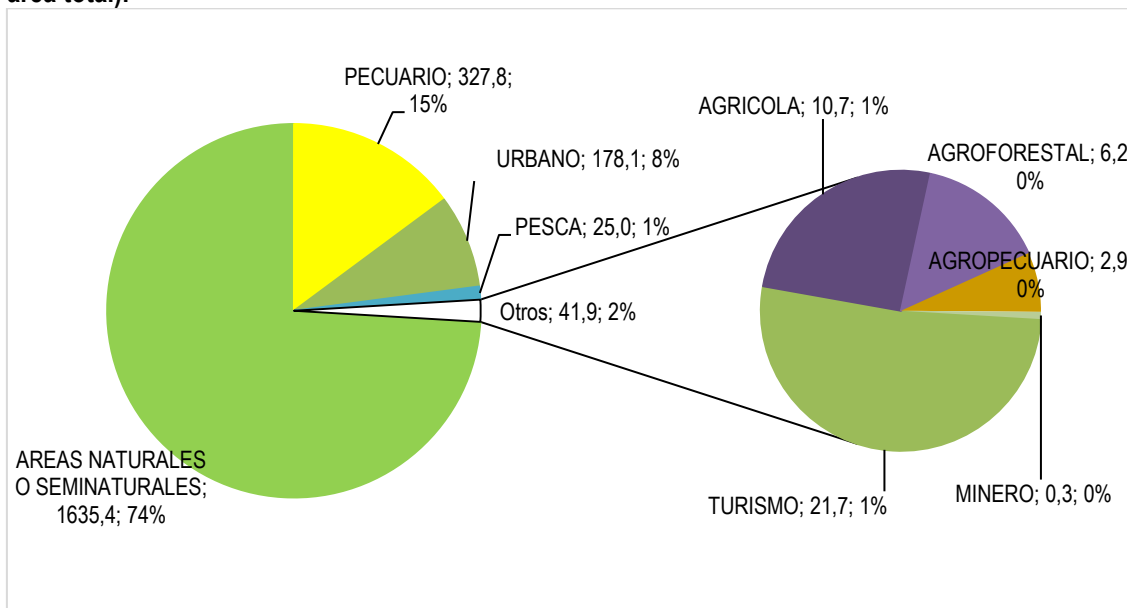


Gráfica 6-11 Tipos de uso del suelo en San Andrés (área en hectáreas; porcentaje de área total).



En cuanto a los tipos de uso del suelo en Providencia y Santa Catalina (Gráfica 6-12), principalmente se encuentran áreas naturales y seminaturales, seguido de los usos pecuarios y urbanos.

Gráfica 6-12 Tipos de uso del suelo en Providencia y Santa Catalina (área en hectáreas; porcentaje de área total).



En la Figura 6-4 se aprecia la distribución de los tipos de uso del suelo en las islas. Al respecto, cabe destacar que ambas islas tienen una cobertura importante asociada a las áreas naturales y seminaturales. En el caso de San Andrés, se observa una presión mayor asociada a los usos urbanos y de turismo, mientras que, en Providencia, llama la atención los tipos de usos pecuarios, que presionan fuertemente en zonas con relieve de pendientes relativamente altas.

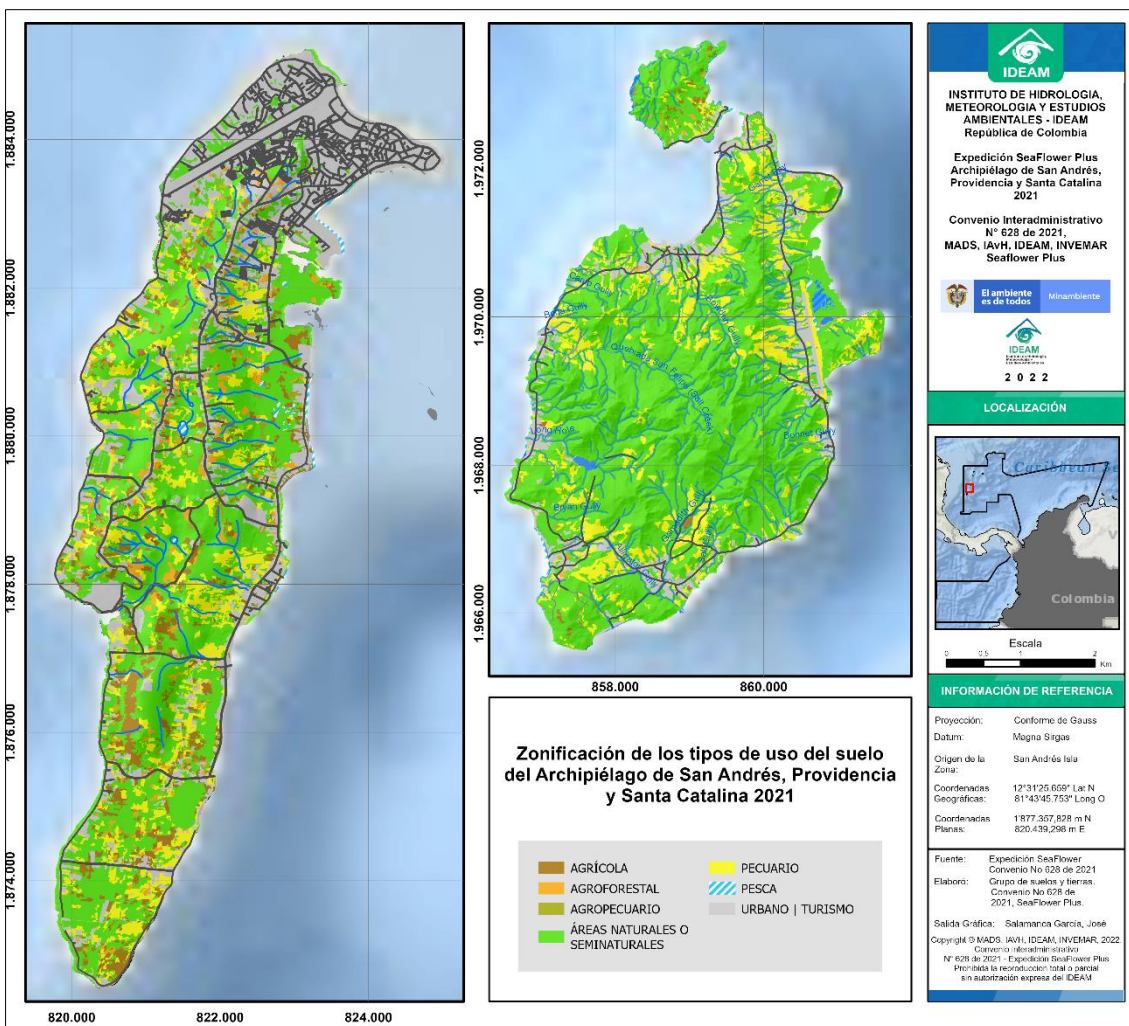


Figura 6-4 Tipos de uso del suelo en las Islas.

Con respecto a los tipos de uso agrícolas, San Andrés presenta un área asociada de 208,5 hectáreas, de las cuales el 72,3% tiene magnitud de la desertificación, mientras que el 13,3 presenta severidad. Con respecto a Providencia y Santa Catalina, estas cuentan con 10,7 hectáreas destinadas directamente a estos usos, para lo cual presenta un 92,5% con magnitud de la desertificación, y tan solo 1,5% de severidad.

En relación con los tipos de uso pecuarios, San Andrés revela un área total de 346,3 hectáreas, de las cuales el 88% presenta magnitud a la desertificación, mientras el 18,5% presenta severidad. En el caso de Providencia y Santa Catalina, se cuenta con un área de 327,8 hectáreas destinadas a estos usos, para lo cual se presenta un 93,1% con magnitud de la desertificación y un 21,6% de severidad.

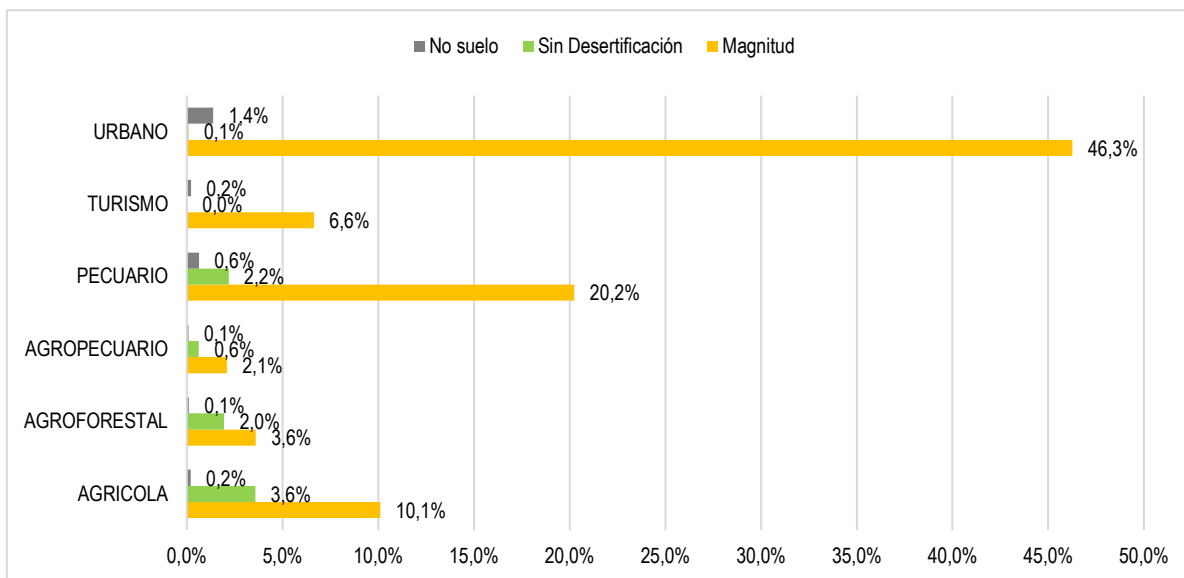
Frente a los tipos de uso urbano y turístico, San Andrés dispone un área de 820 hectáreas, de las cuales el 97,5% presenta magnitud de la desertificación y el 6,3% presenta severidad. Por su parte, providencia cuenta con un área de 200 hectáreas destinadas a estos usos, de las cuales el 93,9% presenta magnitud a la desertificación, mientras que el 71,2% presenta severidad.



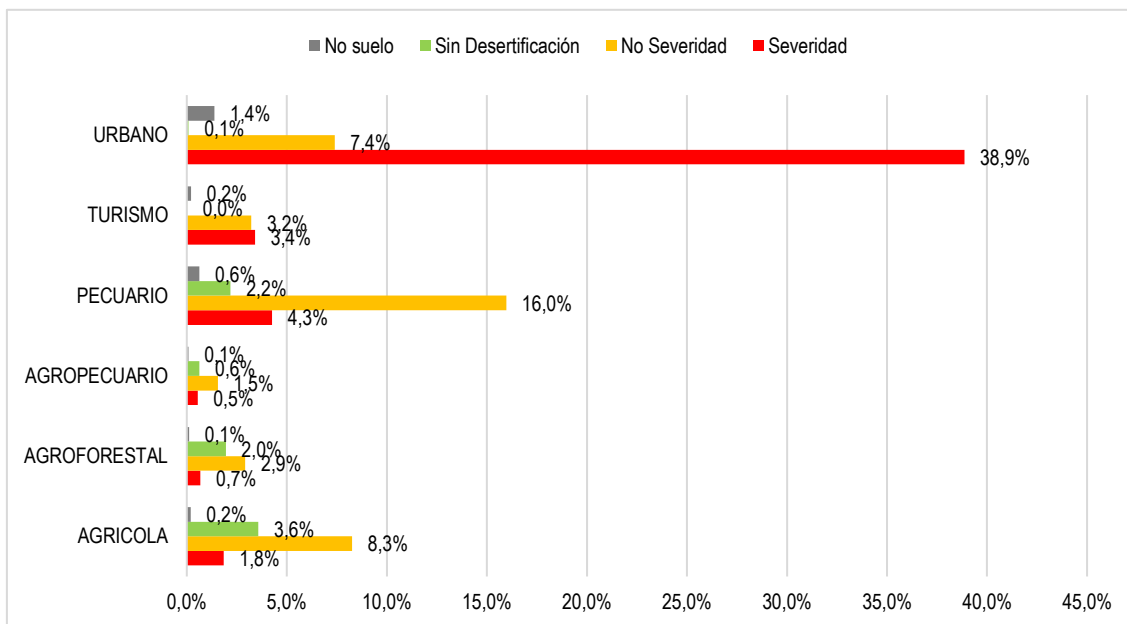


La Gráfica 6-13, Gráfica 6-14, Gráfica 6-15 y Gráfica 6-16, permiten observar el detalle de los tipos de usos del suelo para las islas, en relación con la magnitud y severidad de la desertificación; la sumatoria de los porcentajes por tipo de uso del suelo, representa la proporción del área total del tipo de uso en la respectiva isla.

Gráfica 6-13 Tipos de uso del suelo en San Andrés y magnitud de la desertificación.

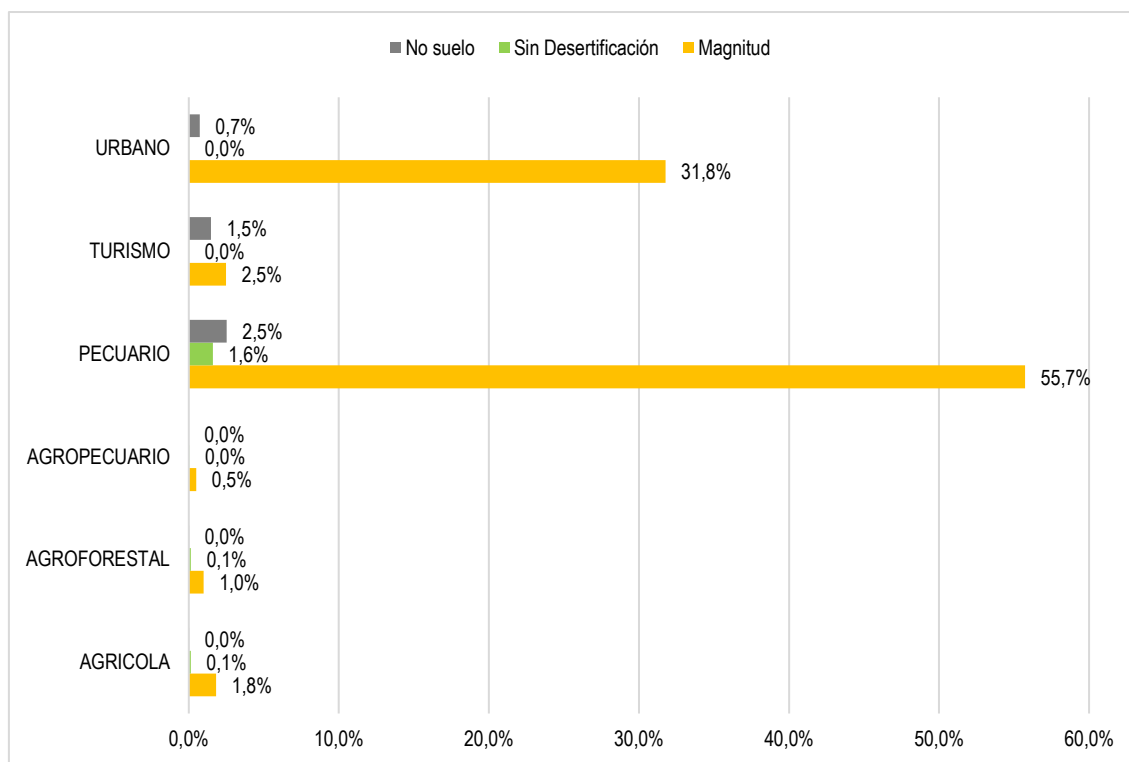


Gráfica 6-14 Tipos de uso del suelo en San Andrés y severidad de la desertificación.

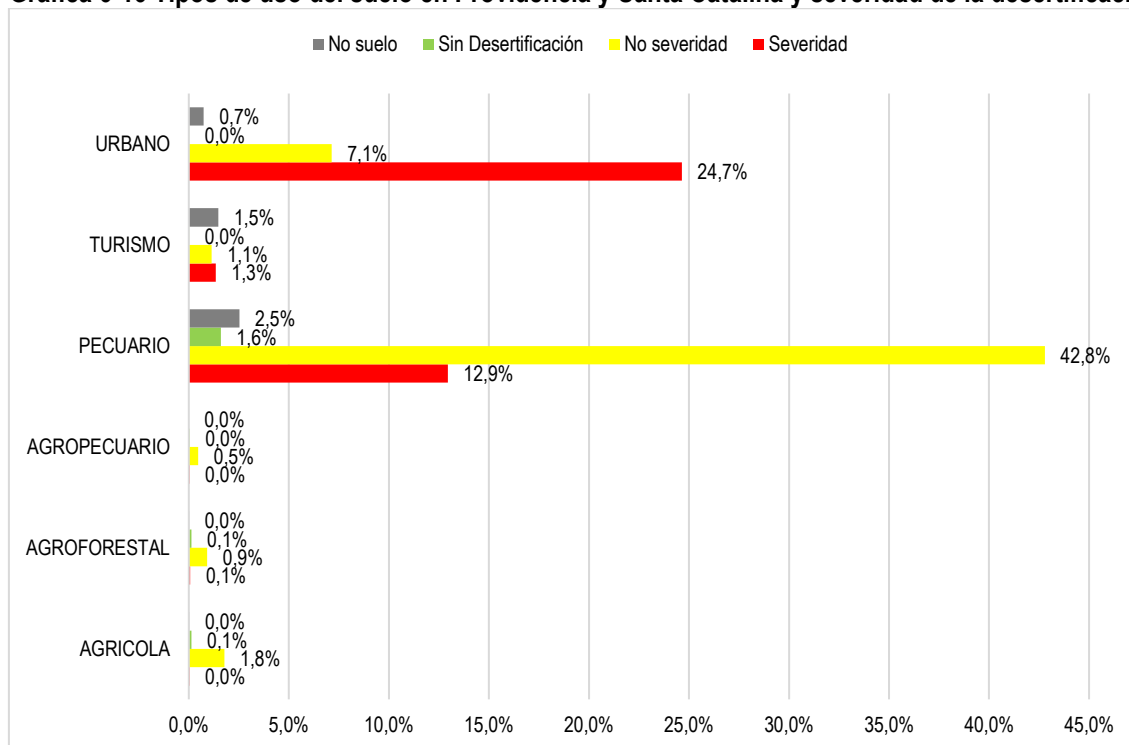




Gráfica 6-15 Tipos de uso del suelo en Providencia y Santa Catalina y magnitud de la desertificación.



Gráfica 6-16 Tipos de uso del suelo en Providencia y Santa Catalina y severidad de la desertificación.





6.2.3. Índice de ocupación en predios rurales

El índice de ocupación en las zonas rurales corresponde a la cantidad de terreno construido en un predio, expresado en porcentaje de área. El indicador se presenta como el porcentaje (%) del área con índice de ocupación igual o mayor al 20% en la isla, con magnitud y severidad de desertificación.

En la Figura 6-5 se observa la distribución espacial de las zonas con índice de ocupación rural en las islas. En general, predominan el índice de ocupación de 0 a 20% en los predios. En la Gráfica 6-17 y Gráfica 6-18 se observa la ocurrencia de magnitud y severidad en los rangos analizados para el índice de ocupación.

Para las zonas rurales con índice de ocupación mayor al 20%, San Andrés presenta un total de 15 hectáreas, de las cuales el 98% cuenta con magnitud de la desertificación, mientras el 88,6% cuenta con severidad; prácticamente, los predios rurales con alto índice de ocupación presentan procesos graves de desertificación. En Providencia y Santa Catalina, tan solo 1,6 hectáreas se encuentran en el rango analizado de índice de ocupación, lo cual presenta 99% de área con magnitud y severidad de la desertificación. A pesar de ser áreas pequeñas, en comparación con el total del territorio isleño, llama la atención la presencia de los grados severos de desertificación en estos predios.

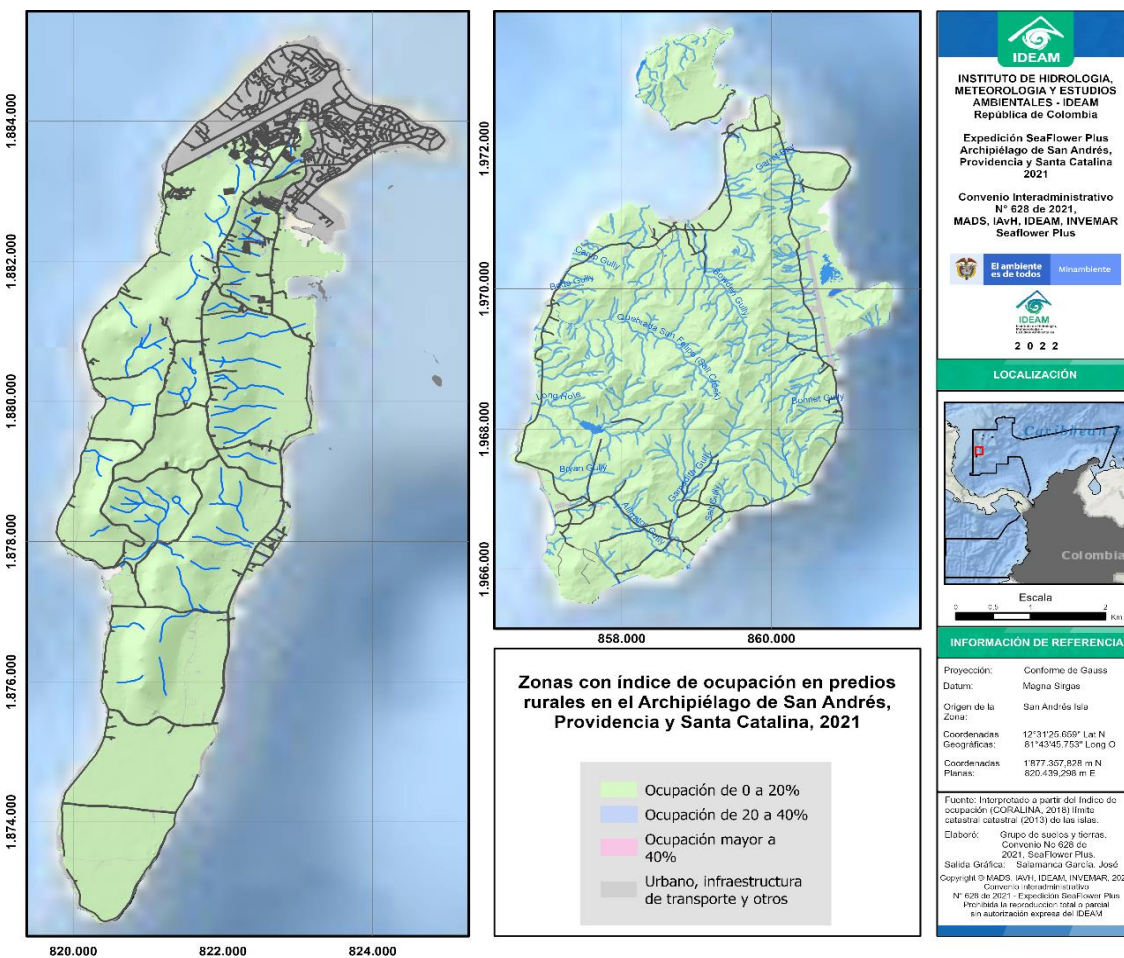
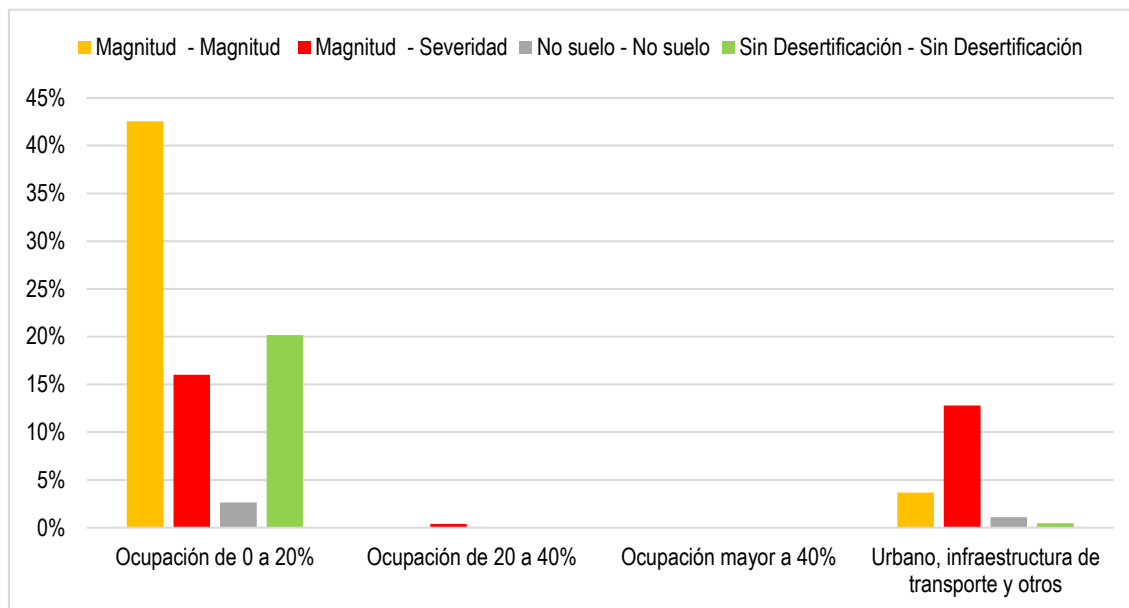


Figura 6-5 Índice de ocupación en zonas rurales.

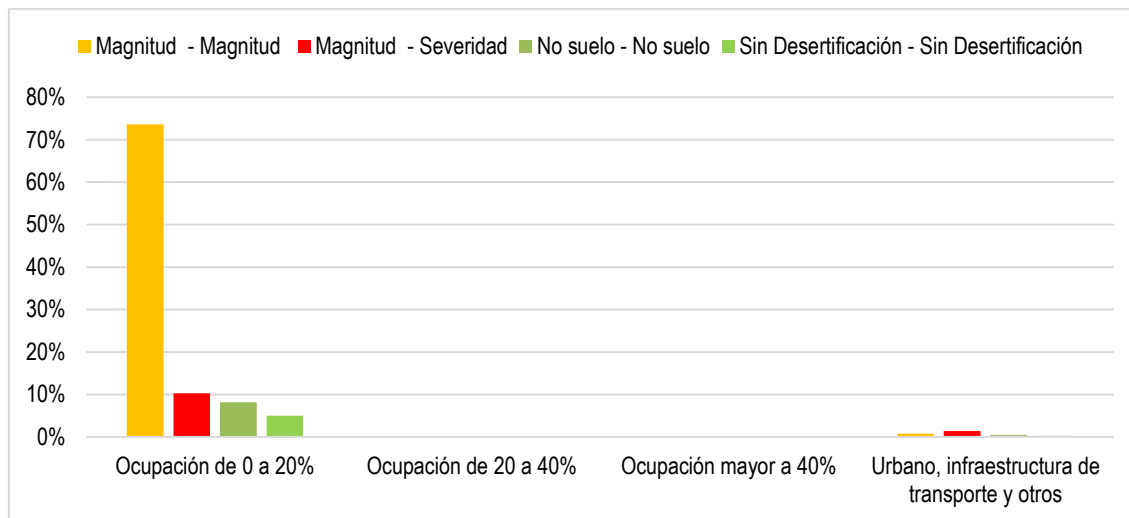




Gráfica 6-17 Índice de ocupación en zonas rurales en San Andrés, con magnitud y severidad de la desertificación.



Gráfica 6-18 Índice de ocupación en zonas rurales en Providencia y Santa Catalina, con magnitud y severidad de la desertificación.

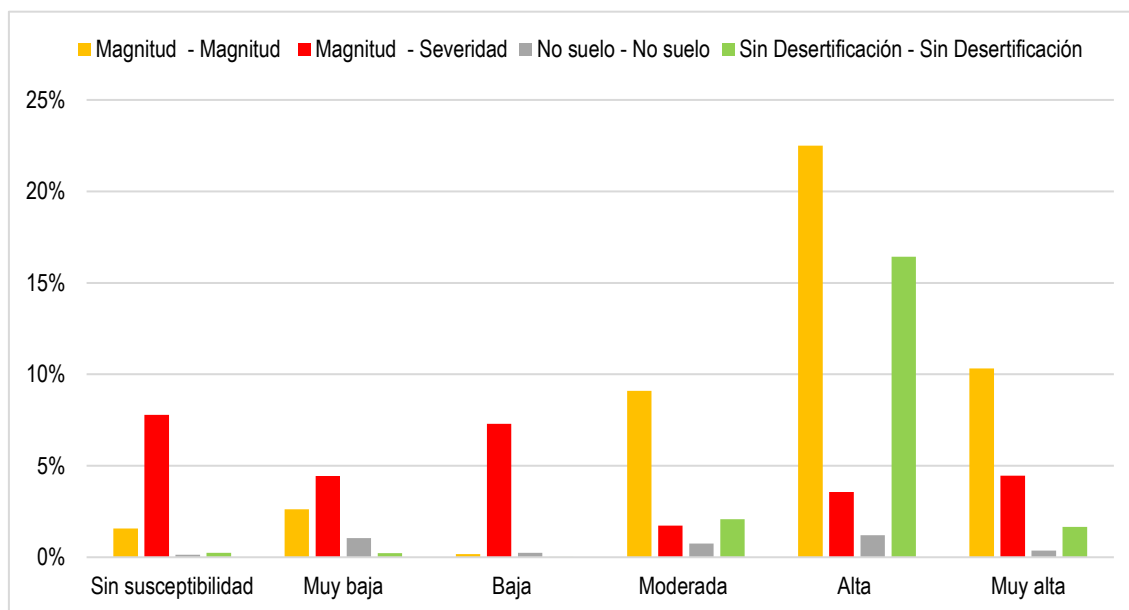


6.2.4. Susceptibilidad a incendios de la cobertura vegetal

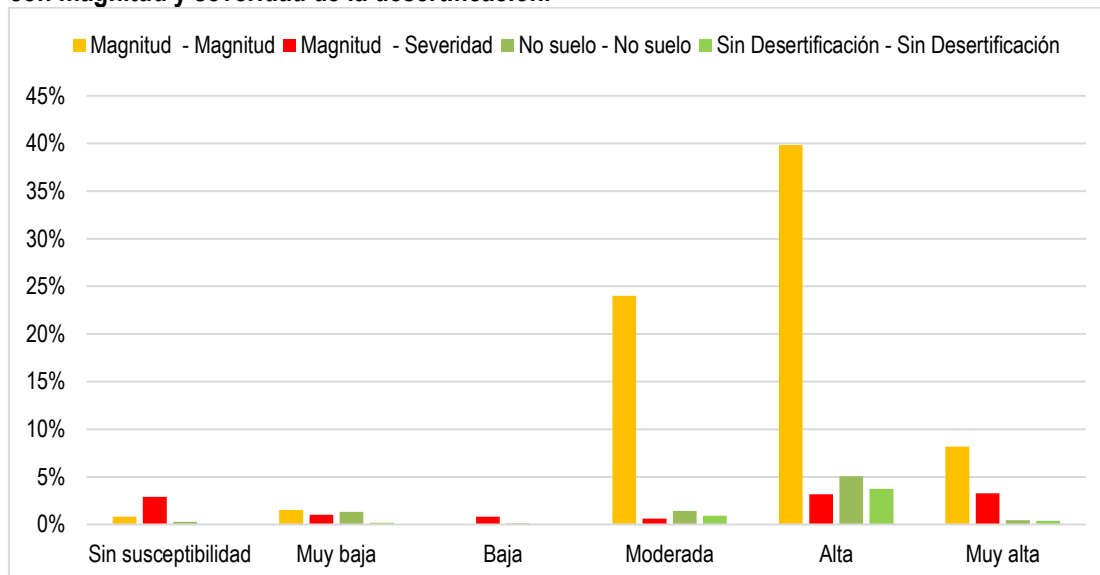
Las zonas susceptibles a incendios en la cobertura vegetal por condiciones naturales y antrópicas se califican con los grados: muy alta, alta, moderada, baja y muy baja. El indicador se presenta como el porcentaje (%) del área con grados alto y muy alto de susceptibilidad en la isla, con magnitud y severidad de desertificación.



Gráfica 6-19 Zonas susceptibles a incendios de la cobertura vegetal en San Andrés, con magnitud y severidad de la desertificación.



Gráfica 6-20 Zonas susceptibles a incendios de la cobertura vegetal en Providencia y Santa Catalina, con magnitud y severidad de la desertificación.



Con respecto a las zonas más susceptibles a incendios de la cobertura vegetal, San Andrés cuenta con 1625,3 hectáreas, de las cuales el 67,5% presenta magnitud de la desertificación y el 13,2% presenta severidad. En el caso de Providencia y Santa Catalina, son 1414 hectáreas muy susceptibles, de las cuales el 85% presenta magnitud de la desertificación y el 10% con severidad.

En la Figura 6-6 se observa la distribución de la susceptibilidad a incendios de la cobertura vegetal para ambas islas. Predominantemente, se presenta una susceptibilidad de media a alta para la mayoría del territorio emergido. En la Gráfica 6-19 y Gráfica 6-20, se observa el comportamiento de





la relación espacial entre los grados de susceptibilidad y la magnitud y severidad de la desertificación; se destaca que las susceptibilidades media, alta y muy alta, presentan en alto porcentaje magnitud de la desertificación, lo cual es un factor a tener en cuenta en la gestión del riesgo, pues ante un evento de incendio forestal, en cualquiera de las islas del archipiélago, los procesos de desertificación se extenderían y agravarían drásticamente.

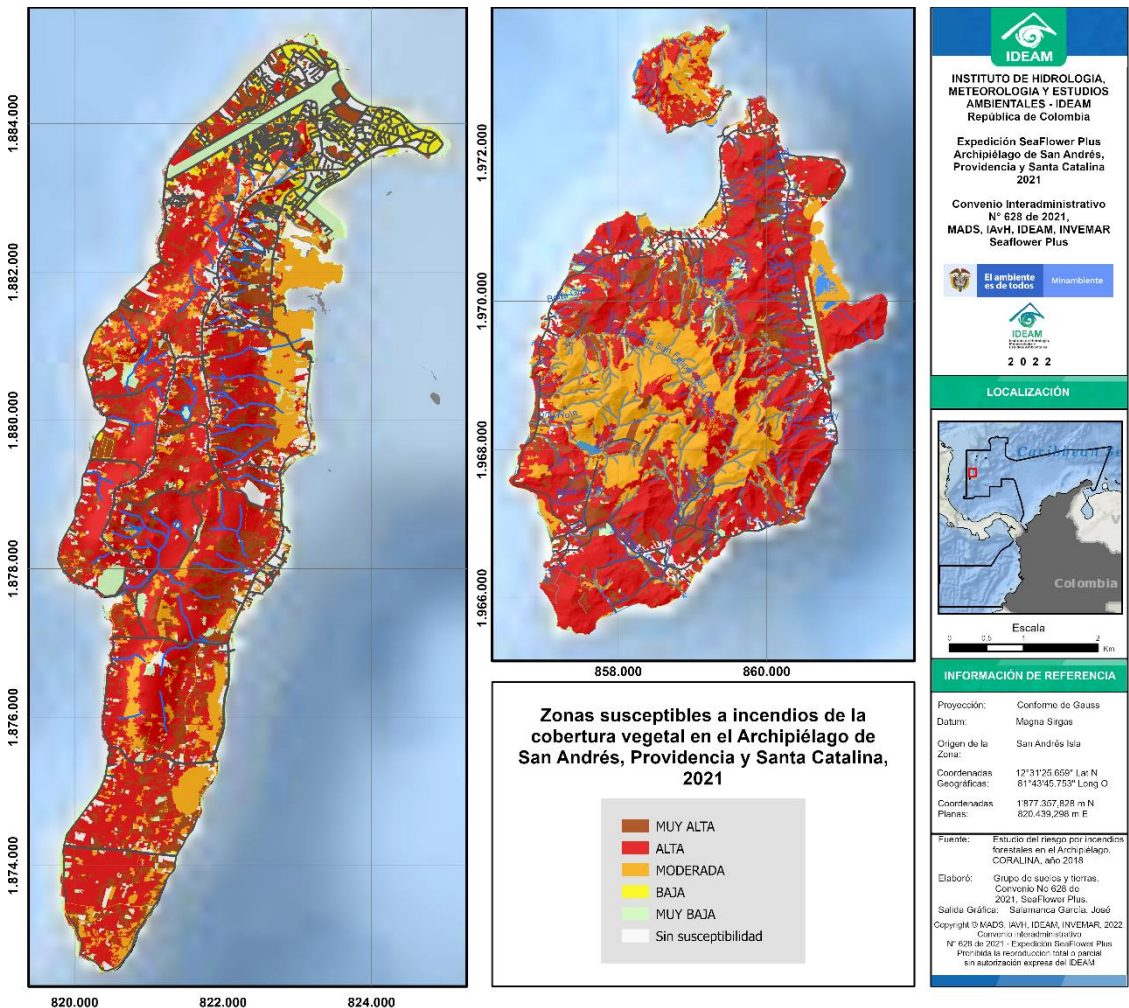


Figura 6-6 Susceptibilidad a incendios de la cobertura vegetal.

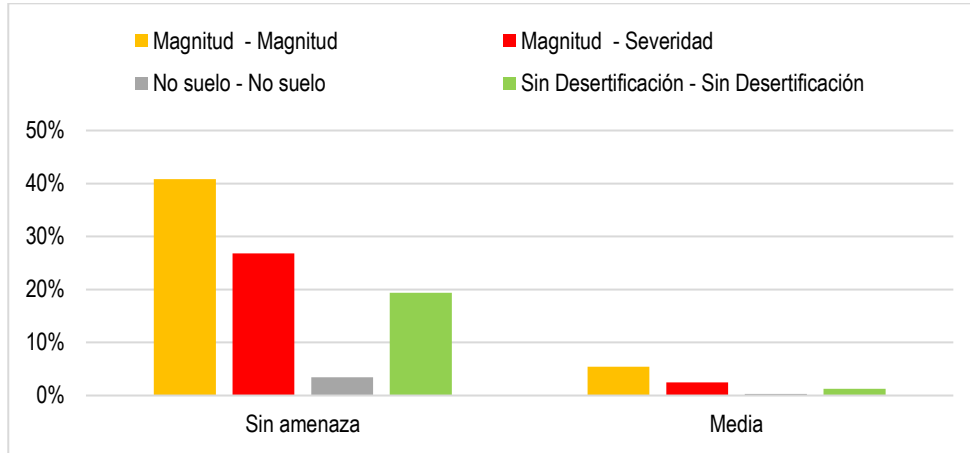
6.2.5. Amenaza por movimientos en masa

Las zonas de amenaza por movimientos en masa para las islas del archipiélago se califican con los grados: alta, media y baja. El indicador se presenta como el porcentaje (%) del área con grados de amenaza alta y media en la isla, con magnitud y severidad de desertificación.





Gráfica 6-21 Zonas con amenaza por movimientos en masa en San Andrés, con magnitud y severidad de la desertificación.



Con respecto a las áreas con mayor amenaza por movimientos en masa, San Andrés cuenta con 256 hectáreas, de las cuales el 83,4% presenta magnitud de la desertificación, mientras el 26,2% presenta severidad. Para el caso de Providencia y Santa Catalina, se tienen 1125,4 hectáreas con amenaza alta, de las cuales el 89% presenta magnitud de la desertificación y el 13,5% aparece con severidad. En la Figura 6-7 se observa la distribución de la amenaza por movimientos en masa en las islas; para San Andrés, la amenaza es relativamente baja, sin embargo, en Providencia y Santa Catalina hay una extensión importante con amenaza media, y en menor porcentaje, se presentan áreas con amenaza alta.

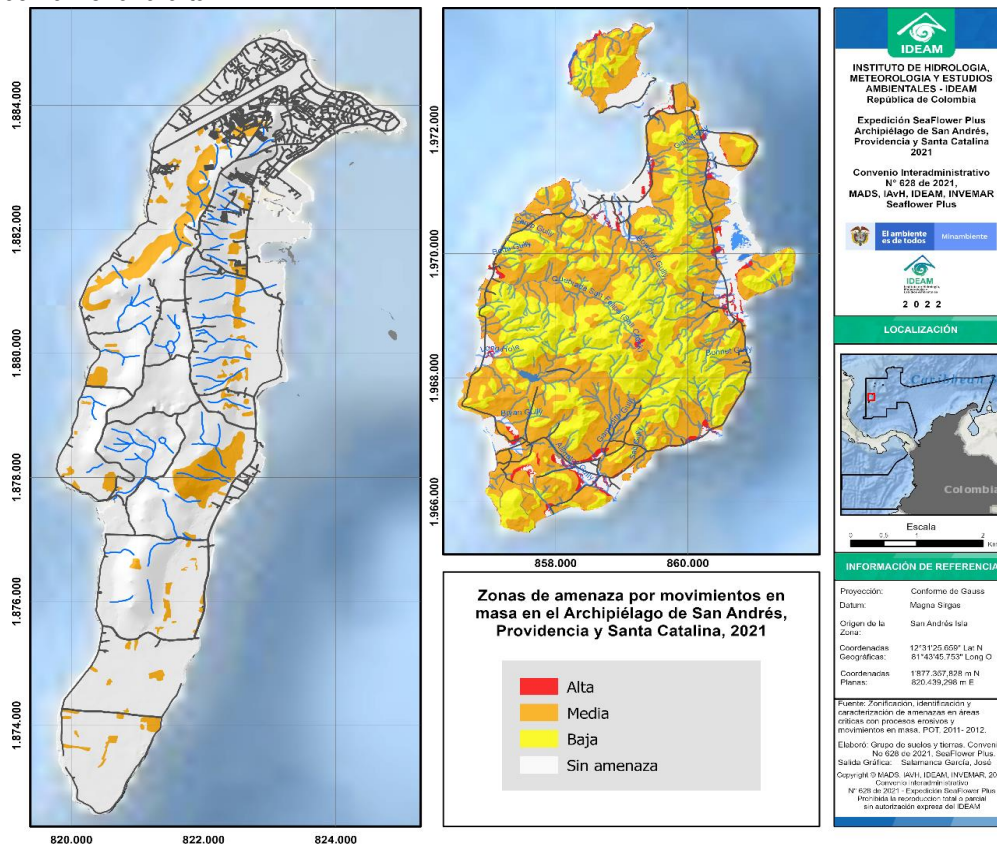


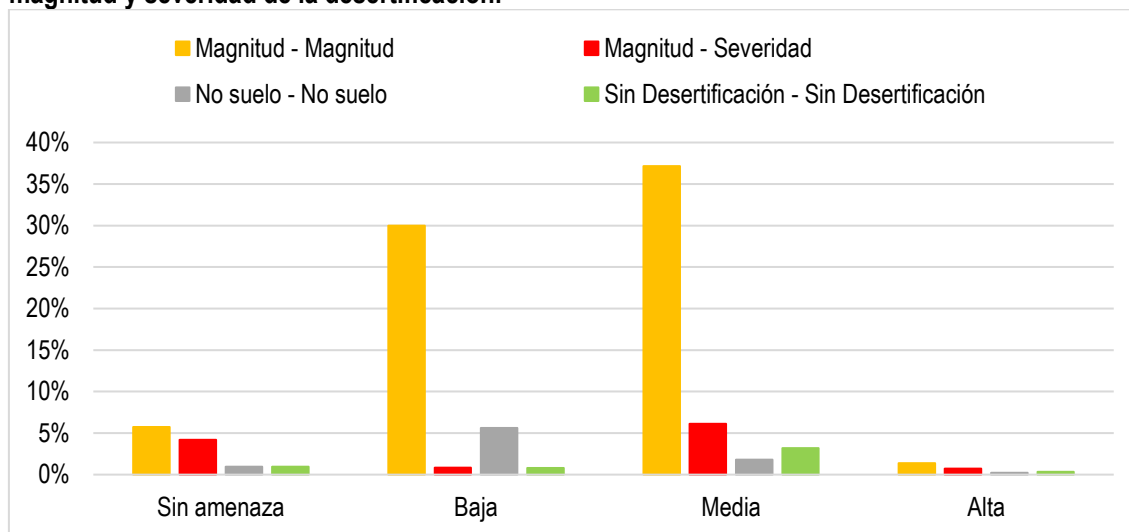
Figura 6-7 Amenaza por movimientos en masa en las islas.





En la Gráfica 6-22 y Gráfica 6-23 se observa la relación espacial entre los grados de amenaza por movimientos en masa y la magnitud y severidad de la desertificación. En los grados medio y alto predomina la ocurrencia de procesos de desertificación en cualquier grado. Este es un punto para atender por parte de las autoridades encargadas de la gestión del riesgo, pues un evento extenderá y agravará los procesos de desertificación en esas zonas.

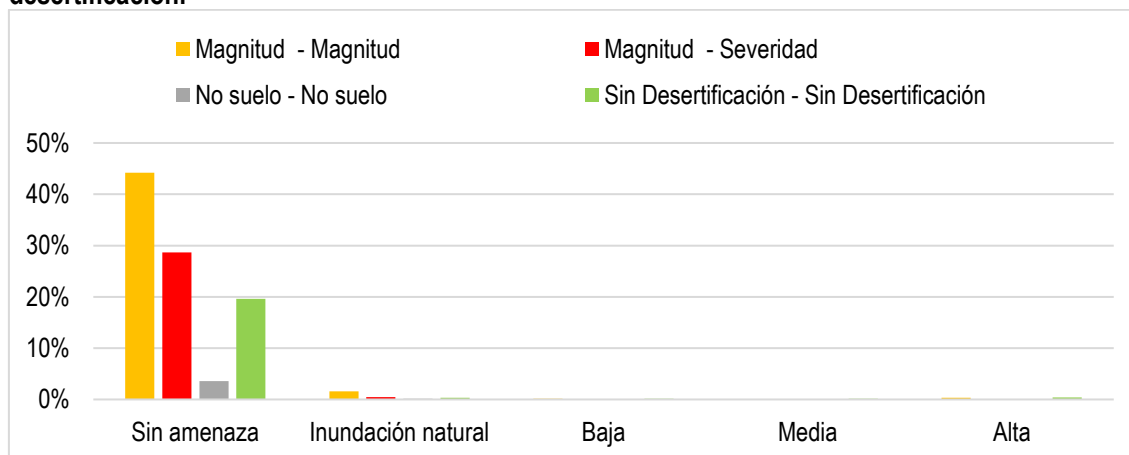
Gráfica 6-22 Zonas con amenaza por movimientos en masa en Providencia y Santa Catalina, con magnitud y severidad de la desertificación.



6.2.6. Amenaza por inundaciones

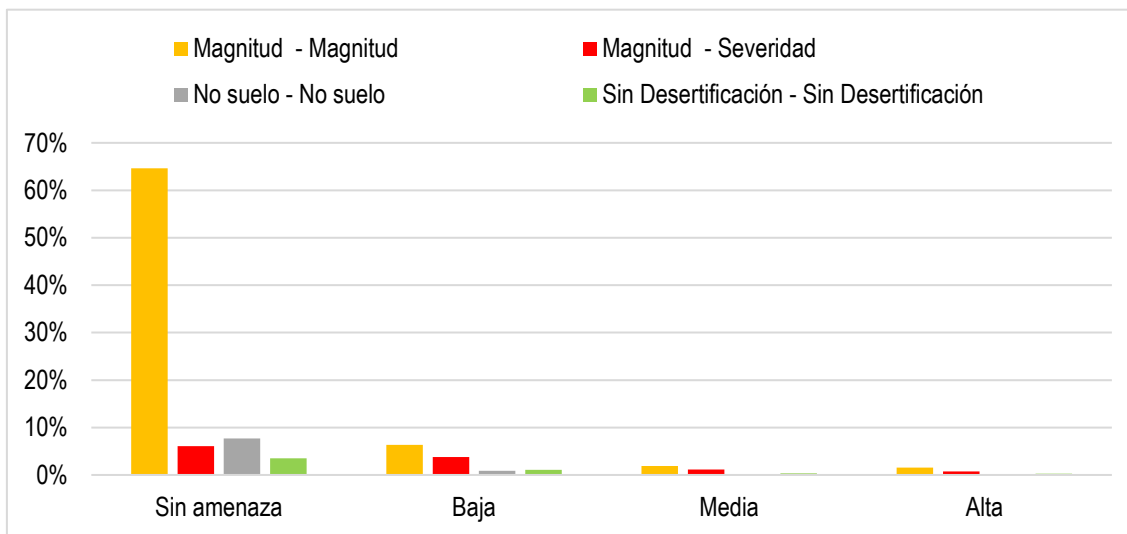
Las zonas de amenaza por inundaciones en las islas del archipiélago se califican con los grados: alta, media y baja. El indicador se presenta como el porcentaje (%) del área con grados de amenaza alta y media en la isla, con magnitud y severidad de desertificación.

Gráfica 6-23 Zonas con amenaza por inundaciones en San Andrés, con magnitud y severidad de la desertificación.





Gráfica 6-24 Zonas con amenaza por inundaciones en Providencia y Santa Catalina, con magnitud y severidad de la desertificación.



Las zonas con mayor amenaza por inundaciones ocurren en San Andrés con un área de 30,5 hectáreas, de las cuales el 51,2% presentan magnitud de la desertificación y el 14,3 con severidad. Para el caso de providencia y Santa Catalina, se cuenta con 132 hectáreas muy amenazadas, de las cuales el 88,6% presentan magnitud de la desertificación y el 32% con severidad.

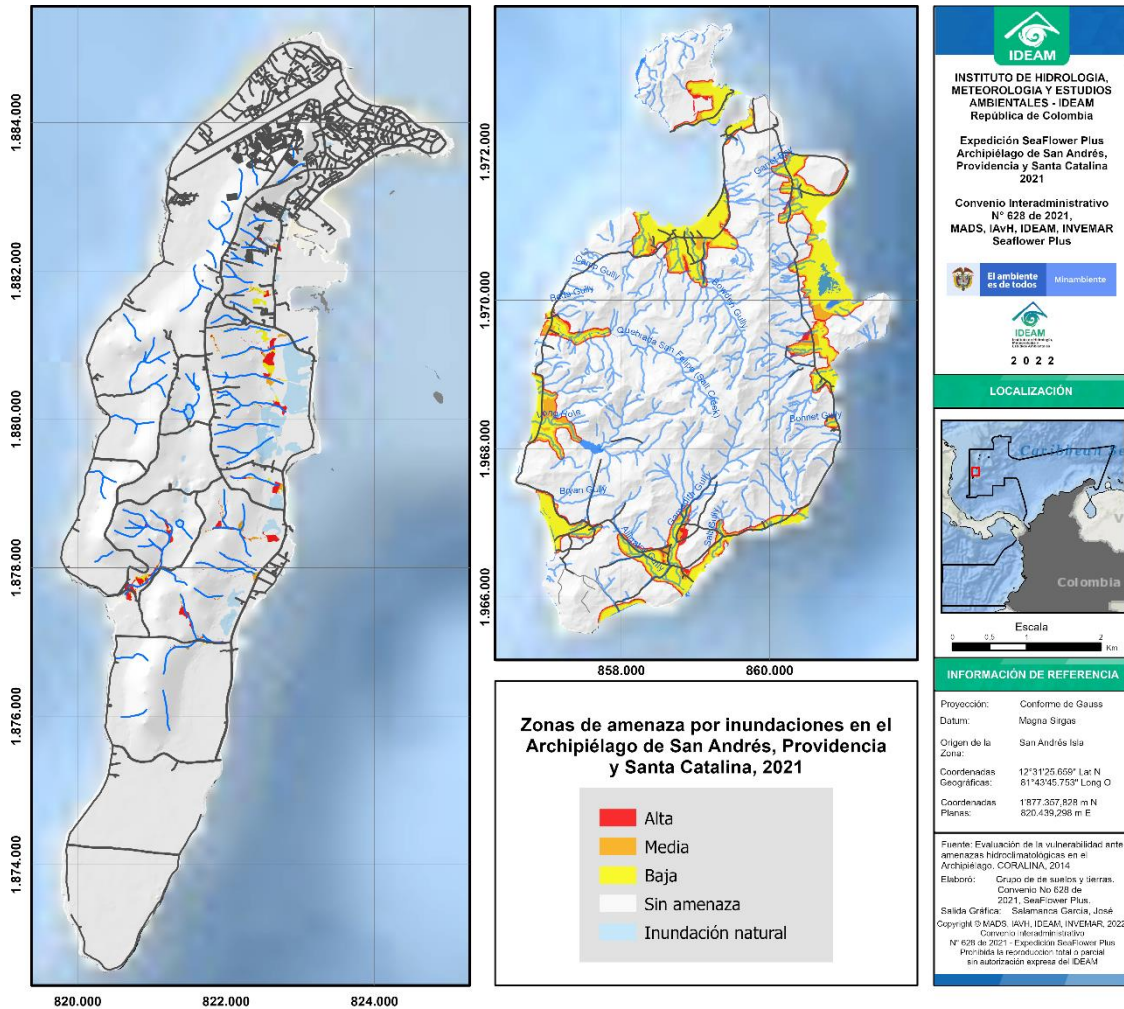


Figura 6-8 Amenaza por inundaciones en las islas.

En la Figura 6-8 se observa la distribución de las zonas con amenaza por inundación en las islas; estas son escasas en San Andrés y con más presencia en Providencia y Santa Catalina. Ante la ocurrencia de un huracán que afecte las islas, las zonas amenazadas por inundación aumentarían de manera importante. En la Gráfica 6-23 y Gráfica 6-24, se observa la relación espacial entre los grados de amenaza por inundación y la magnitud y severidad de la desertificación; suele haber magnitud por desertificación en cualquiera de los grados de amenaza por inundación. Al igual que en otros temas de la gestión del riesgo, en caso de presentarse una inundación, la desertificación se acelerará en las zonas afectadas.

6.3. Estado de la desertificación

El Estado es el momento o fotografía actual de la degradación de suelos por desertificación en las islas. En el estudio marco de este análisis, la línea base es levantada con vigencia al año 2021. Para medir y representar el estado actual de la desertificación, se han definido dos indicadores a partir de la cuantificación espacial de las áreas afectadas: la magnitud y la severidad de la desertificación, los cuales se explican a continuación:



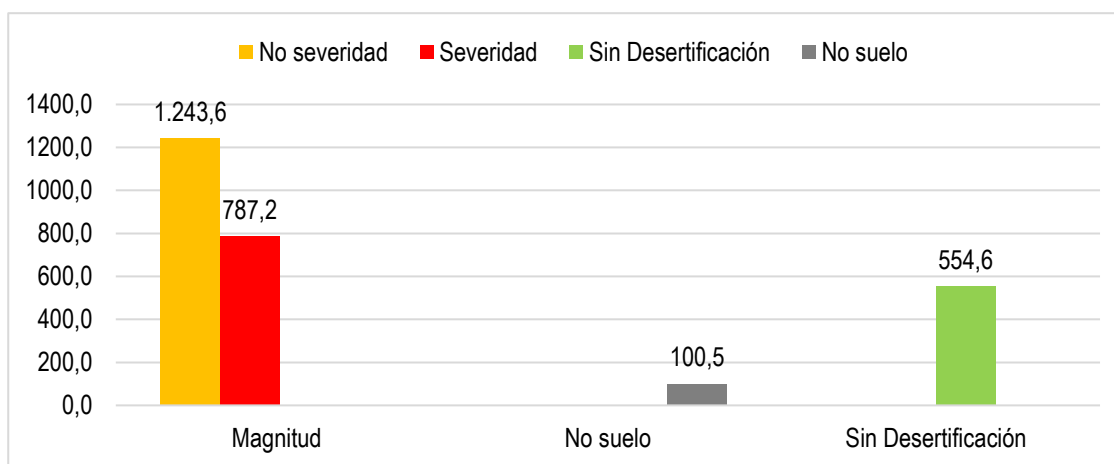


- Magnitud de la degradación de suelos por desertificación: es la porción de área afectada con algún grado actual de desertificación; el indicador se presenta como el porcentaje (%) del área total estudiada con grado ligero, moderado, severo o muy severo.
- Severidad de la degradación de suelos por desertificación: es la porción de área afectada con grado actual severo o muy severo de desertificación; el indicador se presenta como el porcentaje (%) del área total estudiada con grado severo o muy severo.

El indicador de magnitud se interpreta como la extensión de la desertificación, mientras que el indicador de severidad señala la gravedad. Para leer los dos indicadores de estado actual en las islas, es importante revisar el área con procesos de desertificación y la proporción del área de la zona de referencia con los procesos. En ese sentido, tal como se evidencia en la Figura 5-8, con el estado actual de la desertificación en el archipiélago.

Teniendo en cuenta que las tres islas, San Andrés, Providencia y Santa Catalina, se presentan como zonas climáticas de tipo seco, el estudio de la desertificación parte de la identificación de procesos de degradación de suelos y tierras en toda la extensión de su territorio. Al ver la zonificación, se evidencia que los procesos de degradación de suelos están presentes en todas las zonas de las islas.

Gráfica 6-25 Área (ha) con magnitud y severidad en San Andrés isla.



En la Gráfica 6-25 se observa la extensión en área de la magnitud y severidad de la desertificación en la Isla de San Andrés. Cerca de 2000 hectáreas de la isla presentan algún grado de desertificación, y de ellas, 800 hectáreas aproximadamente muestran un grado severo, es decir, un estado grave de la desertificación. Se aprecia que la magnitud de la desertificación en San Andrés es cercana al 75% del territorio de la isla (suma de la barra naranja con la roja), mientras que la severidad en los procesos corresponde a un 30% del área de la isla.

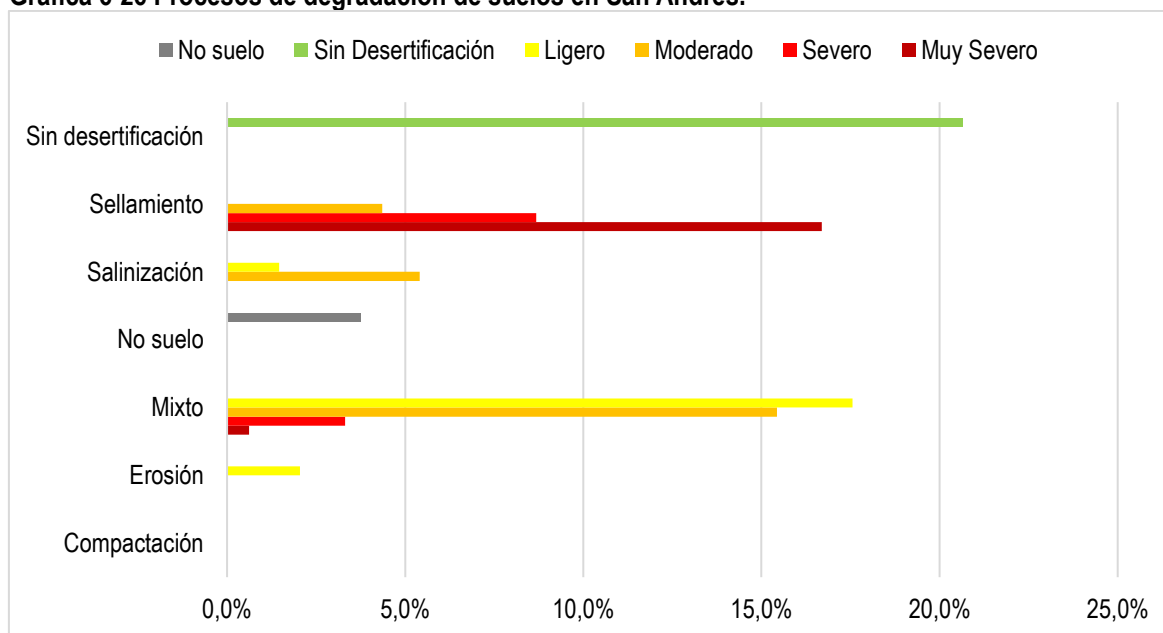
En la Gráfica 6-26, se observa la relación de los grados de desertificación con los procesos de degradación de suelos en las islas, que a su vez determinan la clase de la desertificación. Principalmente, se evidencia que en San Andrés los procesos de degradación más relevantes son el



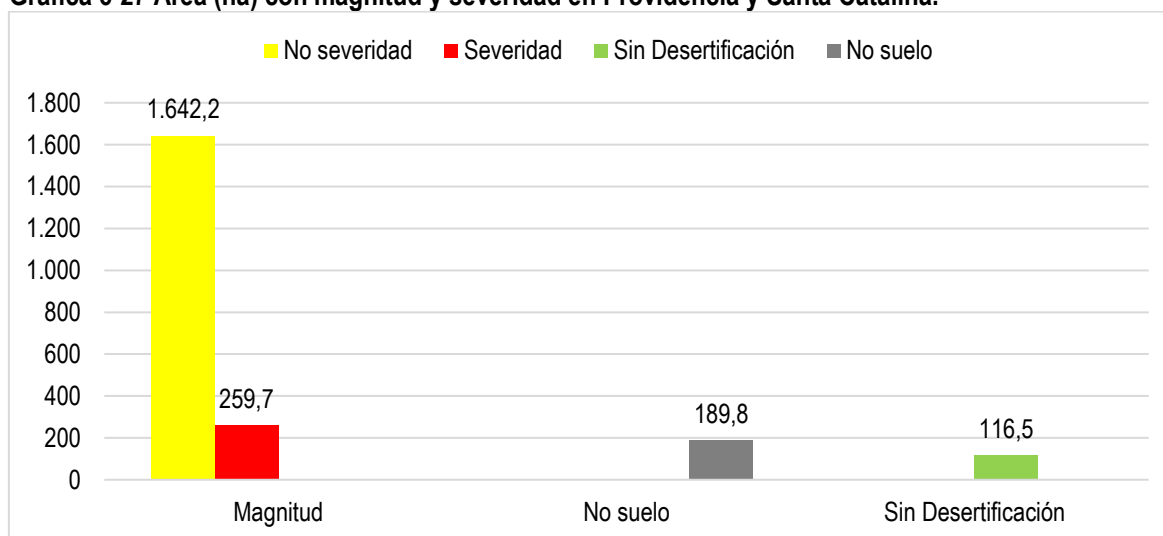


sellamiento de los suelos y la unión de varios procesos (mixto), en donde aparece degradación física y química de los suelos, con la erosión y salinización respectivamente; estos procesos se observan particularmente en el norte de la isla (sellamiento de los suelos) y en la zona sur (erosión y salinización, principalmente).

Gráfica 6-26 Procesos de degradación de suelos en San Andrés.



Gráfica 6-27 Área (ha) con magnitud y severidad en Providencia y Santa Catalina.

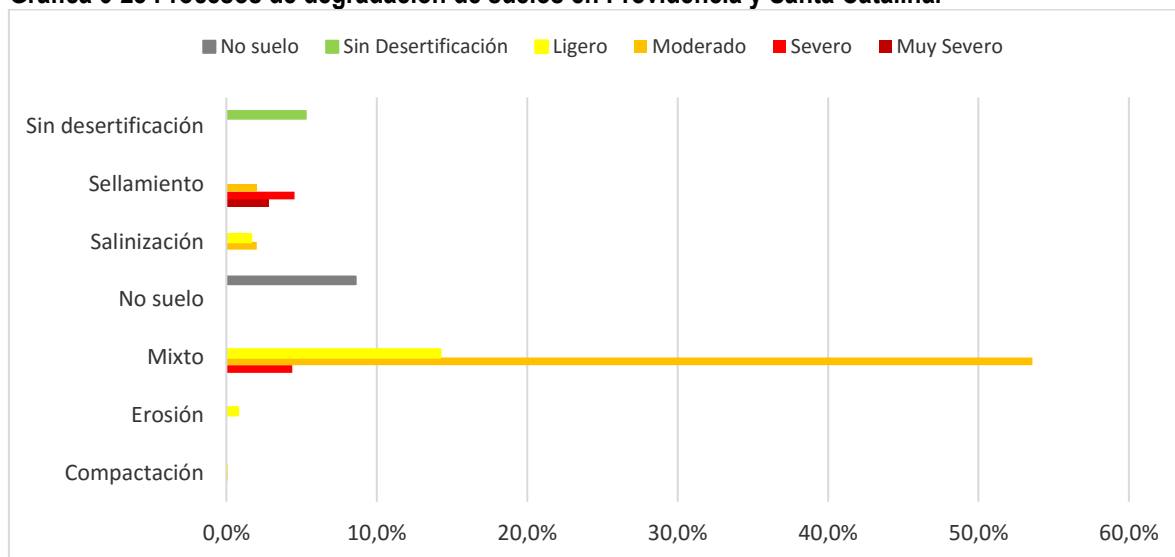


En la Gráfica 6-27 se observa la extensión de la desertificación en Providencia y Santa Catalina. Aproximadamente, 1800 hectáreas de las islas presentan algún grado de desertificación, mientras que 260 hectáreas cuentan con grados severos. La magnitud en Providencia y Santa Catalina es muy alta, superior al 80% del área emergida, mientras que la severidad, comparada en porcentaje de territorio con San Andrés, resulta ser más baja. En la Gráfica 6-28 se observan los procesos de degradación de suelos en las dos islas. A diferencia de San Andrés, el sellamiento no determina la



clase principal de la desertificación, lo cual se atribuye a un mixto de procesos, en donde aparecen la erosión, la compactación de los suelos, y también la salinización.

Gráfica 6-28 Procesos de degradación de suelos en Providencia y Santa Catalina.



En cuanto a la magnitud de la desertificación en las islas, San Andrés aparece con un indicador de 75.6%, correspondiente a 2030,8 hectáreas de la isla, mientras que Providencia y Santa Catalina registran un 86.1% de territorio con algún grado de desertificación, correspondiente a 1901,9 hectáreas.

Con respecto al indicador de severidad, San Andrés muestra un 29,3% de gravedad en la desertificación de su territorio, correspondiente a 787,2 hectáreas, mientras que Providencia y Santa Catalina muestra un 11,8% de severidad, correspondiente a 260 hectáreas de su territorio. Estas cifras indican que los procesos de desertificación, en el año 2021, son significativos en ambas islas, siendo más extensos en Providencia y Santa Catalina, y más graves en San Andrés isla.

6.4. Impactos

El análisis de impacto de la degradación de los suelos por desertificación corresponde a identificar y cuantificar las consecuencias en términos de afectación, que se generan por la ocurrencia del problema. Luego de los trabajos de campo y revisión de la información secundaria, hay varios aspectos a considerar con respecto a los impactos:

- Es importante tener en cuenta la afectación a las funciones ambientales de los suelos, pues, debido a la degradación de suelos por desertificación, las funciones ambientales de los suelos se pierden progresivamente.
- Se debe revisar la afectación a ecosistemas estratégicos, pues el bosque seco y los manglares, entre otros importantes, se ven afectados por los procesos de degradación de suelos y tierras.
- Se debe analizar la afectación en áreas protegidas y prioritarias para la conservación, dado que las figuras de protección en territorio, así como las zonas prioritarias para la conservación, evidencian procesos de degradación de suelos por desertificación.



- Es prioritario analizar la afectación a las zonas con vocación de uso agrícola y forestal del archipiélago, pues los procesos de degradación de suelos impactan directamente la capacidad de producción agrícola y la aptitud forestal de las islas.

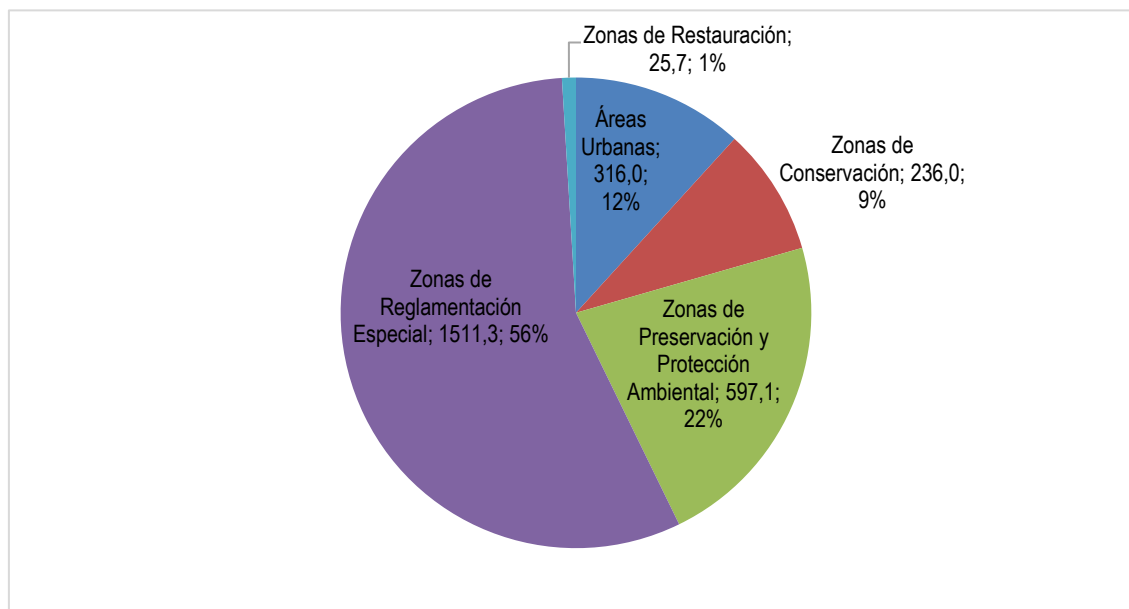
Acorde con lo anterior, se realiza el análisis de los impactos en el archipiélago, considerando indicadores para aspectos relacionados con la oferta natural de las islas, las zonas para la ordenación territorial y la vocación productiva.

6.4.1. Zonificación ambiental para el POMIUC

Las zonas de conservación, preservación y protección ambiental se definen a partir del decreto 415 de 2017 de la gobernación del Archipiélago, por medio del cual se establece el Plan de Ordenación y Manejo Integrado de la Unidad Ambiental Costera -POMIUC- Caribe Insular, en el Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. El indicador se presenta como el porcentaje (%) del área con zonas de conservación, preservación y protección ambiental en la isla, afectada con magnitud y severidad de desertificación.

La zonificación ambiental proyectada para la isla de San Andrés, como se observa en la Gráfica 6-29, planea unas zonas de reglamentación especial en el 56% del territorio, mientras que proyecta un 22% para las zonas de preservación y protección ambiental. También, proyecta un 12% de su territorio para las áreas urbanas; hoy en día, las coberturas y usos de las zonas urbanas superan ampliamente ese porcentaje.

Gráfica 6-29 Zonificación ambiental proyectada en San Andrés.



Por su parte, la zonificación ambiental proyectada para las islas de Providencia y Santa Catalina Gráfica 6-30 proyectan un 70% para zonas de reglamentación especial, con lo cual se pretende



controlar y gestionar los usos del suelo, y también se proyecta un 30% para zonas de preservación y protección ambiental. En un área muy pequeña, se proyectan acciones para la restauración del territorio. En la Figura 6-9, se observa la zonificación ambiental para las tres islas.

Gráfica 6-30 Zonificación ambiental proyectada en Providencia y Santa Catalina.

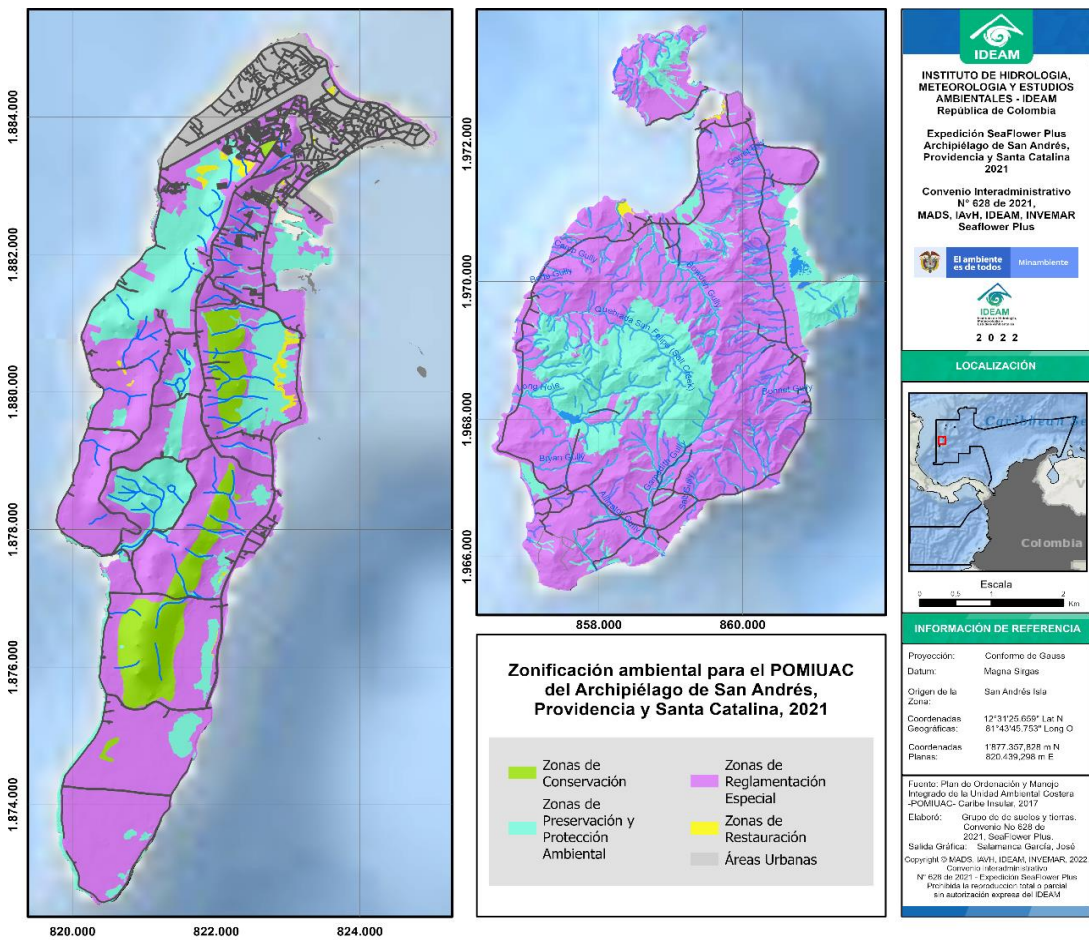
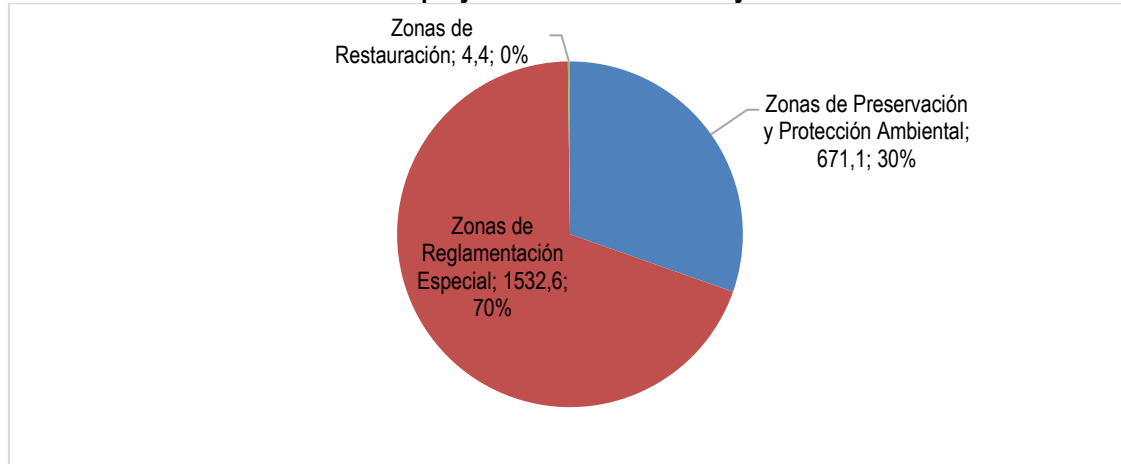


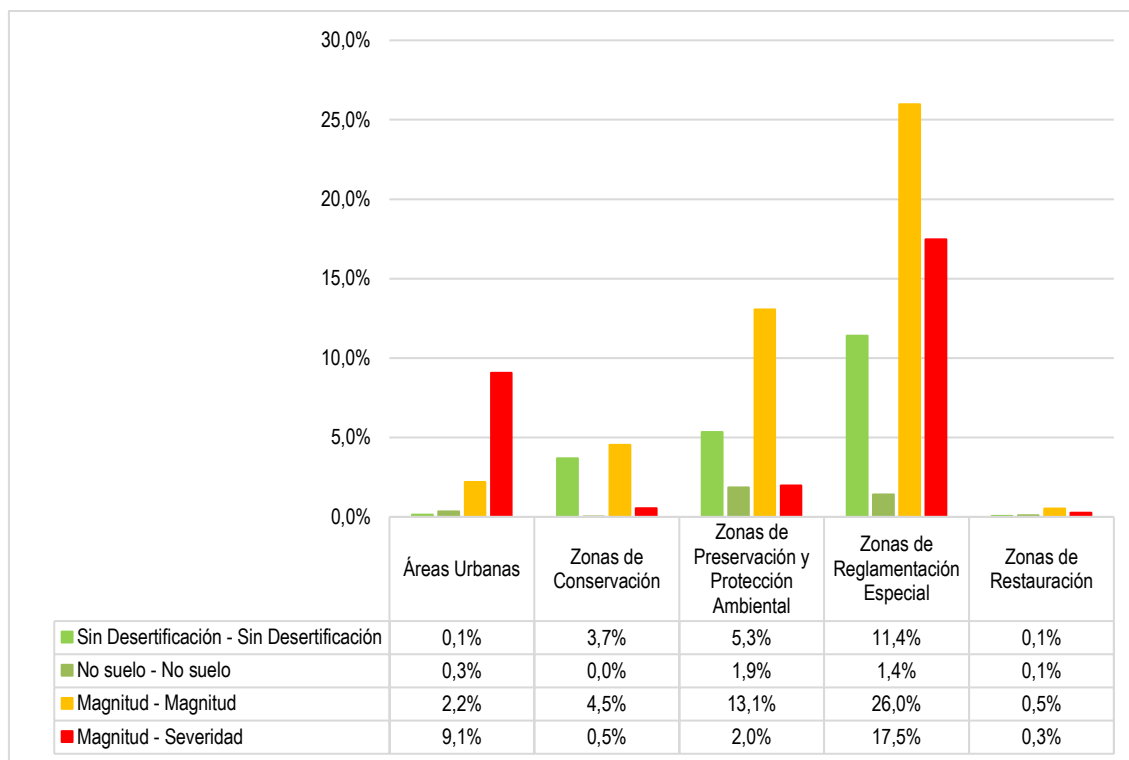
Figura 6-9 Zonificación ambiental para el POMIUC en las islas.





Con respecto a las zonas de conservación, preservación y protección ambiental, San Andrés tiene una proyección de 833 hectáreas, de las cuales el 64,8% se encuentran afectadas por magnitud de la desertificación, mientras que el 8,1% están afectadas por severidad. En el caso de Providencia, se han destinado 671 hectáreas de la isla para estas zonas, de las cuales el 87,6% se encuentran afectadas por magnitud de la desertificación, y un 5,4% está afectado por severidad.

Gráfica 6-31 Magnitud y severidad de la desertificación en la zonificación ambiental de San Andrés.

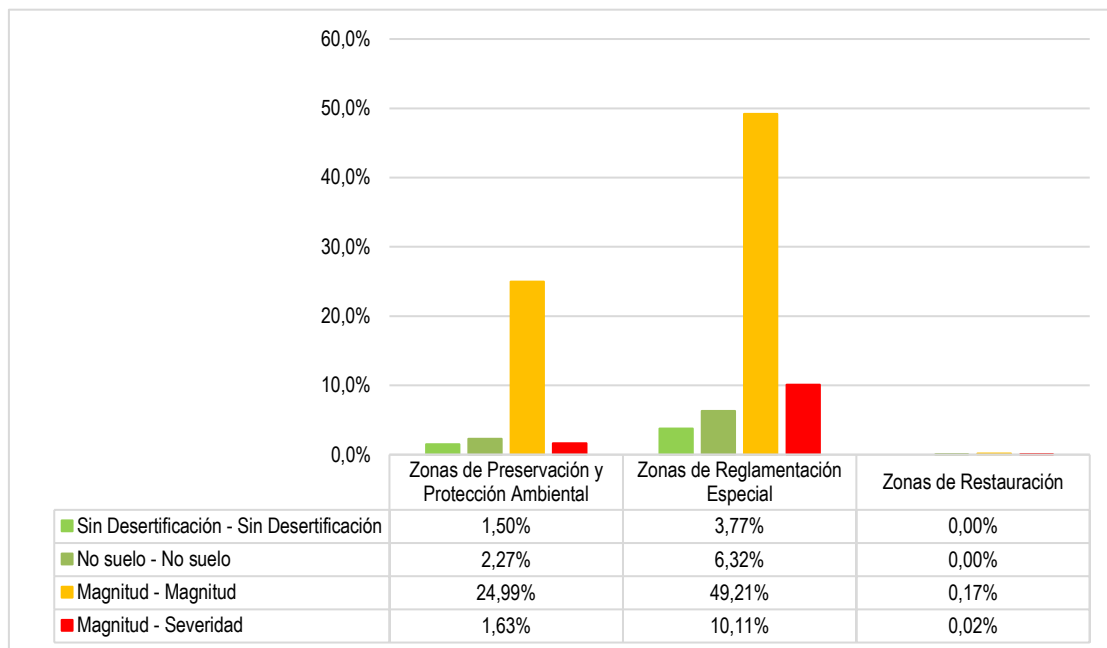


En relación con las zonas de restauración, San Andrés isla cuenta con 25,7 hectáreas para tal fin, de las cuales el 81,8% se encuentra afectado por magnitud de la desertificación, mientras que el 26,6% del área está afectada por severidad. En providencia y Santa catalina, el área destinada para la restauración es de 4,4 hectáreas, de las cuales el 98% se encuentra afectada por magnitud de la desertificación y el 10,8 está afectada por severidad. La Gráfica 6-31 muestra la relación entre la desertificación y la zonificación ambiental de la isla.

Con respecto a las zonas de reglamentación especial, San Andrés proyecta un área de 1511,3 hectáreas, de las cuales el 77,2 se encuentran afectadas por magnitud de la desertificación, mientras que el 31% está afectado por severidad. En cuanto a Providencia y Santa Catalina, se proyectan 1532 hectáreas de zonas con reglamentación especial, de las cuales el 85,5% se encuentran afectadas por magnitud de la desertificación, mientras que el 14,6% está afectada por severidad. La Gráfica 6-32 muestra la relación entre la desertificación y la zonificación ambiental de la isla.



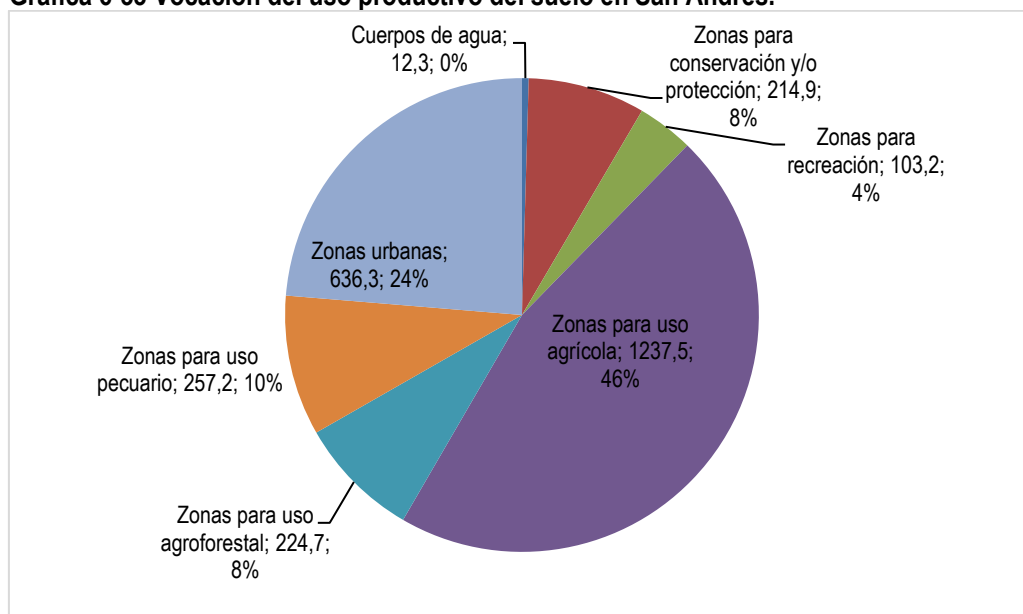
Gráfica 6-32 Magnitud y severidad de la desertificación en la zonificación ambiental de Providencia y Santa Catalina.



6.4.2. Vocación de uso productivo

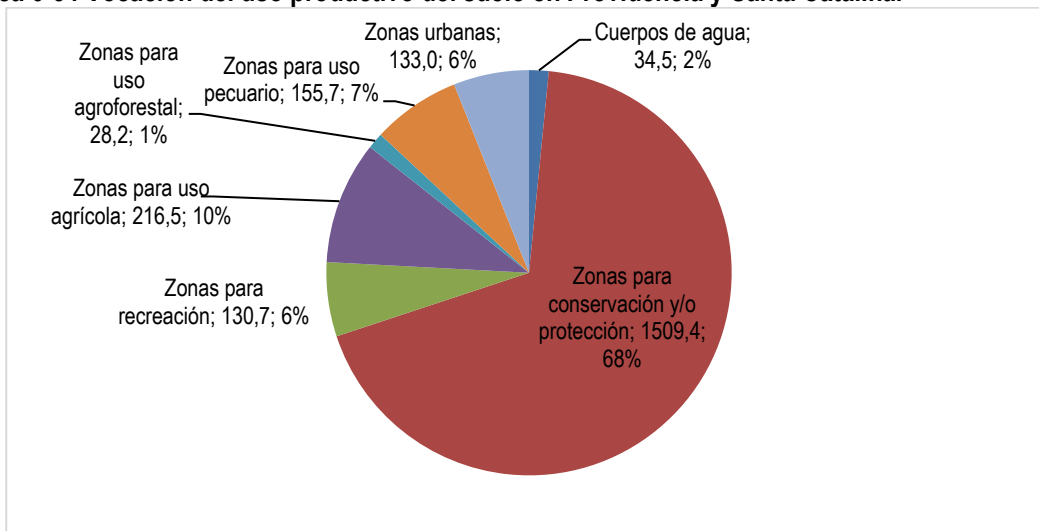
La vocación de uso productivo en las islas del archipiélago es un valor limitado e indispensable para el soporte de la calidad de vida de los isleños.

Gráfica 6-33 Vocación del uso productivo del suelo en San Andrés.





Gráfica 6-34 Vocación del uso productivo del suelo en Providencia y Santa Catalina.



En la Gráfica 6-33 se observa la distribución de la vocación para el uso del suelo en San Andrés. Se resalta que los suelos de la isla tienen vocación principal para las actividades agrícolas, en un 46% del territorio, mientras que para lo pecuario y agroforestal se cuenta con el 10% y 8% del territorio respectivamente. El 24% de la isla corresponde a las zonas urbanas, acorde con la fecha del estudio detallado de suelos del IGAC (2002), sin embargo, estas zonas han aumentado a la fecha. Con respecto a Providencia y Santa Catalina, en la Gráfica 6-34 se observa la distribución de la vocación de uso del suelo. La mayor parte de las islas debe ser destinada para la protección y conservación, mientras que algunas áreas pueden ser utilizadas para actividades agrícolas y pecuarias (el 10% y 7% respectivamente). En la Figura 6-10 se observa la zonificación de la vocación de uso del suelo para las islas.

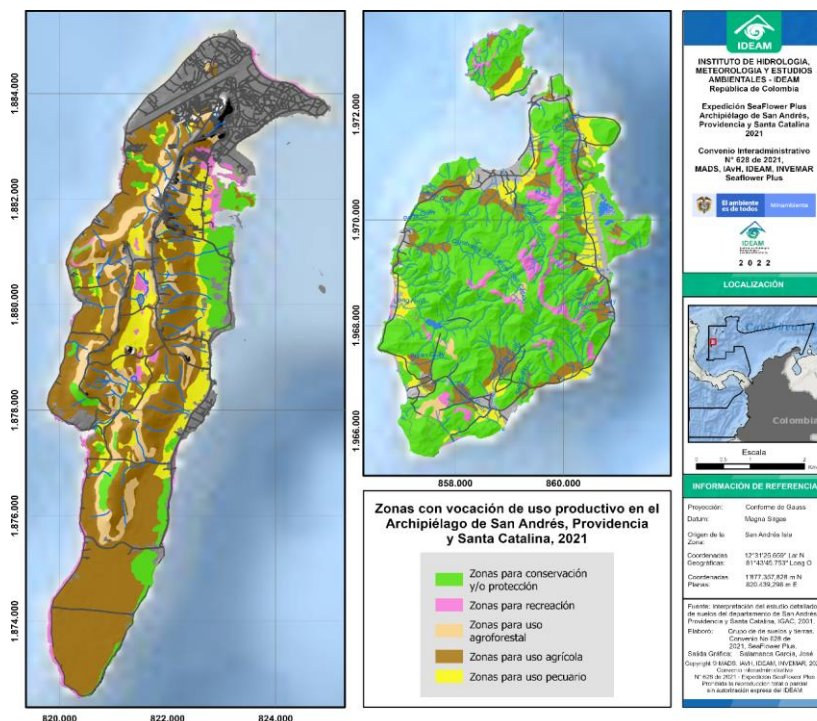


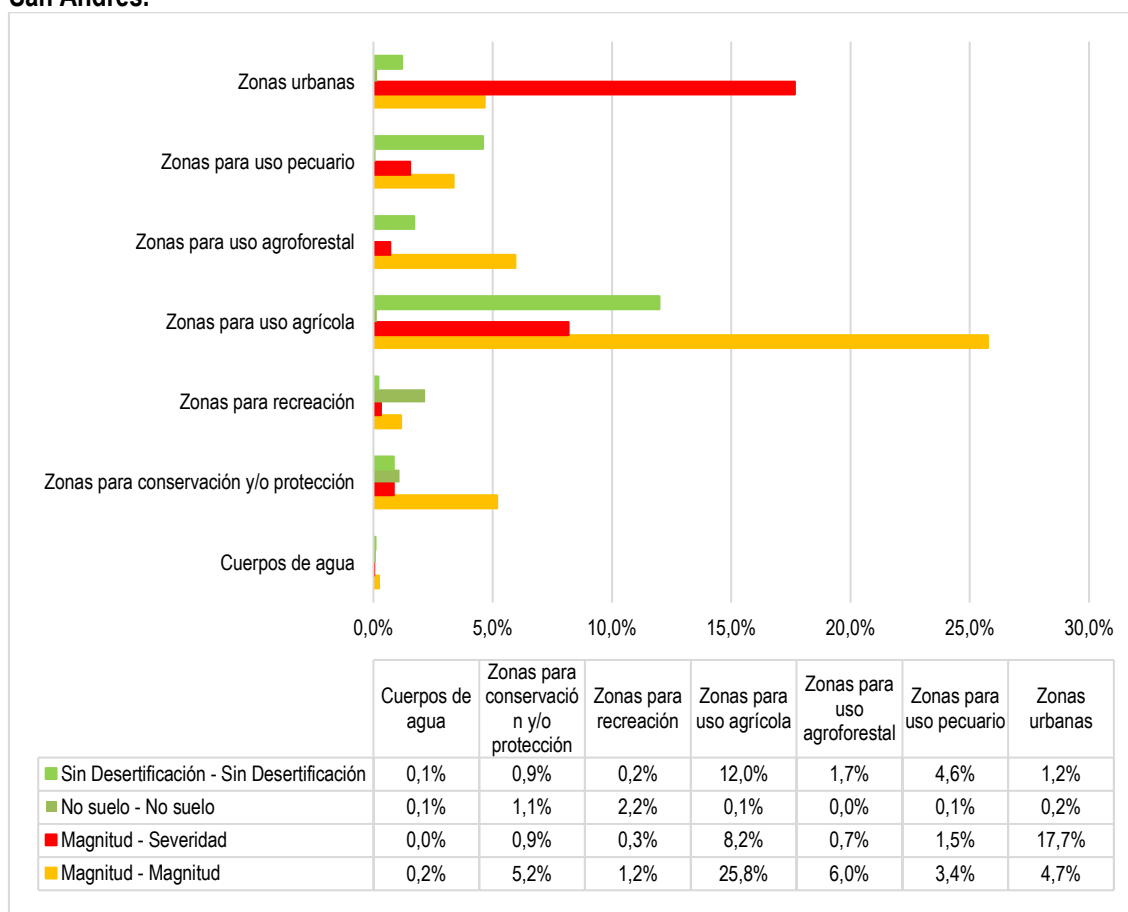
Figura 6-10 Vocación de uso productivo en las islas.





Con respecto a las zonas de vocación agrícola, San Andrés tiene un área de 1237,5 hectáreas, de las cuales el 73,7% se encuentran afectadas por la magnitud de la desertificación y el 17,8% por severidad. En el caso de Providencia y Santa Catalina, se tienen 216,5 hectáreas con la vocación, de las cuales el 83,5% están afectadas por magnitud de la desertificación, mientras el 16,2 lo está por severidad. En lo relacionado con las zonas de vocación pecuaria, San Andrés tiene 257,2 hectáreas con dicha vocación, de las cuales el 51,1% están afectadas por magnitud de la desertificación y 16% lo están por severidad. En Providencia y Santa Catalina, hay 155,7 hectáreas con vocación pecuaria, de las cuales el 87,2% se encuentran afectadas por magnitud de la desertificación, mientras que el 20,2% lo está por severidad.

Gráfica 6-35 Magnitud y severidad de la desertificación, en la vocación del uso productivo del suelo en San Andrés.



Las zonas con vocación agroforestal en las islas presentan 224,7 hectáreas en San Andrés, de las cuales el 79,5% están afectadas por magnitud de la desertificación y el 8,4% lo está por severidad. En Providencia y Santa Catalina, hay tan solo 28,2 hectáreas con la vocación, de las cuales el 99,2% están afectadas con algún grado de desertificación, y el 25% lo está por severidad. En la Gráfica 6-35 se muestra la relación entre la magnitud y la severidad de la desertificación y las vocaciones de uso del suelo para la isla.

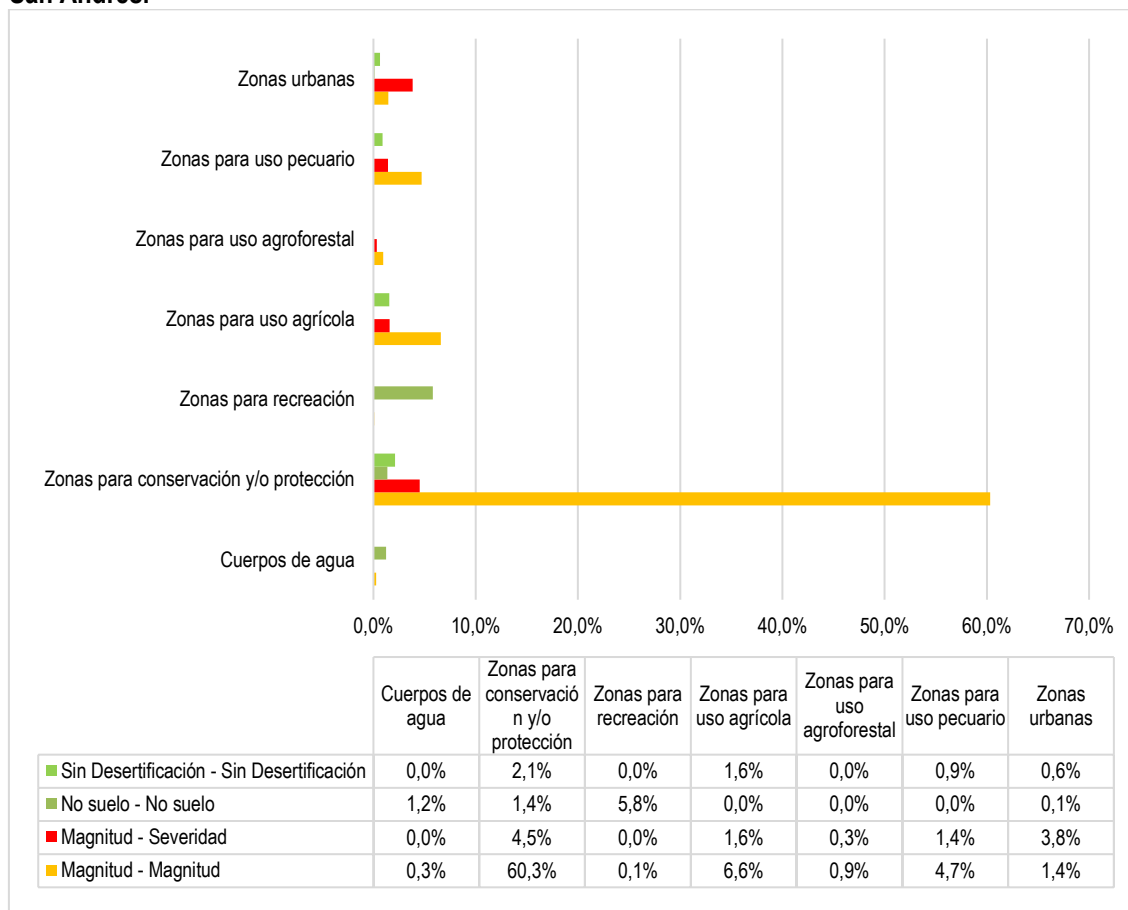
Con relación a las zonas con vocación para la recreación y el ecoturismo, ambas islas tienen poca área de vocación de uso destinada a este propósito. San Andrés cuenta con 103,2 hectáreas para





esta vocación, de las cuales el 38,5% están afectadas por magnitud de la desertificación y el 8,4% lo está por severidad. Por su parte, Providencia y Santa Catalina cuentan con 130,7 hectáreas para esta vocación, de las cuales apenas el 1,5% está afectado por magnitud de la desertificación, y prácticamente no hay afectación por severidad. En la Gráfica 6-36 se muestra la relación entre la magnitud y la severidad de la desertificación y las vocaciones de uso del suelo para la isla.

Gráfica 6-36 Magnitud y severidad de la desertificación, en la vocación del uso productivo del suelo en San Andrés.



6.4.3. Unidades de ordenación del territorio

Las unidades de ordenación del territorio insular juegan un papel clave en la planeación de las islas del archipiélago. Además, estas son insumo para importantes estudios técnico científicos de la isla, como el análisis de las determinantes ambientales y la generación de lineamiento para el POMIUC. En San Andrés isla, se han determinado 12 unidades para la planeación insular (UPI), las cuales se aprecian en la Figura 6-11. En el caso de Providencia y Santa Catalina, se han identificado 10 unidades de ordenación, delimitadas a partir de las cuencas hidrográficas que sectorizan las dos islas; esta zonificación se aprecia en la Figura 6-12.

En la Tabla 6-5 se aprecia la magnitud y severidad de la desertificación para cada una de las UPI en San Andrés. Todas se encuentran afectadas por la magnitud de la desertificación en una proporción superior al 60%, sin embargo, algunas de las más pequeñas como North Cliff y Jones Road



alcanzan el 100% de afectación, la cuales también presentan afectación por severidad importante. La UPI más grande con 374 hectáreas, Agropecuaria Primaria 2 - Corredor suburbano Elsy Bar, se encuentra afectada en un 86,6% por la magnitud de la desertificación, y en un 13,5% por la severidad.

En la Tabla 6-6 se observan las cifras de magnitud y severidad de la desertificación en las unidades de ordenación para la planeación en Providencia y Santa Catalina. Al igual que en San Andrés, todas las unidades de las dos islas están afectadas en más del 60% de su extensión por magnitud de la desertificación. La cuenca más grande con 433,9 hectáreas, Bowden Gully, se encuentra afectada en un 83,6% por magnitud de la desertificación y en un 15% por severidad.

Tabla 6-5 Magnitud y severidad en las unidades de planeación insular, en San Andrés.

Nombre UPI	Área ha	Estado	Indicador (%)
Agropecuaria Primaria 1 - Corredor suburbana Pepper Hill - Four Corne	291,04	Magnitud	69,86%
		Severidad	14,31%
Agropecuaria Primaria 2 - Corredor suburbano Elsy Bar	373,99	Magnitud	86,60%
		Severidad	13,55%
Agropecuaria Secundaria - Corredor suburbana de El Cove	255,77	Magnitud	71,07%
		Severidad	26,80%
Distrito de Riego	282,87	Magnitud	68,89%
		Severidad	18,27%
North Cliff	14,63	Magnitud	100,00%
		Severidad	36,20%
Reserva de Biosfera Cuenca del Cove-Corredor Suburbano Cove y Loma	357,66	Magnitud	55,73%
		Severidad	8,99%
Reserva de Biosfera Parque Regional Bahía Hooker	55,78	Magnitud	61,13%
		Severidad	5,78%
Residencial de renovación, Jardín de Borde Urbano Jones Road	4,91	Magnitud	99,13%
		Severidad	77,26%



Nombre UPI	Área ha	Estado	Indicador (%)
Residencial Especial, Jardín de borde - Transición urbano - rural	33,25	Magnitud	91,55%
		Severidad	71,41%
Rural de Reserva Forestal	309,45	Magnitud	77,09%
		Severidad	25,93%
Suburbana de Grandes Equipamientos	105,79	Magnitud	76,52%
		Severidad	38,15%
Vivienda Nativa Asoc. a Act. Agrícolas Sost. - Corredor Subur S. Luis	202,24	Magnitud	74,51%
		Severidad	41,45%
Zona urbana	398,56	Magnitud	93,70%
		Severidad	75,77%

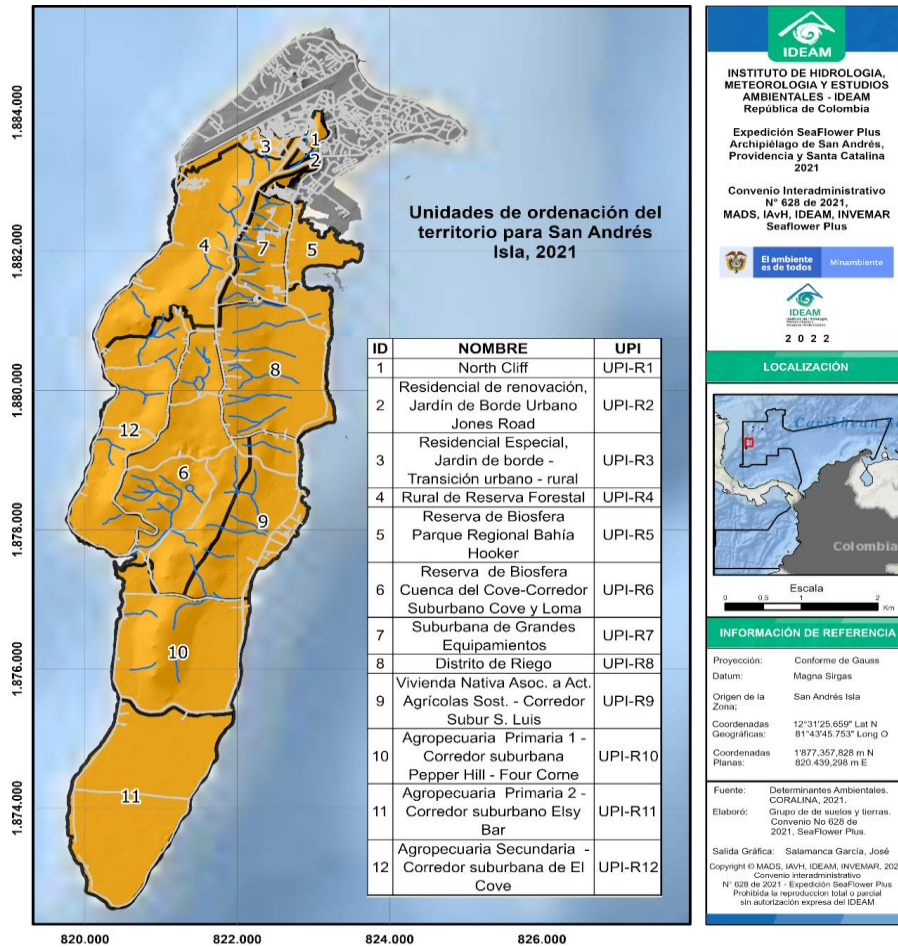


Figura 6-11 Unidades de ordenación del territorio en San Andrés.



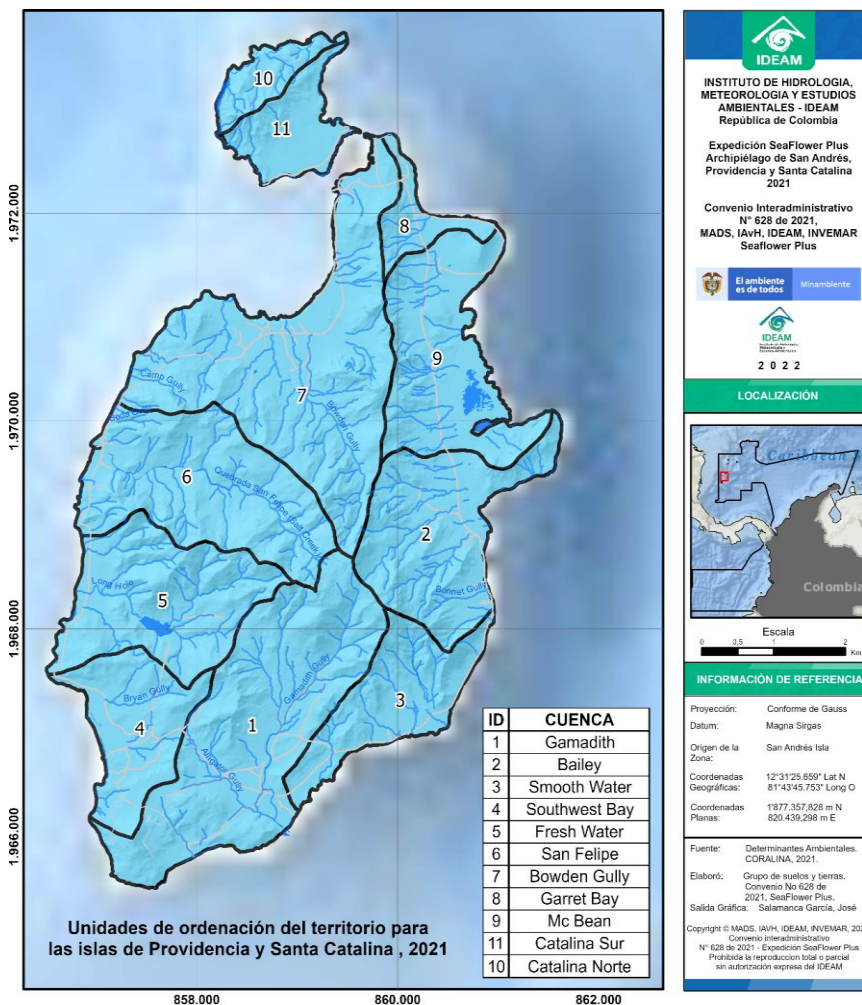


Figura 6-12 Unidades de ordenación del territorio en Providencia y Santa Catalina.

Tabla 6-6 Magnitud y severidad en las unidades de planeación insular, en Providencia y Santa Catalina.

Nombre de la cuenca	Área ha	Estado	Indicador (%)
Bailey	219,71	Magnitud	81,51%
		Severidad	13,22%
Bowden Gully	433,90	Magnitud	83,59%
		Severidad	15,08%
Catalina Norte	46,83	Magnitud	63,84%
		Severidad	0,00%
Catalina Sur	81,50	Magnitud	81,05%
		Severidad	6,71%





Nombre de la cuenca	Área ha	Estado	Indicador (%)
Fresh Water	225,11	Magnitud	92,06%
		Severidad	8,22%
Gamadith	384,29	Magnitud	90,82%
		Severidad	9,68%
Garret Bay	45,02	Magnitud	88,97%
		Severidad	30,26%
Mc Bean	218,16	Magnitud	83,03%
		Severidad	18,72%
San Felipe	268,89	Magnitud	91,10%
		Severidad	4,99%
Smooth Water	143,73	Magnitud	84,17%
		Severidad	4,09%
Southwest Bay	141,00	Magnitud	85,67%
		Severidad	21,45%

6.5. Respuestas

Los indicadores de respuesta a los procesos de degradación de suelos por desertificación están asociados a las acciones que se realizan en función de la conservación de estos. Estas pueden darse a través de la gestión por medio de proyectos, inversiones o acciones para revertir o detener la desertificación. Las respuestas pueden estar enfocadas en la prevención, amortiguación y compensación (CDE/WOCAT, 2008), y puede darse desde una o varias de las dimensiones ecológica, social, institucional y económicas (IDEAM, 2019).

A continuación, se presentan algunas de las respuestas que desde diferentes instancias se han generado para San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Dichas respuestas han sido reportadas por diferentes instancias y para este documento se agrupan en respuestas a cada una de las fuerzas motrices y presiones presentadas en los capítulos anteriores.

Una de las respuestas más importantes en el tema migratorio ha sido la creación de la Oficina de Control de Circulación y Residencia (OCCRE), con la que se limitó la llegada de nuevos residentes hacia las islas. Esta medida tuvo un mayor efecto amortiguador en las islas de Providencia y Santa Catalina, ya que ellas no habían sido receptores del flujo migratorio; para San Andrés, su creación se da cuando la migración ya ha asumido una dinámica exponencial. Esta respuesta es importante



en términos de prevención de la degradación de suelos por la desertificación ya que el crecimiento demográfico es considerado una de las presiones más fuertes que hay sobre los suelos de las islas.

En el actual Plan de Desarrollo Departamental 2020-2023, la OCCRE, junto a la Secretaría de Turismo y la Secretaría de Gobierno están encargados de diseñar e implementar una estrategia orientada a disminuir la capacidad de carga turística y promover el turismo sostenible, como parte de las estrategias orientadas a garantizar, mejorar y mantener una infraestructura de soporte turístico que sirva de verdadero soporte de la economía y la competitividad del departamento Archipiélago de San Andrés Islas (Gobernación, 2020).

El ecoturismo ha sido identificado como una estrategia para la conservación de la biodiversidad de las islas, compatible con la idea de desarrollo económico local. Se espera que el ecoturismo contribuya al bienestar de las comunidades locales donde se practica y que incorpore la educación ambiental de los visitantes, se minimice sus impactos sociales y ambientales y se asegure la participación de la población local. Esta estrategia ha tenido especial acogida en la isla de Providencia, donde una mayoría de la población son raizales; sin embargo, en San Andrés, el turismo comercial de sol y playa sigue estando en auge, especialmente jalonado por grandes cadenas hoteleras. La salud del suelo de la isla está ligada al enfoque que se le da al turismo en la medida en que un turismo más masivo y más enfocado al modelo convencional sol y playa desencadena procesos de sellamiento de suelos, ejerciendo una mayor presión sobre estos.

El Plan de Desarrollo Departamental también hace énfasis en el aumento de la implementación de proyectos de turismo de naturaleza, que amplíe la oferta de atractivos de las islas, y que provea alternativas sostenibles de desarrollo, de la mano con el fortalecimiento de economías solidarias. James (James, 2013) resalta que para la sostenibilidad de las islas es de especial importancia entender que al paisaje como elemento constitutivo del turismo y comprender la importancia de la percepción del recurso paisajístico para que este se mantenga como atractivo.

Desde la dimensión político institucional se han generado respuestas en términos de determinantes ambientales para la protección de los suelos en las Isla de San Andrés (Velásquez, 2014).

El reconocimiento del corredor Seaflower, que comprende a al Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Cayos, Islotes y Bancos, como Reserva Mundial de la Biósfera por la UNESCO, el 9 de noviembre de 2000, ha sido una de las respuestas más importantes frente que se le ha dado al deterioro de la diversidad de las islas a causa de las actividades antrópicas desconectadas de la salud de los ecosistemas. Desde la plataforma de la reserva se dan varias respuestas que contribuyen tanto a la prevención como a la amortiguación y compensación de los efectos que sobre la salud del ecosistema tienen los flujos migratorios y turísticos y las actividades comerciales y agropecuarias en las islas. Esta declaratoria también significó para el ordenamiento territorial municipal la implementación de una nueva visión orientada hacia la sostenibilidad de los recursos naturales y la conservación de la biodiversidad, un cambio del modelo económico tradicional al desarrollo sostenible, la transformación de las maneras en que el ser humano se ve dentro del socio-ecosistema de las islas y de su papel en este y la comprensión de que los recursos naturales son finitos y una responsabilidad de todos los habitantes del territorio. Estos compromisos se evidencian en la visión, objetivos y en especial en la estructura ambiental del Plan de Ordenamiento Territorial (Velásquez, 2014). (Gobernación, 2020).



Posteriormente, en el marco de esta declaratoria de la reserva, Coralina presenta el Plan de Manejo de la Reserva de Biosfera (PMRB) en el que se propone un modelo de desarrollo que favorezca la protección al ambiente en armonía con el Programa Reservas de Biosfera (Velásquez, 2014). La propuesta de este plan está centrada en el manejo del territorio enfocado la conservación, el uso racional de los recursos y el diseño de una estrategia que incorpore las prácticas tradicionales medioambientales, el entrenamiento y la participación de la comunidad y la conformación de alianzas entre usuarios con el fin de resolver los conflictos entre ellos. El plan fue articulado con diferentes instrumentos normativos nacionales ambientales y generó una zonificación ambiental para las islas.

La corporación ambiental tiene el interés en que permanezca la Reserva de biosfera Seaflower como pilar del Ordenamiento Territorial, y demás que en el ejercicio de integración, articulación e implementación de diferentes instrumentos de manejo y ordenamiento que todos tengan a la Reserva de biosfera como su marco de referencia (Velásquez, 2014).

En el 2003, el Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt y BirdLife International declararon al Archipiélago como Área Importante para la Conservación de las Aves de Colombia y la Biodiversidad (AICA); dicha distinción se da atendiendo criterios técnicos que consideran la presencia de especies de aves que son prioritarias para la conservación. La declaratoria como Reserva de la Biósfera Seaflower, denominación como AICA y estar ubicadas dentro de la Zona de Turismo Sustentable del Caribe (ZTSC) son herramientas para formular criterios de priorización y de asignación de recursos para la conservación y pueden ser utilizados como una hoja de ruta para fomentar el turismo ecológico (Velásquez, 2014).

Para las organizaciones vinculadas con el ordenamiento ambiental de las islas es claro que continuar con el fortalecimiento del imaginario de la reserva resaltando la importancia que tienen las zonas secas no solo para la naturaleza, para la humanidad y para el bienestar, sino también su potencial biótico, su valor desde el punto de vista paleontológico, arqueológico y cultural, su utilidad para la observación e investigación de fenómenos meteorológicos, hidrológicos, climáticos y astronómicos y su potencial para el ecoturismo, puede resultar en un redireccionamiento del manejo de suelos a todos sus niveles, en pro de la conservación y restauración de estos (Velásquez, 2014).

Una de las dificultades que han tenido los procesos de ordenamiento es la abundancia de instrumentos generados con este fin, cuya diversidad de directrices dificultan la planeación. El Decreto 415 de 2017 de Ministerio de medio Ambiente y Desarrollo Sostenible busca la unificación de instrumentos, proponiéndose el POMIUC Insular, que se convierte en el único instrumento para el manejo, ordenamiento y planificación ambiental de la Unidad Ambiental Costera (UAC) Caribe Insular. Este instrumento no incorpora las áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia, las cuales continuarán su gestión a través de los instrumentos de manejo establecidos para dichas áreas. El POMIUC Insular, incorporará y subsumirá los siguientes instrumentos actualmente vigentes o exigibles para el departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina en su territorio emergido y sumergido: 1. Plan de Manejo de la Reserva de Biosfera Seaflower. 2. Plan o Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA). 3. Plan o Planes de Zonificación de los Manglares. 4. Plan de Manejo de Acuíferos y Aguas Subterráneas. 5. Planes de Manejo de Áreas Protegidas: (Área Marina Protegida de la Reserva de Biosfera Seaflower, el Parque Regional “Old Point Regional Mangrove Park”, el Parque Regional Johnny Cay, el Parque Regional “The Peak”).



Aguilera (2016) resalta que el sistema educativo del archipiélago cuenta con un programa de educación ambiental con cinco módulos curriculares enfocados a concientizar a los habitantes de las islas del valor de los ecosistemas de las islas en términos de patrimonio natural. Estos módulos son: suelo, aire, biodiversidad cangrejo y marino. Se recomienda dar continuidad a estos procesos de Coralina.

En el tema educativo, el Plan de Desarrollo Departamental 2020-2023, “Todos por un nuevo comienzo”, la gestación de Colegios Amigos del Turismo Corredor Sea Flower está enfocada a desarrollar estrategias para garantizar que las instituciones educativas sean actores de promoción de la cultura turística en el departamento. La concientización de los locales de los impactos que el turismo tiene sobre la salud de los ecosistemas y por consiguiente sobre sus propios niveles de bienestar es considerado un paso importante para que los visitantes también sean conscientes de los impactos que su presencia genera en las islas en términos de manejo de aguas, cambio de uso de suelo y conservación de la biodiversidad.

En el año 2013 se realizó el estudio de amenaza y vulnerabilidad por erosión costera para las islas de Providencia y Santa Catalina, donde se determinó que en cuatro sectores de la isla la amenaza por erosión costera es muy alta, siendo estos sectores donde predominan los asentamientos humanos. En ese informe se estudian diferentes aspectos relacionados con la erosión costera en la isla de San Andrés con el objetivo de realizar obras de mitigación (INVEMAR, 2015). Algunas de las acciones propuestas en este informe ya han tenido lugar. Se evidencia la existencia de diferentes obras de protección que incluyen restauración de dunas, emplazamiento de bolsacretos, relleno de escarpes con arena para perfilamiento de talud y formación de playas. En algunos lugares se identificaron espolones que no representaban ninguna funcionalidad, que afectaban las condiciones dinámicas de los sectores en que se encontraban y era necesario retirar estructuras y diseñar nuevas estrategias frente a la erosión, especialmente en los sectores de Hotel Tiuna en Sprat Bight y Hotel Decamerón San Luis (INVEMAR, 2015).

INVEMAR (2015) planteó un sistema de monitoreo permanente de las zonas críticas, ya que, en su estudio, el 75% de línea de costa estudiada en la isla de San Andrés se encontró en amenaza alta, es decir que la gran mayoría de sus playas más importantes y sobre las cuales se genera toda la actividad turística se podrían tener una alta probabilidad de verse afectadas por la erosión costera. Sin embargo, la vulnerabilidad de las playas fue calificada como media dada la capacidad para anticiparse, hacer frente y resistir los efectos de la erosión costera.

Los principales renglones económicos del Departamento de San Andrés y Providencia son el turismo, el comercio y sector institucional. La agricultura y la pesca de subsistencia, si bien, pueden llegar a ser actividades complementarias, en este momento resultan insuficientes para abastecer las islas. La mayor cantidad de víveres de consumo cotidiano, tanto para los naturales como para los turistas, vienen del interior. La Gobernación (2020) propone fortalecer lo agropecuario en las islas, apoyando con recursos financieros, de comercialización y buenas prácticas agropecuarias a este sector, para que éste vaya más allá del autoconsumo y pueda proveer de insumos al sector turístico y reemplace en alguna medida las importaciones a la isla.

De acuerdo a la Gobernación del Archipiélago (2016), la producción agropecuaria en San Andrés es muy reducida y genera empleo tan solo para el uno por ciento de la población. Se desarrolla en pequeñas parcelas rurales (entre media y dos 16hectáreas), y se caracteriza por combinar lo



agrícola con lo pecuario y con la pesca artesanal, la siembra en policultivo, el trabajo familiar y la producción mayoritariamente para el autoconsumo, con solamente entre un 10% y un 15 % destinado a la comercialización. La tenencia de la tierra se caracteriza por la baja tasa de arrendamiento –sólo el cuatro por ciento de los agricultores cultiva bajo esta modalidad– y por la alta informalidad. El 54% de agricultores son poseedores sin título del predio donde cultivan y solo el 42% son propietarios (Gobernación del Archipiélago, 2016, pp.385-9) (Gutiérrez, 2019).

CORALINA, a partir de la información recogida en el observatorio de la Reserva de la Biósfera, señala que en la isla se producen yuca, plátano, ñame, caña de azúcar, batata, melón, sandía, fruta de pan, aguacate, guayaba, mamey, mango, caña fistula, jumbalin, junepiom, star apple, bitandswet y algunos cítricos, productos que son netamente de la economía campesina isleña y son parte de la seguridad alimentaria. Los excedentes de producción suelen ser comercializados en forma fresca en puestos de venta, en tiendas, restaurantes o regalados entre familiares y vecinos.

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi considera que los suelos de San Andrés son de buena calidad, razón por la cual pueden sembrar a pesar de la poca, profundidad y sin la necesidad de aplicar fertilizantes químicos. La actividad agrícola insular tiene una lógica y un orden. Ésta se basa principalmente en la relación que tiene el proceso de producción con los ciclos climatológicos, el tipo de destino final de los productos y la situación hídrica (por la carencia de agua, durante los meses de verano: enero, febrero, marzo, abril y mediados de mayo) en la isla (CORALINA, 2022).

Solo en el 2014, diversos proyectos se ensamblaron para contribuir al fortalecimiento de la cadena de valor asociada a la soberanía alimentaria, beneficiando 134 familias o unidades productivas en el 2013. CORALINA (página) señala algunos de estos proyectos:

“Mejoramiento de los hábitos alimentarios de la población del Archipiélago, a través del estímulo y fortalecimiento de la producción comunitaria y familiar de alimentos y de estrategias para el manejo sostenible del recurso hídrico disponible”- PROYECTO FAST TRACK UTF/ COL /051/ COL. Este proyecto benefició a 52 Unidades Productivas (26 familias en San Andrés y 26 en Providencia) (CORALINA, 2022).

"Establecimiento de cultivo de plátano hartón asociado con cultivo de sandía en arreglo forestal en San Andrés Islas" y "Establecimiento de cultivo de plátano hartón en asocio con cultivo de yuca en arreglo forestal en San Andrés Islas" – Convenios de Alianza. El primero vinculó a algunas familias nativas a la producción del mismo y hacerlos negocios sostenibles; y el segundo buscaba motivar a las familias agricultoras a tener unidades de negocios amigables con el medioambiente (CORALINA, 2022).

Un convenio con la Asociación Green Hill que benefició a 20 familias de Providencia y fortaleció empresarialmente a la organización de productores “ECOFARMERS” mediante el establecimiento y apoyo a comercialización de la producción de 6,4 hectáreas de plátano hartón y piña, con el aliado HIJOS Y ASOCIADOS S.A.S (CORALINA, 2022).

La Asociación Sealand Group. No. 09-004-13, en el convenio apuntaba a mejorar los ingresos y la calidad de vida de 52 familias de pescadores artesanales del municipio de Providencia, a partir del incremento de salarios generados por el mejoramiento de las condiciones de pesca de los asociados de Fish And Farm Coop, con los aliados Jordan Carmona Naranjo, Pesquera los Rastas, Hotel Sol



Caribe Providencia, Cabañas y Restaurantes “Miss Elma”, Cabañas El Recreo, Restaurante Divino Niño Jesús, Restaurante la Rosa del Viento y Restaurante, Bar y Pizzería Blue Coral (CORALINA, 2022).

En esta línea, Coralina señala que el gobierno local gestionó y ejecutó en la vigencia 2012 – 2016 y que se puede destacar, es la implementación de proyectos de parcelas y galpones en colegios de la isla de San Andrés, a través del proyecto agropecuario desde el preescolar, donde el objetivo de dichos proyectos fue implementar programas de producción de alimentos dirigido a estudiantes y sus familias para mejorar la calidad de vida de cada uno de ellos. En la actualidad se están beneficiando 10 colegios de la isla de San Andrés que son: Institución Educativa Bolivariano (sede El Esfuerzo y Escuela Urbana), Institución Educativa Técnico Industrial (sede principal), Institución Educativa Brooks Hill Bilingual School (sede principal y Barrack), Institución Educativa Antonia Santos “EL RANCHO” (sede Rubén Darío y Philip Beackman), Institución Educativa Renovación El Arca, Institución Educativa Cajasai, Institución Educativa El Carmelo (CORALINA, 2022).

El Plan de Desarrollo Departamental 2019-2022 también reconoce que la pérdida de la calidad y cantidad del suelo es causada por talas, quemas de basura y/o cobertura vegetal; monocultivos, uso de agroquímicos, ganadería extensiva, contaminación por vertimiento de aguas residuales, aceites e hidrocarburo y residuos sólidos; construcciones de edificaciones, vías y demás sobre suelos con vocación agrícola, forestal y de protección; pérdida de los horizontes orgánicos del suelo; deficiente control sobre el uso del suelo. Se proponen varias estrategias que inciden en el manejo de las fuerzas motrices de la desertificación, entre ellas: 1) Fortalecer la OCCRE, en sus funciones de limitar el ejercicio de los derechos de circulación y residencia, establecer controles a la densidad de la población, regular el uso del suelo con el fin de proteger la identidad cultural de las comunidades nativas y preservar el ambiente y los recursos naturales del Archipiélago. 2) Aumentar las hectáreas ordenadas en cuanto a su tenencia, ocupación y aprovechamiento sostenible en el uso del suelo. 3) Formalizar los acuerdos bajo el esquema de pagos por servicios ambientales. 4) Fortalecer el Sistema de Información Geográfica y realizar la actualización cartográfica y estudio de usos del suelo, con el fin de identificar la localización de nuevas actividades urbano y rurales y con el objetivo de reconocer nuevas tendencias de localización, generar estrategias de control en la ubicación de usos en el territorio y entregar insumo al Ordenamiento Territorial. 5) Definir una estrategia Institucional por parte de la Gobernación, para realizar las acciones del control urbano y seguimiento para atenuar el efecto que causan las construcciones ilegales en el territorio insular.

Idobro et al (2018), en un documento elaborado por el CIDER y la Universidad de los Andes sobre la diversidad biocultural y desarrollo económico local, resalta que además del rol de las instituciones y organizaciones, es importantes de los guardianes de semillas y agricultores de las islas, que han protegido la diversidad agrícola de San Andrés y Providencia y las tradiciones alimenticias raizales. Idobro et al (Idobro, Turner, & Lara, 2018), señalan además que estos procesos deben ser apoyados desde el Estado y por los sectores no agrícolas como el turismo, ya que ellos son clave para la soberanía alimentaria local, relevante en términos de reducción de dependencia del mercado, de los ingresos monetarios y de las condiciones indignas de trabajo por fuera de la agricultura; además los productos se pueden considerar más saludables por ser orgánicos y producto de procesos culturales (Idobro, Turner, & Lara, 2018). A pesar que estos productos no representan el mejor balance nutricional para la población, se evidencia que si existe actividad agrícola que vincula un número significativo de agricultores. La adición de productos que contribuyan a la mejora de la dieta de la



población local también es necesaria para el mejoramiento de la nutrición en las islas (CORALINA, 2022).

A pesar de que en las islas se mantienen especies nativas, criollas y creolizadas de pancoger y frutales con algunas resistencias, la agricultura de las islas enfrenta algunos problemas. Por un lado, la pérdida de diversidad genética y sus consecuencias en términos de resiliencia frente al cambio climático; por otro lado, la interrupción del intercambio de semillas y alimentos entre el pueblo raizal y los que habitan a lo largo de la costa y en las demás islas del Caribe. El trabajo realizado por Idobro et al. (2018) contiene una matriz de diversidad biocultural, una cartografía social y el mapeo comunitario correspondiente en los que se muestra la relación entre diversidad biológica y cultural en el archipiélago.

Gutiérrez (2019) hizo un compendio de los saberes y prácticas agrícolas del pueblo raizal del archipiélago en el que se evidencia que están basada en el profundo conocimiento de la biodiversidad agrícola local y el manejo sostenible de los suelos y el agua. En cuanto, a los suelos, entre las prácticas tradicionales se incluyen abonos verdes y aleopatía e integrada con la tenencia de especies menores y la agroforestería. El modelo de Revolución Verde, basado en paquetes tecnológicos con alto uso de agroquímicos, no se expandió en las islas. El manejo raizal del agua contiene dos elementos importantes: 1) La identificación de las «venas» que transportan aguas subterráneas y son extraídas mediante pozos artesanales; ii) Estrategias para la recolección de agua lluvia mediante pequeñas lagunas artificiales que son aisladas con plásticos para evitar la filtración; cisternas de cemento, muchas de ellas todavía de uso comunal; canales sobre los techos construidos con tubos de policloruro de vinilo (PVC) que conducen el agua a pequeños tanques; y el uso de telas alrededor de las plantas para conservar la humedad del suelo.

Gutiérrez (2019) mediante un ejercicio de cartografía social, se elabora una cartografía de la biodiversidad agrícola y silvestre de la isla haciendo énfasis en: 1) Dónde se encuentran los agricultores/guardianes de semillas y cuáles semillas nativas, criollas y creolizadas conservan, así como los conocimientos agronómicos y culturales asociados a estas semillas; 2) Los ecosistemas importantes en términos de manejo y conservación del agua y de la diversidad biocultural local; 3) Las instituciones públicas y privadas que albergan diversidad alimentaria. La información recogida fue digitalizada, obteniéndose un mapeo comunitario de la agrobiodiversidad de San Andrés. En dicho trabajo también describe los patios raizales, que son espacios aledaños a la vivienda y con una gran variedad de especies para la alimentación y medicinales, en un arreglo de policultivo marcado por el uso de la aleopatía o las asociaciones benéficas entre plantas. Estos patios son escenarios importantes de conservación de la diversidad biocultural de las islas. También se identificaron las plantas y semillas que custodian los guardianes y agricultores de San Andrés y Providencia, y que son parte del relato histórico y cultural de los raizales, un relato de mestizaje y de resiliencia; prueba de ellos es la conservación y comercialización de la raíz china (China root) de Providencia que conserva y comercializa la cooperativa Sjogreen, presente en la isla desde principios del siglo XX. Igualmente, el árbol del pan (Breadfruit) y el algodón ancestral de las islas son remanentes de la economía esclavista británica en el Caribe. El árbol del pan, por ejemplo, fue traído de Asia por los británicos para alimentar los esclavos de las plantaciones de algodón en el Caribe, y llegó a San Andrés, probablemente vía Jamaica.

Existe una caracterización del suelo a partir de unidades productivas, de la cual se tiene un diagnóstico del uso, manejo y fertilidad del suelo, como parte de un plan de manejo, que busca ser



viable en lo productivo y en lo ambiental (Correa, 2006). Las propuestas realizadas en este estudio, fueron construidas de la mano de algunos agricultores para los diferentes grupos de suelos, las cuales llamaron consociaciones, descritas en el siguiente compilado:

“Consociación San Andrés: Aptos para cultivos tradicionales de la isla. Limitados por la profundidad efectiva superficial y la escasez de humedad. Se recomienda manejo de la profundidad efectiva, elegir cultivos con sistemas radicales superficiales, de tipo herbáceo (caña, patilla, melón, ahuyama, hortalizas como tomate, pepino, etc. y plantas medicinales como albahaca, poleo y orégano y pastos). Para sistemas radicales profundos (yuca, batata, ñame y frutales) es necesario implementar sistemas de ahoyado profundo que permitan el normal desarrollo de las raíces. Se recomienda implementar camellones o un sistema de embalconado de las plantas, en el cual se hace un aporque, buscando una elevación del nivel de suelo para que las plantas puedan aprovechar un mayor volumen. Se podrían construir camas o eras utilizando madera y/o fragmentos rocosos para que se acumule volumen de suelo y, por lo tanto, aumente la profundidad efectiva.

Se recomiendan sistemas de riego o métodos de recolección de agua en reservorios, prácticas de conservación con coberturas vegetales, que pueden ser arvenses, cultivos de crecimiento rastrero asociadas al principal, o coberturas de residuos vegetales tipo mulch, que permitan disminuir pérdidas de agua en el suelo por evaporación, percolación y escorrentía.

Para aportar materia orgánica al suelo, permitir la retención de agua por su propiedad de formar complejos órgano – minerales, así como la unión con moléculas de agua en el suelo se sugiere la rotación de cultivos, buscando alternar requerimientos menores y mayores de agua, de acuerdo con el comportamiento de las precipitaciones durante el año.

Para el manejo físico del suelo se recomienda evitar el deterioro de sus condiciones estructurales y las pérdidas por erosión hídrica o eólica. La labranza mínima permita disminuir las pérdidas por erosión y evitar el afloramiento de rocas próximas a la superficie.

Conviene mantener coberturas vegetales o residuos orgánicos como desechos de cosecha, para mejoramiento de propiedades hídricas y evitar pérdidas de suelo por escorrentía.

Conviene implementar sistemas para obtención de abonos verdes, utilizando especies adaptables a la zona como fuente de materia orgánica para incorporar; obtener compost de desechos orgánicos o residuos orgánicos de tipo vegetal o animal para aplicación en los sitios de siembra.

Para las consociaciones San Luis, Radar e Icacos.

Principal limitante es el movimiento de agua en el suelo, que se ve afectado por el tipo de textura y por el arreglo estructural. El drenaje en el suelo es imperfecto y, en consecuencia, hay encharcamiento y condiciones de reducción o anaeróbicas, en donde el desarrollo de raíces va a ser afectado. Por esta razón se recomiendan prácticas para mejoramiento y mantenimiento de las propiedades estructurales del suelo como evitar labranza intensiva y preparación del suelo, la destrucción de agregados, taponamiento de poros y, en consecuencia, disminución de la macroporosidad. Se recomienda usar prácticas de ingeniería sencillas como canales y zanjias para mejorar el drenaje natural.



Se debe mejorar la aireación de los sitios de siembra, mediante incorporación y mezcla del suelo con material gravilloso, fragmentos de roca o residuos orgánicos fibrosos y de tamaño medio, que permitan el flujo de aire y agua en la zona de raíces. Así mismo se deben usar coberturas para protección de la superficie por escorrentía que se puedan potencializar por la baja permeabilidad de los suelos. Para la materia orgánica conviene evitar quemas de residuos de cosechas y barbecho antes de la siembra; también aportar materiales orgánicos como abonos verdes y residuos orgánicos de origen animal y vegetal previamente compostados para activación de procesos biológicos.

Para la Consociación La Iglesia.

La principal limitante es el movimiento de agua y la susceptibilidad a degradación por amasamiento o erosión favorecida por la pendiente. Se recomienda utilizar prácticas de ingeniería sencillas como canales y zanjas para mejoramiento del drenaje natural de los suelos. Es necesario establecer tanques o reservorios colectores de esta agua para evitar que degraden el suelo de áreas vecinas. Se deben evitar prácticas de labranza intensiva y preparación del suelo que permitan la destrucción de agregados y, en consecuencia, el amasamiento y disminución de la macroporosidad que permite el movimiento de agua en el suelo.

Se debe procurar la aireación de sitios de siembra, mediante incorporación y mezcla del suelo con material gravilloso, fragmentos de roca o residuos orgánicos fibrosos y de tamaño medio, que permitan el flujo de aire y agua en la zona de raíces. Conviene utilizar coberturas para protección de la superficie del suelo del efecto de aguas de escorrentía que se puedan potencializar por la baja permeabilidad de los suelos y la pendiente del terreno; sembrar cultivos en contorno, siguiendo las curvas de nivel, para evitar la incidencia de procesos erosivos por agua y viento; mantener cubierto con residuos vegetales vivos o muertos,

que eviten el arrastre de partículas en zonas inclinadas; evitar el establecimiento de cultivos limpios, es decir sin plantas arvenses acompañantes.

La materia orgánica requiere evitar quemas de barbecho, residuos orgánicos de cosechas y arvenses, aportar residuos orgánicos fibrosos como estopa de coco y bagazo fragmentado; implementar sistemas de abonos verdes, principalmente de leguminosas para favorecer procesos de disponibilidad de N y P en el suelo”.

7. EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS POR DESERTIFICACIÓN

La evaluación de la degradación de suelos por desertificación consiste en relacionar integralmente el estado, las causas y las consecuencias de la desertificación en las islas del archipiélago, de manera que se detecte lo más relevante que motiva la degradación de los suelos, y con los hallazgos se pretende plantear lineamientos útiles para la gestión sostenible del territorio, en torno a la problemática compleja de la desertificación. El proceso de evaluación se realiza de forma cuantitativa, a partir de los indicadores propuestos para el análisis del estado, las presiones y los impactos.

Dado que la base de la evaluación son los indicadores de presión e impacto, calculados a partir de la relación espacial entre la magnitud y severidad de la desertificación y las variables identificadas en la fase de análisis, en la Tabla 7-1 y



Tabla 7-2 se presentan los indicadores de presión e impacto para San Andrés, y Providencia y Santa Catalina respectivamente. En este consolidado de los indicadores, no se presenta el impacto por unidades de ordenación del territorio, el cual se puede apreciar en la Tabla 6-5 y Tabla 6-6

Tabla 7-1 Indicadores de presión e impacto en San Andrés.

Tipo de indicador	Indicador	Magnitud (%)	Severidad (%)
Estado (E)	Magnitud de la degradación de suelos por desertificación	75,6	
Estado (E)	Severidad de la degradación de suelos por desertificación		29,3
Presión (P)	Zonas de relieves extremos con desertificación	76,8	36,4
Presión (P)	Zonas de uso agrícola con desertificación	72,8	13,3
Presión (P)	Zonas de uso pecuario con desertificación	87,8	18,5
Presión (P)	Zonas con índice de ocupación en predios rurales con desertificación	98,1	88,6
Presión (P)	Zonas susceptibles a incendios de la cobertura vegetal con desertificación	67,5	13,3
Presión (P)	Zonas de uso turístico con desertificación	97,5	6,3
Presión (P)	Zonas de amenaza por movimientos en masa con desertificación	83,4	26,2
Presión (P)	Zonas de amenaza por inundaciones con desertificación	51,2	14,3
Impacto (I)	Afectación de la desertificación en zonas de conservación, preservación y protección ambiental	64,8	8,1
Impacto (I)	Afectación de la desertificación en zonas con vocación agrícola	73,7	17,8
Impacto (I)	Afectación de la desertificación en zonas con vocación pecuaria	51,2	16,1
Impacto (I)	Afectación de la desertificación en zonas con vocación agroforestal	79,5	8,4
Impacto (I)	Afectación de la desertificación en zonas con vocación para la recreación y el ecoturismo	38,5	8,4
Impacto (I)	Afectación de la desertificación en zonas de restauración	81,8	26,6



Tipo de indicador	Indicador	Magnitud (%)	Severidad (%)
Impacto (I)	Afectación de la desertificación en las zonas de reglamentación Especial	77,2	31,0

Tabla 7-2 Indicadores de presión e impacto en Providencia y Santa Catalina.

Tipo de indicador	Indicador	Magnitud (%)	Severidad (%)
Estado (E)	Magnitud de la degradación de suelos por desertificación	86,1	
Estado (E)	Severidad de la degradación de suelos por desertificación		11,8
Presión (P)	Zonas de relieves extremos con desertificación	75,3	0,4
Presión (P)	Zonas de uso agrícola con desertificación	92,5	1,6
Presión (P)	Zonas de uso pecuario con desertificación	93,1	21,6
Presión (P)	Zonas con índice de ocupación en predios rurales con desertificación	99,4	97,5
Presión (P)	Zonas susceptibles a incendios de la cobertura vegetal con desertificación	85,0	10,1
Presión (P)	Zonas de uso turístico con desertificación	93,9	71,2
Presión (P)	Zonas de amenaza por movimientos en masa con desertificación	89,1	13,5
Presión (P)	Zonas de amenaza por inundaciones con desertificación	88,6	31,7
Impacto (I)	Afectación de la desertificación en zonas de conservación, preservación y protección ambiental	87,6	5,4
Impacto (I)	Afectación de la desertificación en zonas con vocación agrícola	83,6	16,2
Impacto (I)	Afectación de la desertificación en zonas con vocación pecuaria	87,2	20,2
Impacto (I)	Afectación de la desertificación en zonas con vocación agroforestal	99,2	25,1
Impacto (I)	Afectación de la desertificación en zonas con vocación para la recreación y el ecoturismo	1,5	0,4
Impacto (I)	Afectación de la desertificación en zonas de restauración	98,1	10,9



Tipo de indicador	Indicador	Magnitud (%)	Severidad (%)
Impacto (I)	Afectación de la desertificación en las zonas de reglamentación Especial	85,5	14,6

7.1. Evaluación de las causas

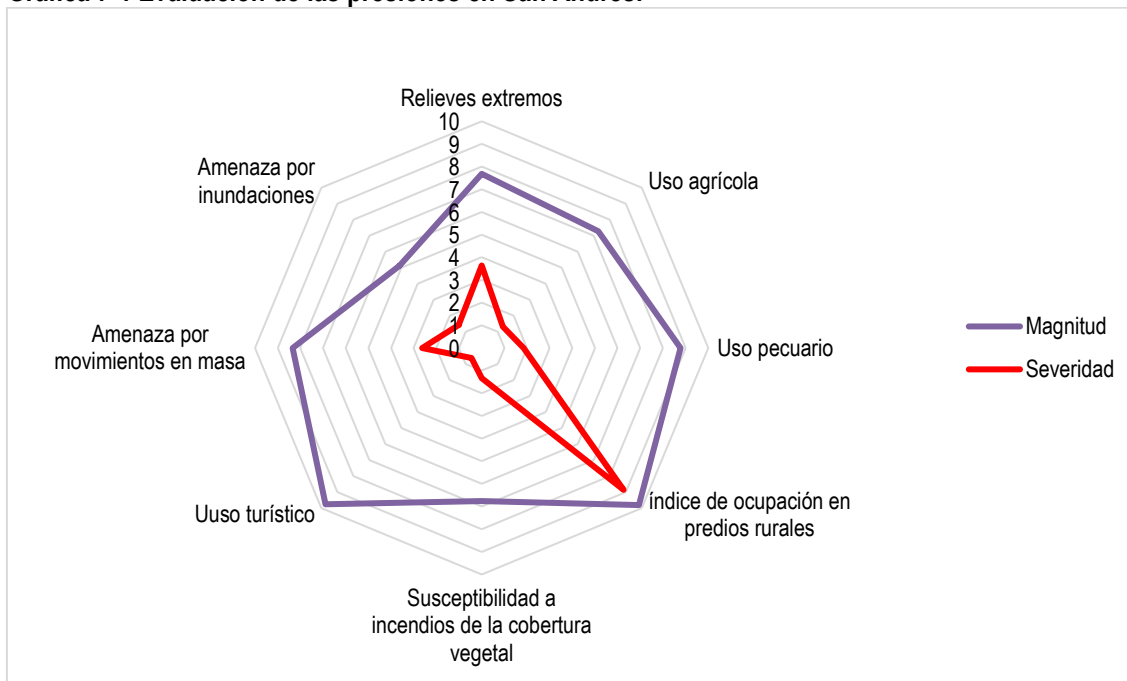
Las causas de la degradación de suelos por desertificación en las islas del archipiélago pasan por ciertos usos conflictivos que van en contravía de la vocación, por una parte, y por la fuerte demanda de recursos naturales gracias a ciertas actividades asociadas al turismo. Además, las condiciones naturales de las islas las hacen propensas a desarrollar procesos de desertificación.

En la Gráfica 7-1 y Gráfica 7-2 se observan en conjunto las principales presiones sobre la isla, que causan en mayor o menor medida los procesos de degradación de suelos como erosión, compactación, salinización o pérdida de la materia orgánica, lo que consecuentemente lleva a la desertificación. En la isla de San Andrés, se percibe una fuerte presión relacionada con la expansión urbana (índices de ocupación en zonas rurales), que se relaciona con las actividades del turismo; esto se relaciona con la alta densidad poblacional de la isla, donde se debe considerar la población flotante que entra y sale permanentemente. Los usos pecuarios podrían ser una presión para considerar, teniendo en cuenta que deben estar en conflicto frente a la vocación de uso de los suelos. Desde la gestión del riesgo, se podrían atender las posibles presiones que se generan ante un movimiento en masa, una inundación o un incendio forestal.

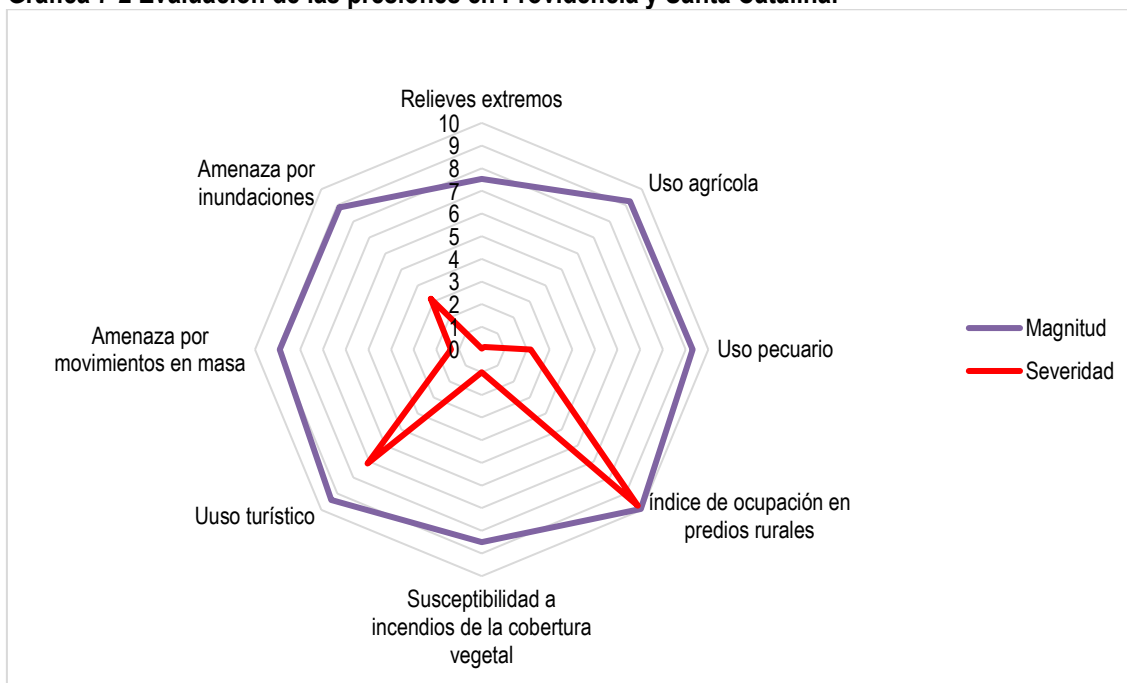
En Providencia y Santa Catalina (Gráfica 7-2) se observa que casi todas las actividades y tipos de uso del suelo se relacionan con procesos de degradación de suelos. En este sentido, es importante anotar que la isla tiene un capital natural muy alto, que es susceptible de perderse por degradación del suelo por usos desmedidos, a pesar de la gran resiliencia que han demostrado las islas. Puntualmente, actividades como las pecuarias y las asociadas al manejo de los residuos, deben tener supervisión y control, pues afectan gravemente a las islas. La gestión del riesgo también es clave, sin embargo, mientras los eventos sean generados de forma natural no debería existir problema para los suelos, siempre y cuando se controlen permanentemente procesos como la erosión, compactación y salinización de los suelos. Al igual que en San Andrés, aunque en menor medida, el sellamiento de los suelos por la expansión urbana es una amenaza muy fuerte para los servicios ambientales de los suelos.



Gráfica 7-1 Evaluación de las presiones en San Andrés.



Gráfica 7-2 Evaluación de las presiones en Providencia y Santa Catalina.



7.2. Evaluación de las consecuencias

Las consecuencias de la degradación de los suelos, interpretadas a partir de los impactos que se generan por la ocurrencia en magnitud y severidad de la desertificación, son fuertes y evidentes en las islas por ser un territorio pequeño y limitado en el recurso suelo. En todas las islas se evidencia la afectación progresiva de las zonas de vocación productiva, de reglamentación especial o para la

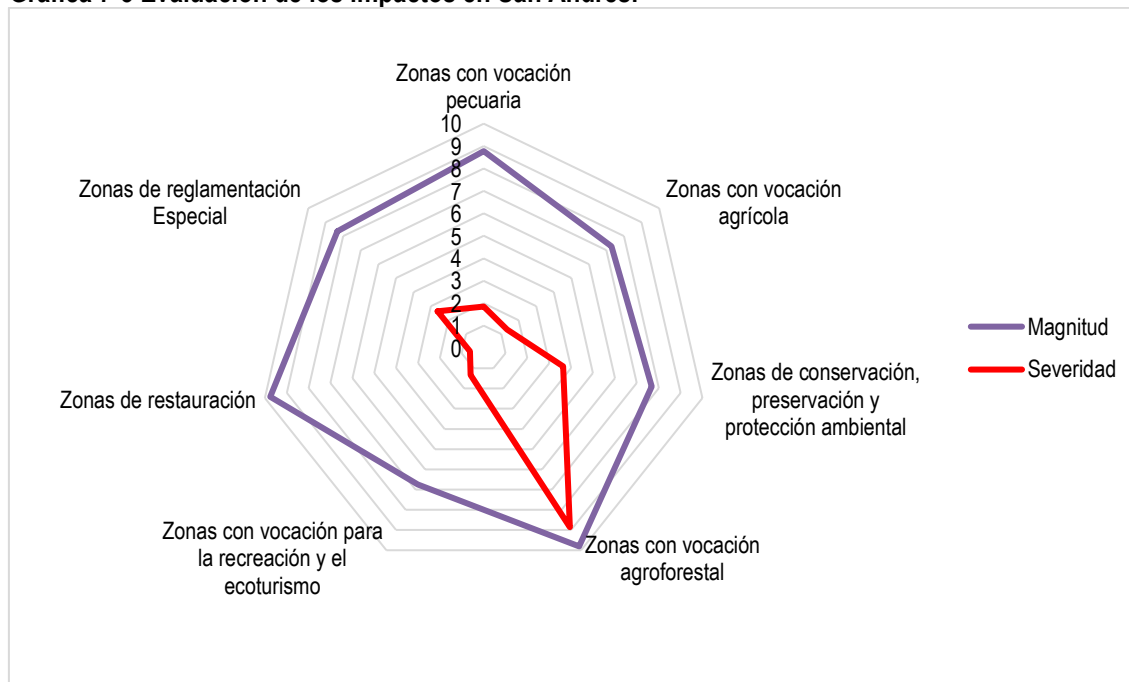


conservación y protección ambiental, entre otras. En la Gráfica 7-3 y Gráfica 7-4 se observa el impacto de la desertificación sobre cada una de las zonas que ofrece un bien y servicio para el sostén de la calidad de vida de los isleños.

En la isla de San Andrés, la afectación de las zonas con vocación productiva es importante, en parte por conflictos de uso, pero asociados a cierta subutilización de los suelos o manejos equivocados de los mismos. No se observa que la isla sea productora industrial y comercializadora de productos agrícolas, sin embargo, las actividades de pan coger pueden ser gravemente impactadas a corto o mediano plazo. Las actividades pecuarias, que no son incentivadas por la administración pública por falta de infraestructura (no hay planta de beneficio), igualmente se presentan en la isla, y esto tiende a generar degradación de los suelos, afectando otros bienes y servicios ambientales.

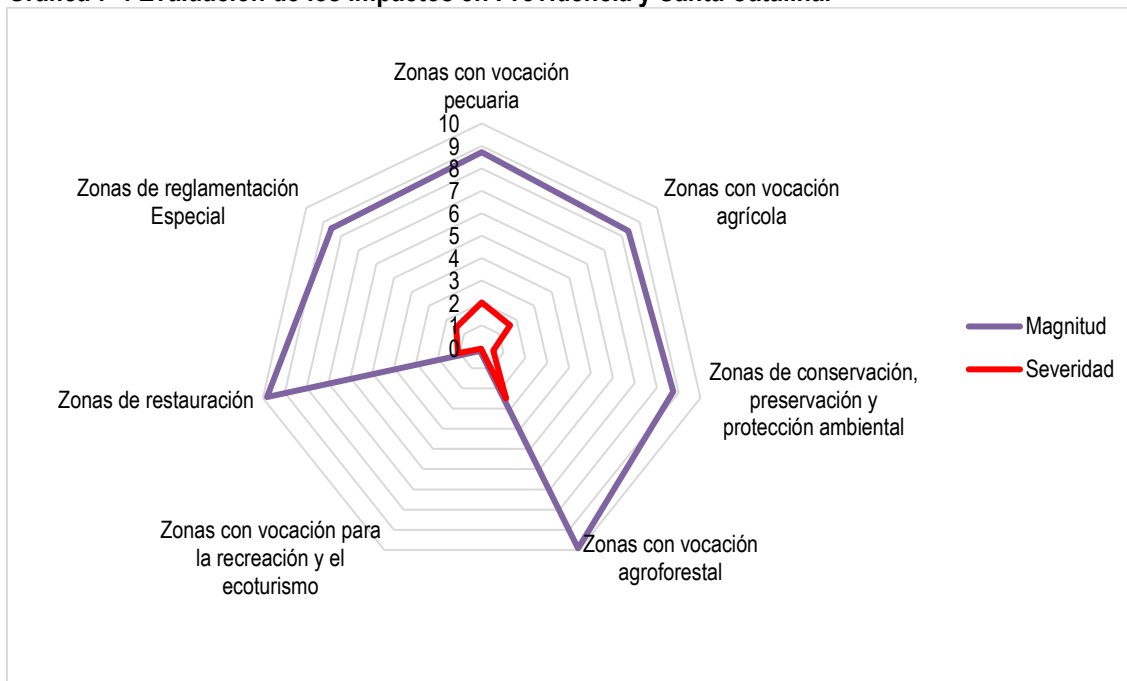
En las islas de Providencia y Santa Catalina, la degradación de los suelos por varios procesos, y por desertificación, tiene a afectar mayormente las zonas para la protección y conservación ambiental (principal vocación de la isla). Las zonas con vocación agrícola y pecuaria son limitadas, pero pueden ser aprovechadas y gestionadas apropiadamente; en este sentido, se observa que la agricultura de la isla es amigable con los suelos, con buenas prácticas de manejo y normalmente de pan coger, sin embargo, el uso pecuario de bovinos en zonas de pendiente es bastante perjudicial para las islas, pues degrada los suelos por erosión y compactación, lo que termina exponiéndolos a la intemperización y a su posterior pérdida.

Gráfica 7-3 Evaluación de los impactos en San Andrés.





Gráfica 7-4 Evaluación de los impactos en Providencia y Santa Catalina.



8. RECOMENDACIONES Y LINEAMIENTOS PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DEL SUELO POR PROCESO DE DEGRADACIÓN DE SUELOS

A partir del análisis y evaluación de la información socioeconómica y biofísica, de los procesos actuales de degradación de suelos por desertificación en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, presentamos a continuación algunos lineamientos y recomendaciones para el monitoreo y acciones requeridas, para la gestión sostenible de los suelos degradados desde la prevención, mitigación, la adaptación y la rehabilitación frente a la desertificación.

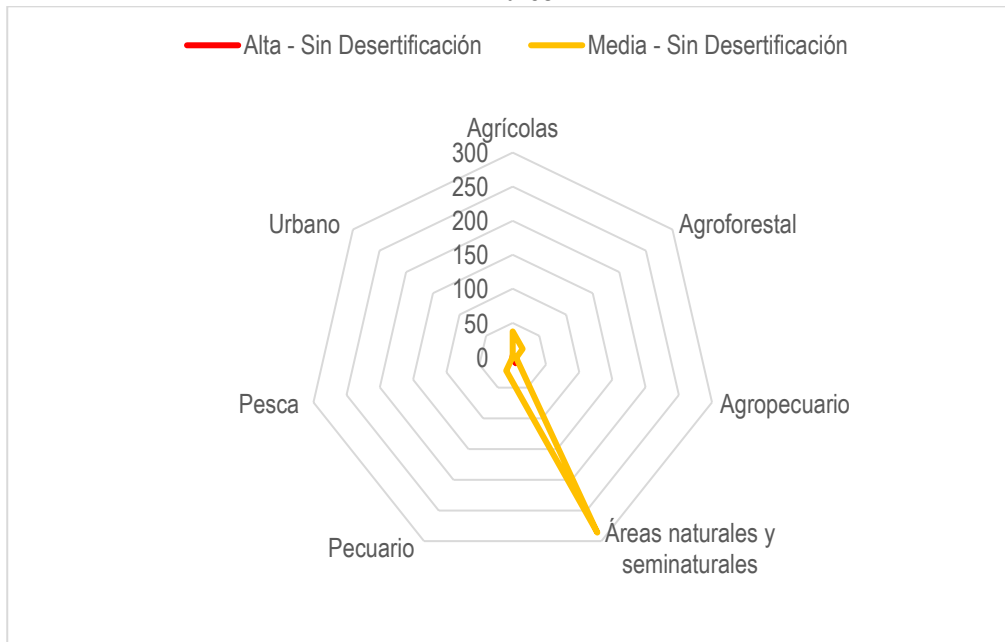
8.1. Recomendaciones y lineamientos para la prevención en áreas insulares sin desertificación y con susceptibilidad media y alta

Para recomendaciones y lineamientos asociados a la prevención en áreas insulares, se toman los datos del análisis y la evaluación del archipiélago, relacionados a las áreas sin desertificación y con susceptibilidad media y alta a la desertificación.

La Gráfica 8-1 muestra la distribución de las áreas sin desertificación para la isla de San Andrés, de las cuales 370 hectáreas se encuentran en susceptibilidad media, y 13,9 ha en susceptibilidad alta a la desertificación. En el nivel 1 del uso del suelo, se encontró el pico en las unidades naturales o seminaturales, con un total de 296,2 hectáreas.



Gráfica 8-1 Respuestas para la prevención de la degradación de los suelos por desertificación en San Andrés



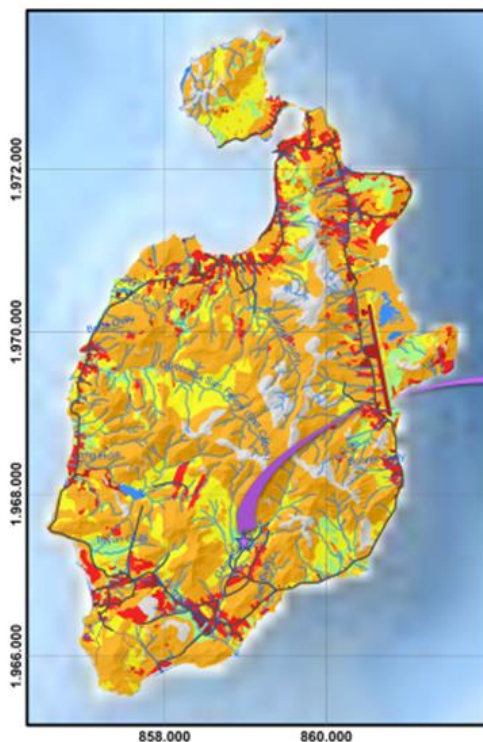
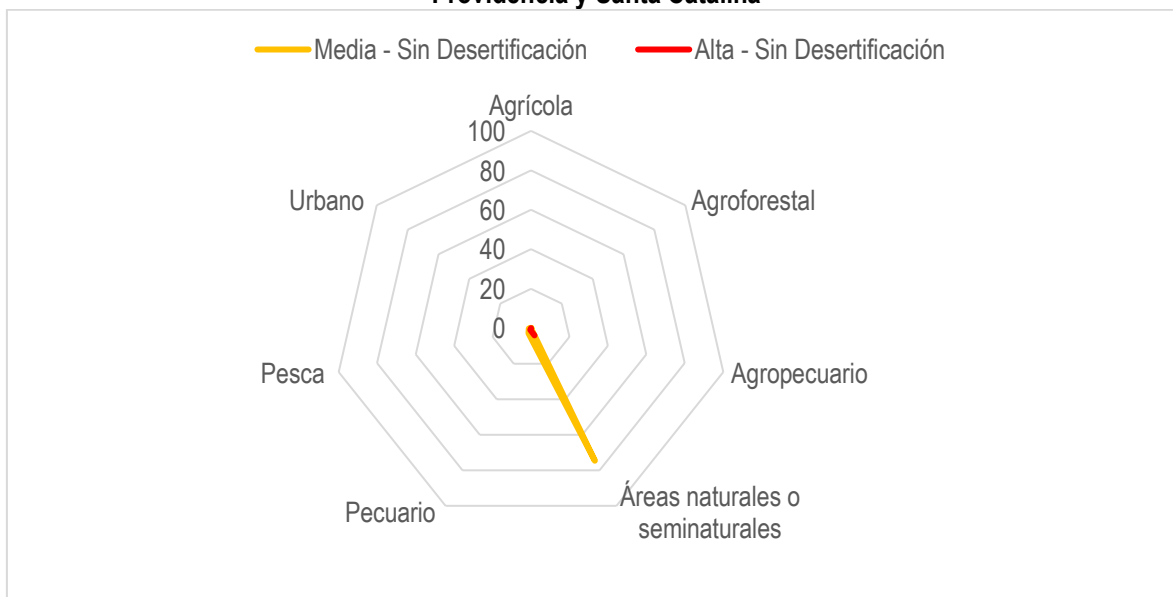
UBICACIÓN: latitud (x,y °): 12.5350516; longitud (x,y °): -81.7212043; altitud (m): 25.6;
 precisión(m): 4.86
 DEPARTAMENTO: ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA
 MUNICIPIO: SAN ANDRÉS
 LUGAR: Manual Pond
 COBERTURA DE LA TIERRA: ESPACIOS NATURALES
 USO DEL SUELO: CONSERVACIÓN
 ESTADO: SIN DESERTIFICACIÓN

Figura 8-1 Ejemplo de áreas para la prevención de la desertificación en San Andrés.

En las islas de Providencia y Santa Catalina, Gráfica 8-2 se encuentra una relación similar de los datos hallado en la isla de San Andrés, en las áreas naturales y seminaturales, las que concentran las zonas sin desertificación en susceptibilidad media y alta. Con un total de 84 hectáreas en esta condición, Providencia y Santa Catalina cuentan con 74,6 hectáreas sin desertificación en susceptibilidad media.



Gráfica 8-2 Respuestas para la prevención de la degradación de los suelos por desertificación en Providencia y Santa Catalina



UBICACIÓN
 latitud (x,y °): 13.3433911
 longitud (x,y °): -81.3686596
 altitud (m): 132.8559530674315
 precisión (m): 4.972
 DEPARTAMENTO: ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS,
 PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA
 MUNICIPIO: PROVIDENCIA
 LUGAR: Pearl Jam Ground
 COBERTURA DE LA TIERRA: ESPACIOS NATURALES
 USO DEL SUELO: CONSERVACIÓN
 ESTADO: SIN DESERTIFICACIÓN
 LINEAMIENTO: PREVENCIÓN DE LA DESERTIFICACIÓN

Figura 8-2 Ejemplo de área para la prevención de la desertificación en las islas Providencia y Santa Catalina.

En la Figura 8-1y Figura 8-2, se evidencian ejemplos, de las áreas para las islas de San Andrés y Providencia identificadas en la zonificación cómo sin desertificación, son estos lugares entonces, los



prioritarios para el enfoque de las medidas, recomendaciones y lineamientos para la prevención de la desertificación.

De acuerdo a los datos de análisis y evaluación de las gráficas de decisión, a continuación, se presentan las recomendaciones asociadas a la prevención en áreas sin desertificación con susceptibilidad media y alta:

- Evitar las quemas como método de preparación de suelos para cultivos y/o potreros en las Islas.
- Previo a la actividad agropecuaria, procurar asesorías en análisis de suelos e interpretación de los resultados, con entidades y actores del Archipiélago.
- Talleres institucionales y comunitarios, sobre la necesidad de evaluación de la calidad del suelo y prácticas de manejo sostenible de los suelos.
- Recolección de información cualitativa y cuantitativa de suelos, desde procesos participativos con comunidades raizales y otros actores de las islas.
- Consultar la capacidad de uso y vocación de uso de los suelos, a partir de datos de entidades como Coralina, UAESPNN, Gobernación, y otros actores.
- Desarrollar políticas de compensación, incentivos y pagos por servicios ambientales (PSA) que permitan articularse como instrumentos de gestión ambiental del territorio.
- Desestimular la producción pecuaria de especies mayores, y promover las especies menores cuya cría y levante no implique pastoreo extensivo.
- Análisis de calidad de agua para riego y usar algunos puntos de observación de la expedición Seaflower Plus 2021.
- Ordenar y planificar el tránsito del turismo por áreas naturales, estudios de capacidad de carga, adecuación y rotación de senderos.
- Mayores controles a la deforestación, la expansión de la frontera agrícola y pecuaria y, especialmente al sellamiento del suelo por la expansión urbana.
- Obras de control de incendios forestales en áreas naturales y de conservación (barreras cortafuegos).

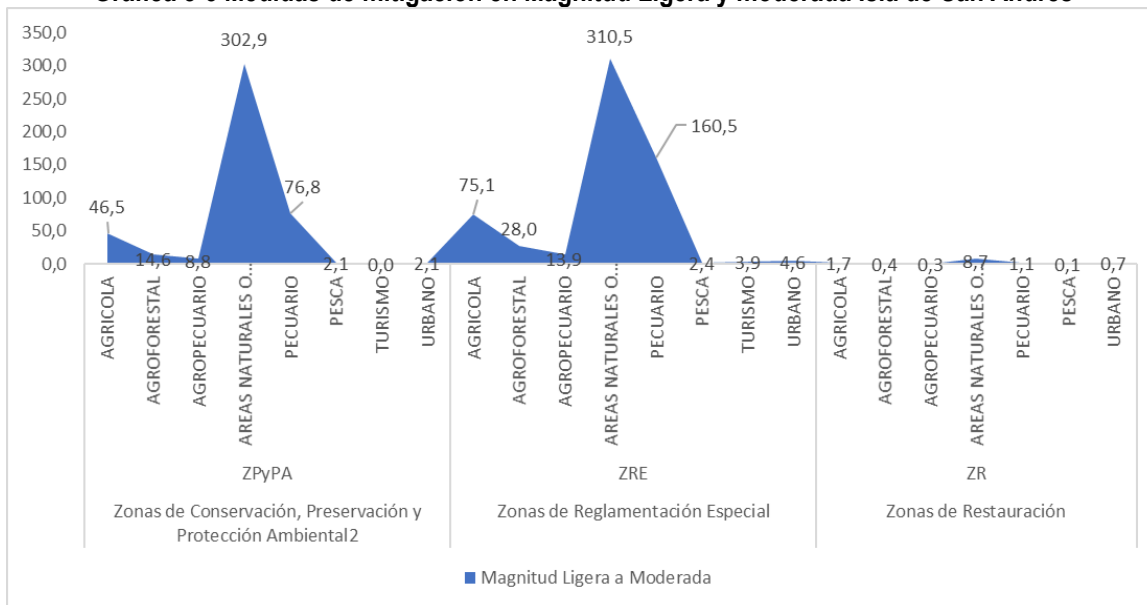
Las recomendaciones y lineamientos anteriores, son propuestos desde la importancia de estas áreas sin desertificación, para el equilibrio del archipiélago, con especial atención en las que tienen susceptibilidad media y alta a la desertificación.

8.2. Recomendaciones y lineamientos para la mitigación en áreas insulares con magnitud ligera a moderada de la desertificación

Las recomendaciones para la mitigación de los impactos de la desertificación en áreas insulares, se han tomado de referencia los datos del análisis y la evaluación del archipiélago, relacionados a las áreas con desertificación ligera a moderada asociados a usos del suelo nivel 1 y con lineamientos particulares de acuerdo a la zonificación ambiental 415 propuesta para las islas.



Gráfica 8-3 Medidas de mitigación en Magnitud Ligera y moderada Isla de San Andrés

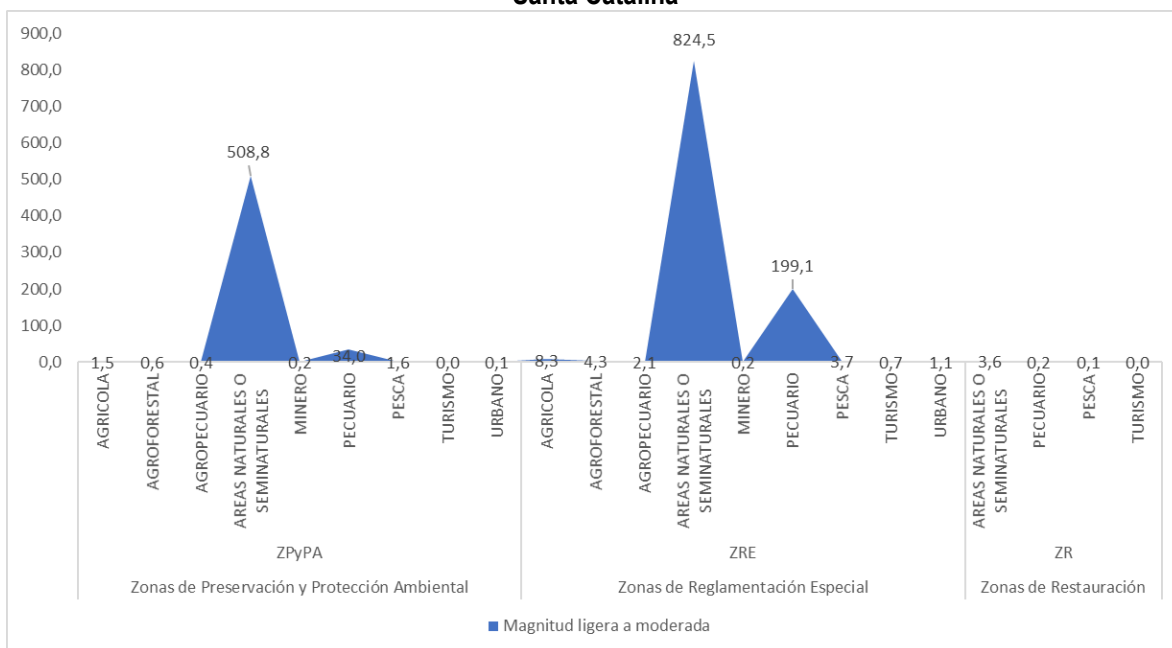


Gráfica 8-4 Medidas de mitigación en magnitud Ligera y Moderada en las Islas de Providencia y Santa Catalina.

De acuerdo a los datos de análisis y evaluación relacionados en la gráfica de decisión Gráfica 8-3, identificados para las respuestas y recomendaciones de mitigación de los impactos de la desertificación, encontramos que, para la isla de San Andrés, el 57% de las zonas con magnitud entre ligera a moderada están en áreas naturales o seminaturales, dentro de las cuales, el 29% están en zonas de reglamentación especial, y el 28% en zonas de conservación, preservación y protección ambiental. En total tenemos, qué la magnitud de ligera a moderada para la isla de San Andrés son 1065,9 hectáreas, de las cuales, 622,7 hectáreas están en áreas naturales y seminaturales.



Gráfica 8-5 Mitigación de la desertificación en áreas con Magnitud Ligera a Moderada en Providencia y Santa Catalina



Para las islas de Providencia y Santa Catalina, de acuerdo a los datos de nuestra gráfica decisión (figura 17), encontramos que las dos Islas cuentan con 1594,9 ha, con una magnitud de la desertificación entre ligera a moderada. De las cuales 824,5 hectáreas están en zonas de reglamentación especial en áreas naturales o seminaturales, representando el 52% para las dos Islas; Las 508,8 hectáreas en áreas naturales o seminaturales al interior de zonas de preservación y protección ambiental, Representan el 32% de Providencia y Santa Catalina. Con 199,1 ha el uso pecuario representa el 12% del territorio de Providencia y Santa Catalina con una degradación ligera a moderada.

A continuación, se presentan las recomendaciones sugeridas para mitigación de la desertificación, por unidades de zonificación ambiental, de acuerdo al proceso de degradación y al uso principal del suelo en nivel 1:

8.2.1. Mitigación en Zonas de Conservación, Preservación y Protección Ambiental

8.2.1.1. Mitigación de la Erosión en zonas de conservación

Recomendaciones para usos agrícola:

- Aplicar enmiendas orgánicas: compost, lombricomposta, biofertilizantes, incorporación de abonos verdes y residuos de cosecha.
- Establecer cultivos de cobertura y/o abonos verdes entre cada ciclo de cultivo, en las calles de cultivos anuales, semipermanentes y permanentes. Mantener el mantillo o mulch en la superficie del suelo con residuos de cosecha, arvenses nobles, residuos de poda y de desyerbas.
- Siembra de cultivos de alta densidad, cultivos asociados o policultivos, rotación de cultivos, cultivos en franjas y cultivos de cobertura.



- Cultivar a través de la pendiente, siguiendo curvas de nivel y en tresbolillo o triángulo. Aplicar los principios de la labranza de conservación como la labranza cero o siembra directa o sobre residuos de cosecha, labranza mínima en surcos o puntual. Siembra en terrazas.

Recomendaciones para usos agroforestales:

- Aplicar de enmiendas orgánicas: compost, lombricomposta, biofertilizantes, incorporación de abonos verdes y residuos de podas y talas.
- Establecer cultivos de cobertura y abonos verdes en las calles de cultivos permanentes y en las calles de las plantaciones forestales en los primeros años antes del cierre del dosel; también mantener los residuos de talas y podas como cobertura del suelo.

Recomendaciones para usos áreas naturales o seminaturales

- Conservar las coberturas en todos sus estratos y repoblar con especies arbóreas, arbustivas y herbáceas para garantizar la cobertura del suelo.

Recomendaciones para usos pecuarios

- Sembrar e incorporar de abonos verdes, compost, lombricomposta, biofertilizantes en potreros con erosión moderada (surcos, laminar, terraceo).
- Establecer cercas vivas, cortinas rompevientos, árboles dispersos en potreros y franjas banco de proteína/pasto.
- Realizar subsolado profundo o renovación de praderas y zanjas de infiltración.

Recomendaciones para usos pesca

- Aprovechar residuos de pesca (esqueletos, espinas) para enriquecer las enmiendas orgánicas.

Recomendaciones para usos Urbanos

- Sembrar especies ornamentales y arbóreas en las áreas con suelo dentro de las ciudades como parques y terrenos baldío.
- Revegetalizar bordes de carretera y taludes con especies frondosas y de sistema radicular denso y profundo.

8.2.1.2. Mitigación de la Salinización en zonas de conservación

- Aplicar enmiendas orgánicas: compost, lombricomposta, biofertilizantes, incorporación de abonos verdes y residuos de cosecha.
- Aplicar enmiendas químicas como yeso y azufre, especialmente en suelos sódicos y salino-sódicos.
- Usar fertilizantes de reacción ácida para incrementar la disponibilidad de nutrientes insolubilizados por pH alcalinos y altos contenidos de carbonatos.



- Mantener la óptima humedad de los suelos y evitar que el agua se evapore de estos para reducir la concentración de las sales en solución.
- Promover la cosecha de agua lluvia, lo cual optimiza la calidad del agua para riego.

8.2.1.3. Mitigación de la Compactación en zonas de conservación

- Aplicar los principios de la labranza de conservación como la labranza cero o siembra directa o sobre residuos de cosecha, labranza mínima en surcos o puntual.
- Aplicar enmiendas orgánicas: compost, lombricomposta, biofertilizantes, incorporación de abonos verdes y residuos de cosecha.
- Establecer cultivos de cobertura y/o abonos verdes entre cada ciclo de cultivo, en las calles de cultivos anuales, semipermanentes y permanentes.
- Mantener el mantillo o mulch en la superficie del suelo con residuos de cosecha, arvenses nobles, residuos de poda y de desyerbas.
- Mantenimiento y rotación de senderos. Control del tránsito de personas.
- Realizar pastoreo racional basado en la disponibilidad de forraje y capacidad de carga.
- Aplicar enmiendas orgánicas: compost, lombricomposta, biofertilizantes, incorporación de abonos verdes y residuos de cosecha.
- Establecer varios ciclos de abonos verdes en potreros compactados, preferiblemente con especies de sistemas radiculares pivotantes y densos que incrementen la porosidad de los suelos.
- Controlar y rotar los senderos por donde transita el ganado.
- Convertir las prácticas de pastoreo extensivo a pastoreo racional, con opción de semi estabulación.
- Priorizar la cría y levante de especies menores. Establecer potreros con mezcla de gramíneas y leguminosas herbáceas y arbustivas a modo de franjas y bancos de proteína, además de árboles dispersos en potreros, en linderos, cercas vivas y barreras rompevientos.

8.2.1.4. Mitigación Pérdida de la Materia Orgánica en zonas de conservación

Recomendaciones para usos agrícola, agroforestal y agropecuario

- Aplicar enmiendas orgánicas: compost, lombricomposta, biofertilizantes, incorporación de abonos verdes y residuos de cosecha.
- Establecer cultivos de cobertura y/o abonos verdes entre cada ciclo de cultivo, en las calles de cultivos anuales, semipermanentes y permanentes. Mantener el mantillo o mulch en la superficie del suelo con residuos de cosecha, arvenses nobles, residuos de poda y de desyerbas.
- Siembra de cultivos de alta densidad, cultivos asociados o policultivos, rotación de cultivos, cultivos en franjas y cultivos de cobertura. Implementar prácticas de control de la erosión.
- Evitar las quemadas de residuos orgánicos y los incendios de las coberturas vegetales.



Recomendaciones para usos áreas naturales o seminaturales

- Conservar las coberturas en todos sus estratos y repoblar con especies arbóreas, arbustivas y herbáceas para garantizar la cobertura del suelo.

Recomendaciones para usos pecuarios

- Sembrar e incorporar de abonos verdes, compost, lombricomposta, biofertilizantes en potreros con erosión moderada (surcos, laminar, terraceo).
- Establecer cercas vivas, cortinas rompevientos, árboles dispersos en potreros y franjas banco de proteína/pasto.
- Realizar subsolado profundo o renovación de praderas y zanjas de infiltración.

8.2.2. Mitigación en Zonas de Reglamentación Especial

8.2.2.1. Mitigación de la erosión en zonas de reglamentación especial

Recomendaciones para usos Agrícolas

- Aplicar enmiendas orgánicas: compost, lombricomposta, biofertilizantes, incorporación de abonos verdes y residuos de cosecha.
- Establecer cultivos de cobertura y/o abonos verdes entre cada ciclo de cultivo, en las calles de cultivos anuales, semipermanentes y permanentes. Mantener el mantillo o mulch en la superficie del suelo con residuos de cosecha, arvenses nobles, residuos de poda y de desyerbas.
- Siembra de cultivos de alta densidad, cultivos asociados o policultivos, rotación de cultivos, cultivos en franjas y cultivos de cobertura.
- Cultivar a través de la pendiente, siguiendo curvas de nivel y en tresbolillo o triángulo. Aplicar los principios de la labranza de conservación como la labranza cero o siembra directa o sobre residuos de cosecha, labranza mínima en surcos o puntual.
- Siembra en terrazas en zonas de ladera.

Recomendaciones para usos agroforestales

- Aplicar de enmiendas orgánicas: compost, lombricomposta, biofertilizantes, incorporación de abonos verdes y residuos de podas y talas.
- Establecer cultivos de cobertura y abonos verdes en las calles de cultivos permanentes y en las calles de las plantaciones forestales en los primeros años antes del cierre del dosel; también mantener los residuos de talas y podas como cobertura del suelo.

Recomendaciones para usos áreas naturales o seminaturales

- Conservar las coberturas en todos sus estratos y repoblar con especies arbóreas, arbustivas y herbáceas para garantizar la cobertura del suelo.



Recomendaciones para usos pecuarios

- Sembrar e incorporar de abonos verdes, compost, lombricomposta, biofertilizantes en potreros con erosión moderada (surcos, laminar, terraceo).
- Establecer cercas vivas, cortinas rompevientos, árboles dispersos en potreros y franjas banco de proteína/pasto.
- Realizar subsolado profundo o renovación de praderas y zanjas de infiltración.

Recomendaciones para usos pesca

Aprovechar residuos de pesca (esqueletos, espinas) para enriquecer las enmiendas orgánicas.

Recomendaciones para usos urbano y turismo

- Sembrar especies ornamentales y arbóreas en las áreas con suelo dentro de las ciudades como parques y terrenos baldíos.
- Revegetalizar bordes de carretera y taludes con especies frondosas y de sistema radicular denso y profundo.

8.2.3. Mitigación en Zonas de Restauración

8.2.3.1. Mitigación de la erosión en zonas de restauración

Recomendaciones para usos agrícolas

- Aplicar enmiendas orgánicas: compost, lombricomposta, biofertilizantes, incorporación de abonos verdes y residuos de cosecha.
- Establecer cultivos de cobertura y/o abonos verdes entre cada ciclo de cultivo, en las calles de cultivos anuales, semipermanentes y permanentes. Mantener el mantillo o mulch en la superficie del suelo con residuos de cosecha, arvenses nobles, residuos de poda y de desyerbas.
- Siembra de cultivos de alta densidad, cultivos asociados o policultivos, rotación de cultivos, cultivos en franjas y cultivos de cobertura.
- Cultivar a través de la pendiente, siguiendo curvas de nivel y en tresbolillo o triángulo. Aplicar los principios de la labranza de conservación como la labranza cero o siembra directa o sobre residuos de cosecha, labranza mínima en surcos o puntual.
- Siembra en terrazas en zonas de ladera.

Recomendaciones para usos agroforestales

- Aplicar de enmiendas orgánicas: compost, lombricomposta, biofertilizantes, incorporación de abonos verdes y residuos de podas y talas.
- Establecer cultivos de cobertura y abonos verdes en las calles de cultivos permanentes y en las calles de las plantaciones forestales en los primeros años antes del cierre del dosel; también mantener los residuos de talas y podas como cobertura del suelo.



Recomendaciones para usos áreas naturales o seminaturales

- Conservar las coberturas en todos sus estratos y repoblar con especies arbóreas, arbustivas y herbáceas para garantizar la cobertura del suelo.

Recomendaciones para usos pecuarios

- Sembrar e incorporar de abonos verdes, compost, lombricomposta, biofertilizantes en potreros con erosión moderada (surcos, laminar, terraceo).
- Establecer cercas vivas, cortinas rompevientos, árboles dispersos en potreros y franjas banco de proteína/pasto.
- Realizar subsolado profundo o renovación de praderas y zanjas de infiltración.

Recomendaciones para usos pesca

- Aprovechar residuos de pesca (esqueletos, espinas) para enriquecer las enmiendas orgánicas.

Recomendaciones para usos urbano

- Sembrar especies ornamentales y arbóreas en las áreas con suelo dentro de las ciudades como parques y terrenos baldíos.
- Revegetalizar bordes de carretera y taludes con especies frondosas y de sistema radicular denso y profundo.

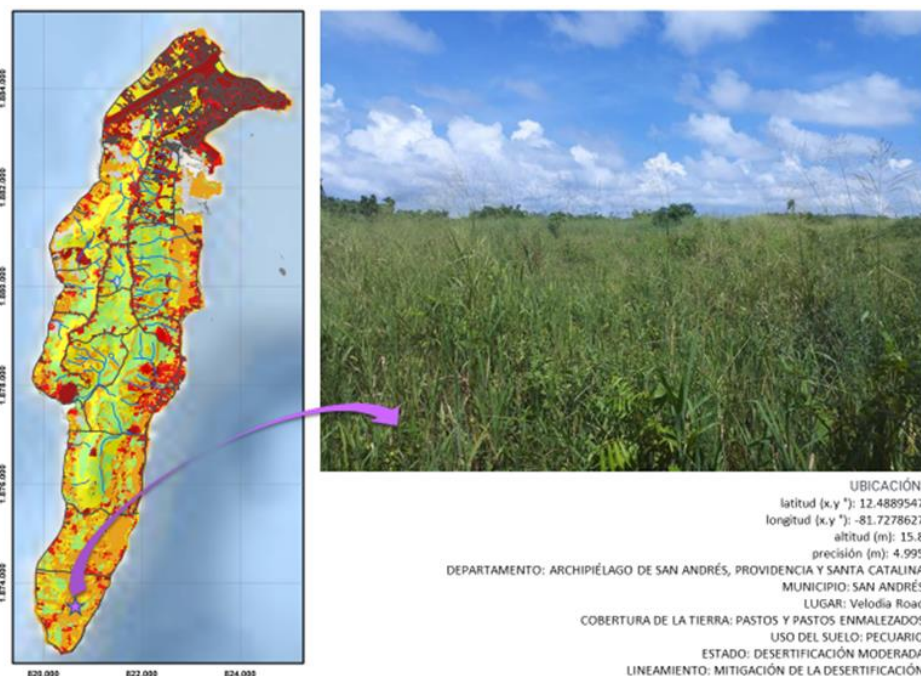
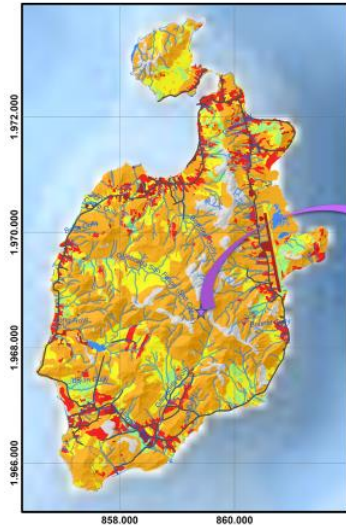


Figura 8-3 Ejemplo de área para la mitigación de la desertificación en la isla de San Andrés



UBICACIÓN:
 latitud (x,y "): 13.3468306
 longitud (x,y "): -81.3741531
 altitud (m): 361.6
 precipitación (mm): 3.33
 DEPARTAMENTO: ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA
 MUNICIPIO: PROVIDENCIA
 LUGAR: The Peak Regional Park, Providence Island
 COBERTURA DE LA TIERRA: ESPACIOS NATURALES
 USO DEL SUELO: CONSERVACIÓN
 ESTADO: DESERTIFICACIÓN MODERADA
 LINEAMIENTO: MITIGACIÓN DE LA DESERTIFICACIÓN

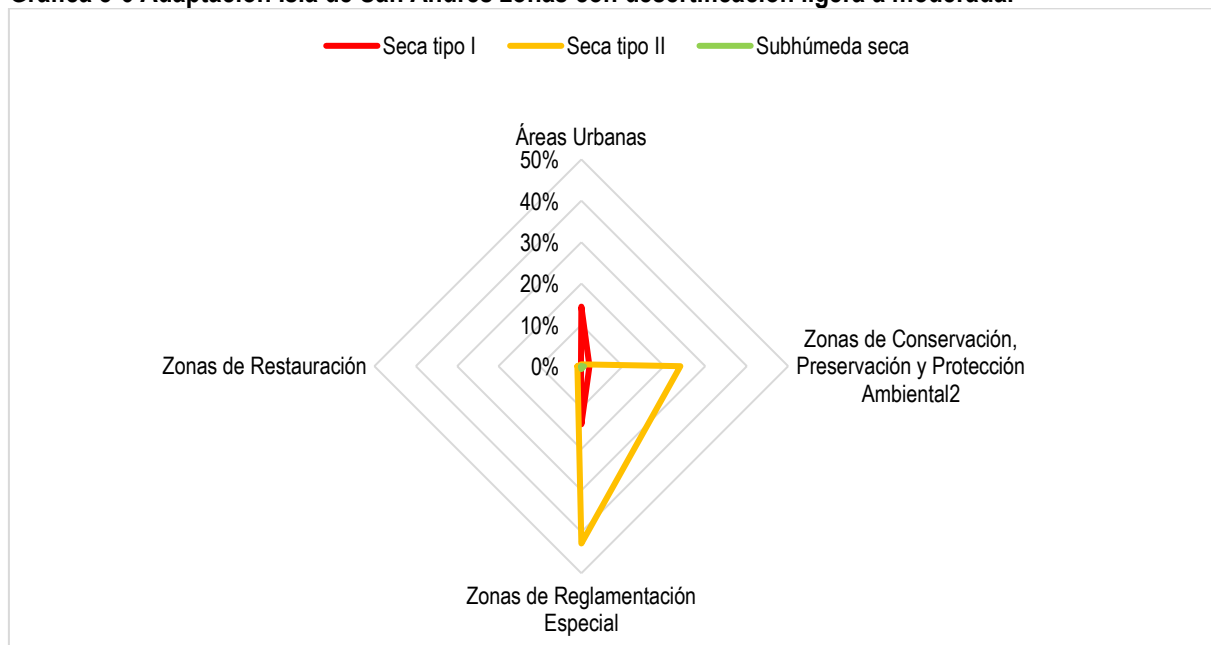
Figura 8-4 Ejemplo de área para la mitigación de la desertificación en las islas Providencia y Santa Catalina

En la Figura 8-3 y Figura 8-4 podemos ver unos ejemplos, de unas de las áreas para las islas de San Andrés y Providencia identificadas en la zonificación como con desertificación de ligera a moderada, siendo estos lugares entonces, los prioritarios para el enfoque de las medidas, recomendaciones y lineamientos para la mitigación de la desertificación.

8.3. Recomendaciones y lineamientos para la adaptación en zonas secas con magnitud de la desertificación

A partir de los datos sobre desertificación obtenidos en este estudio, la adaptación se plantea para aquellas áreas en zonas secas tipo I y II, asociados a magnitudes de degradación de suelos de muy leve a moderadas.

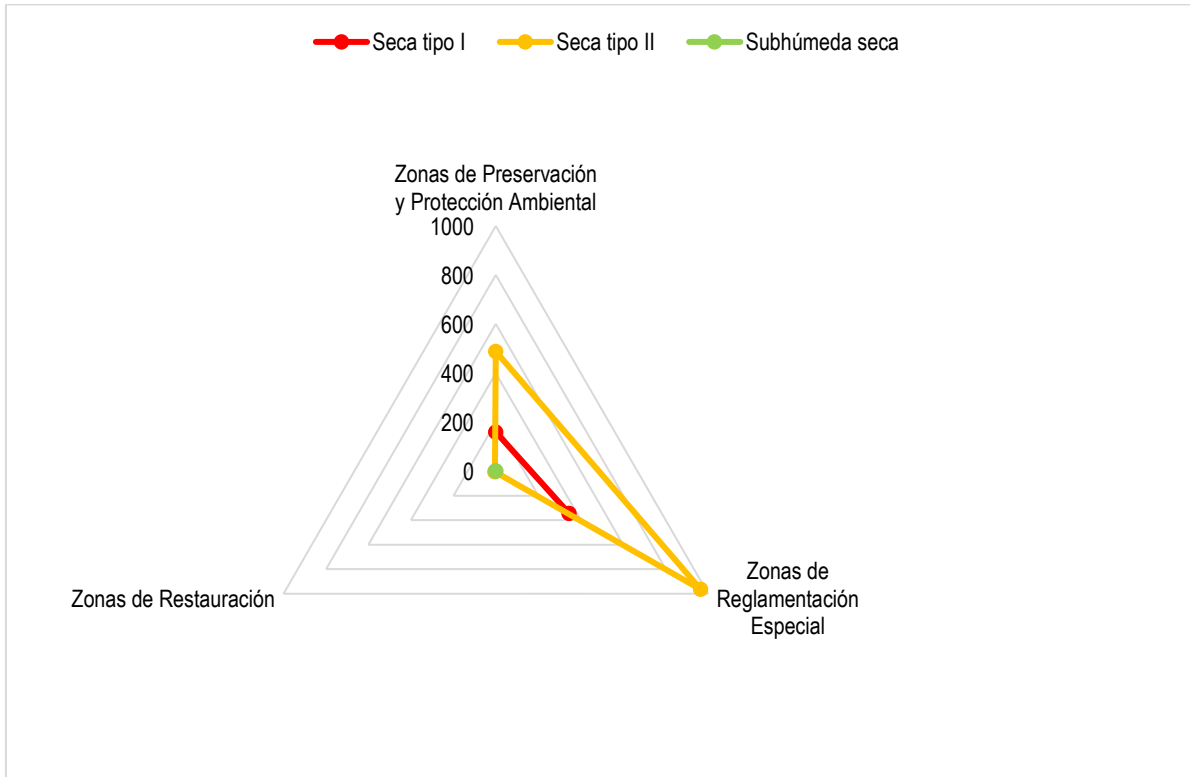
Gráfica 8-6 Adaptación Isla de San Andrés zonas con desertificación ligera a moderada.





En la Gráfica 8-6 se puede observar que para la isla de San Andrés las áreas con grados entre muy leves y moderados y zonas Secas Tipo 1 están relacionadas principalmente a las áreas urbanas (293,1 ha) y a las Zonas de Reglamentación Especial (284,5 ha). Las áreas con magnitudes entre leve y moderada y asociadas a zonas secas Tipo 2 corresponden principalmente a Zonas de Reglamentación Especial (869,5 ha), seguido por las Zonas de Conservación, Preservación y Protección Ambiental (486,4 ha).

Gráfica 8-7 Medidas de adaptación Providencia y Santa Catalina zonas con desertificación ligera a moderada



En la Gráfica 8-7 se puede visualizar que para las islas de Providencia y Santa Catalina las zonas Secas Tipo 1 y con grados entre muy leves y moderados de magnitud están asociadas principalmente a Zonas de Reglamentación Especial (344,9 ha) y a las Zonas de Preservación y Protección Ambiental (159,4 ha). Las áreas con magnitudes entre leve y moderada y asociadas a zonas secas Tipo 2 corresponden principalmente a Zonas de Reglamentación Especial (964,8 ha), seguido por las Zonas de Conservación, Preservación y Protección Ambiental (486,4 ha).

8.3.1. Zonas de Conservación, Preservación y Protección Ambiental

- Definir consensuadamente (administración, propietarios, productores) los límites y restricciones frente al uso y aprovechamiento agroforestal, agropecuario, pesquero, turismo y urbano en las zonas de conservación, preservación y protección ambiental.
- Definir un plan de acción con los agricultores del archipiélago, para enfrentar con más información y herramientas los periodos de sequía.



- Definir consensuadamente (administración, propietarios, productores) los límites y restricciones frente a los usos urbanos, en las zonas de conservación, preservación y protección ambiental.
- Definir consensuadamente (administración, propietarios, productores) los límites y restricciones frente al uso y aprovechamiento para el turismo responsable, en las zonas de conservación, preservación y protección ambiental.

8.3.2. Zonas de Reglamentación Especial

- Construir concertadamente e implementar un programa de socialización de las medidas de reglamentación especial, en cada una de las islas.
- Definir acciones en conjunto con los agricultores del archipiélago, para diseñar prácticas de manejo que propendan por la recuperación de los suelos, a mediano y largo plazo.
- Definir en conjunto, comunidad, productores y administración del archipiélago, con la información agroclimática disponible a la mano, las acciones y metas de adaptación bajo el contexto de las condiciones socioeconómicas del archipiélago, frente a los periodos de sequía y a los ciclones tropicales, asumiendo periodos de retorno cada vez más frecuentes.
- Establecer y mantener cultivos de especies tolerantes a las sequías prolongadas, la salinidad y sodicidad: como la mostaza, flor de Jamaica, caña de azúcar, girasol, yuca, cuatro fillos, y otros cultivos adaptados a los suelos de la zona.

8.3.3. Zonas de Restauración

- Definir acciones en conjunto con los productores del archipiélago y otros miembros de la comunidad interesados en el aprovechamiento forestal, para diseñar planes de aprovechamiento forestal que propendan por la recuperación de los suelos, a mediano y largo plazo.
- Generar un inventario de los predios destinados para el uso agroforestal, relacionando las especies y prácticas específicas implementadas para el mantenimiento y aprovechamiento.
- Definir acciones en conjunto con los agricultores del archipiélago, para diseñar prácticas de manejo que propendan por la recuperación de los suelos, a mediano y largo plazo.
- Definir acciones en conjunto con los comerciantes y prestadores de servicios turísticos del archipiélago, para establecer prácticas turísticas apropiadas que propendan por la protección y la recuperación de los suelos, a mediano y largo plazo.
- Definir en conjunto, comunidad, comerciantes, prestadores de servicios turísticos y administración del archipiélago, con la información técnica científica disponible a la mano, las acciones y metas de adaptación para la restauración, bajo el contexto de las condiciones socioeconómicas del archipiélago, frente a los periodos de sequía y a los ciclones tropicales, asumiendo periodos de retorno cada vez más frecuentes.
- Estudiar y diseñar un control de aforo para población flotante de turistas, en coherencia con la capacidad de la isla para proveer recursos de agua, alimentos y manejo de residuos.
- Definir en conjunto, comunidad, productores y administración del archipiélago, con la información agroclimática disponible a la mano, las acciones y metas de adaptación para la restauración, bajo el contexto de las condiciones socioeconómicas del archipiélago, frente a los



periodos de sequía y a los ciclones tropicales, asumiendo periodos de retorno cada vez más frecuentes.

- Para los usos Urbanos, se recomienda Implementar un programa de manejo de residuos en las islas, apuntando al reciclaje, re aprovechamiento y a todas las características propias de un proceso de economía circular. Estudiar y diseñar un control de aforo para población flotante de turistas, en coherencia con la capacidad de la isla para proveer recursos de agua, alimentos y manejo de residuos.

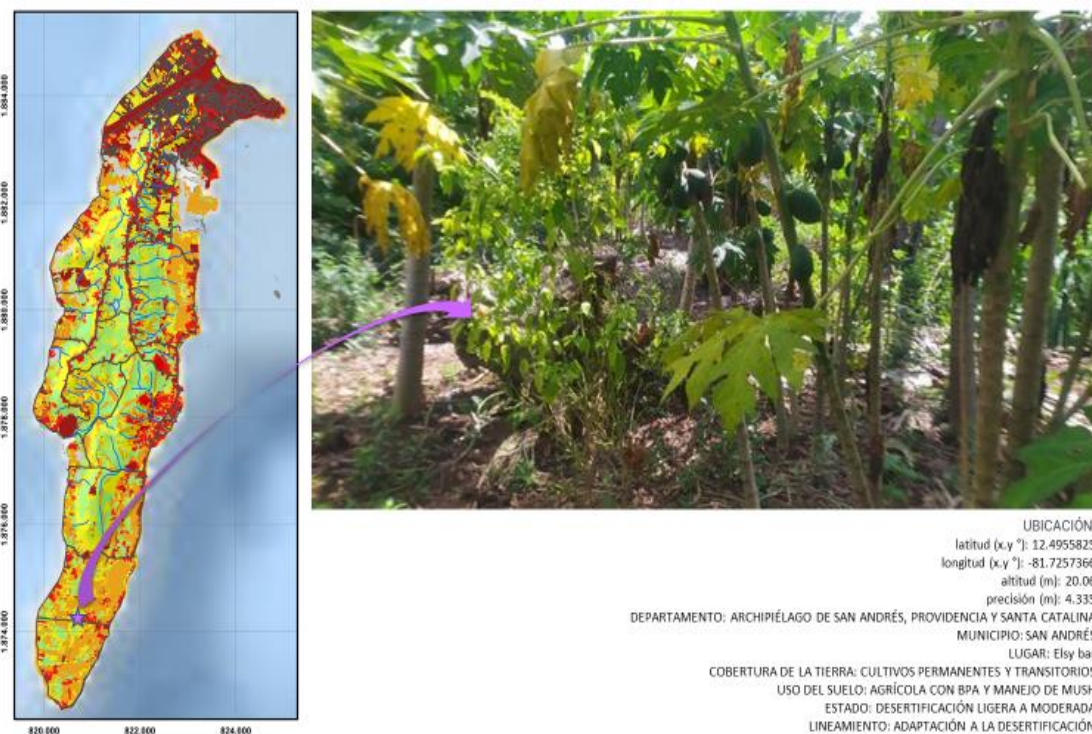


Figura 8-5 Ejemplo de área para implementar medidas de adaptación a la desertificación en la isla de San Andrés

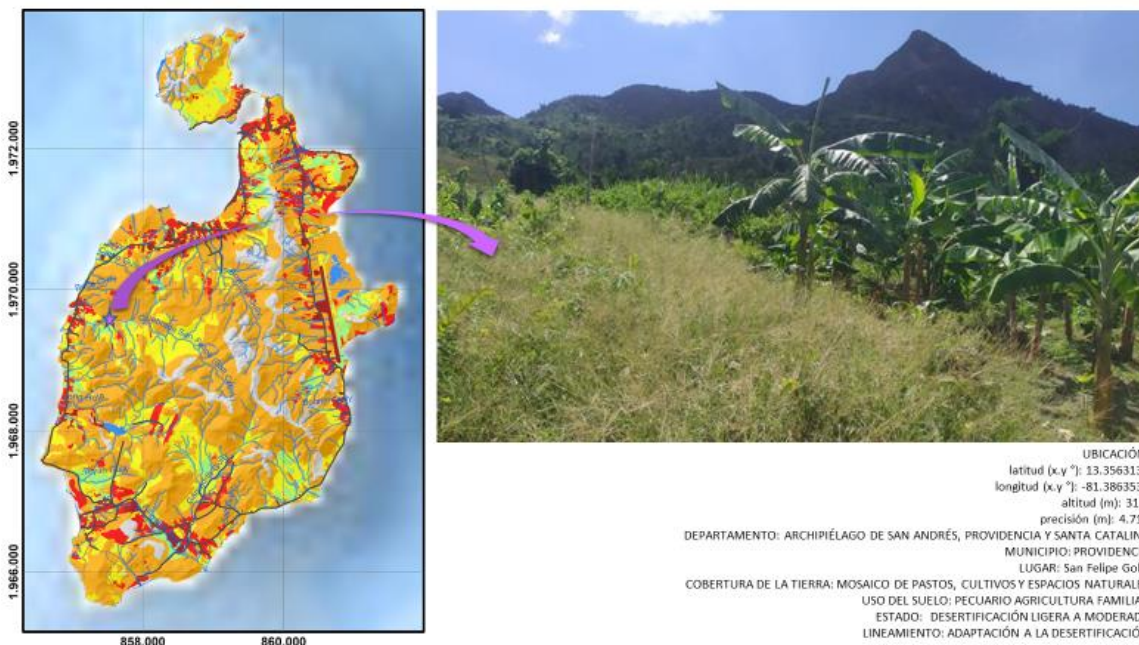


Figura 8-6 Ejemplo de área para implementar medidas de adaptación a la desertificación en las islas Providencia y Santa Catalina

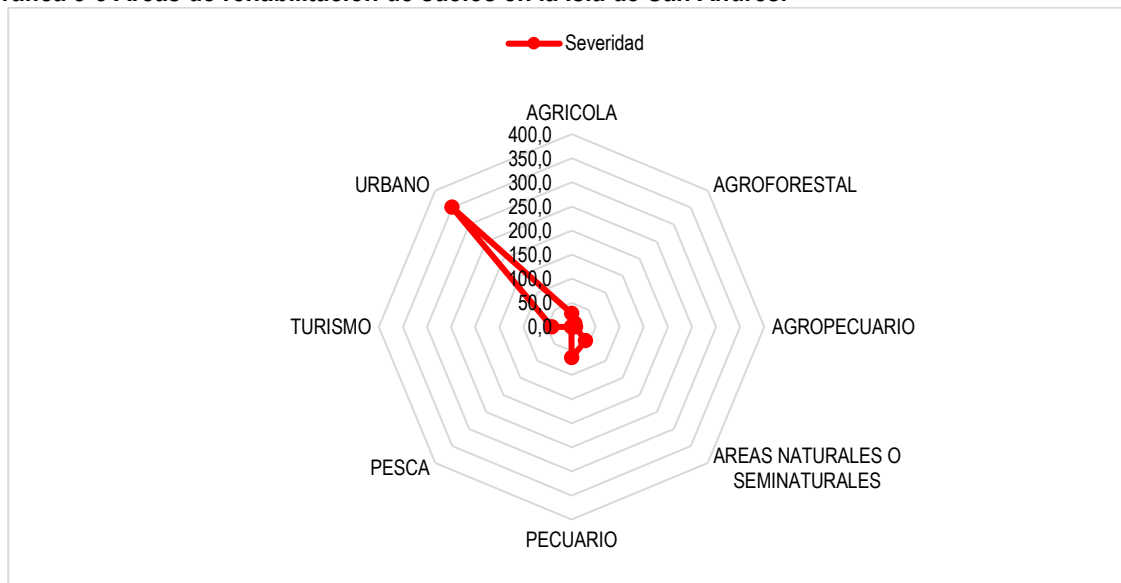
En la Figura 8-5 y Figura 8-6, podemos ver unos ejemplos, de unas de las áreas para las islas de San Andrés y Providencia identificadas en la zonificación cómo con desertificación de ligera a moderada, siendo estos lugares entonces, los prioritarios para el enfoque de las medidas, recomendaciones y lineamientos para la adaptación de la desertificación.

8.4. Recomendaciones y lineamientos para la rehabilitación en áreas insulares con magnitud severa de la desertificación

Para las recomendaciones y lineamientos asociadas a rehabilitación en las islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, se han tomado los datos obtenidos en el análisis y evaluación asociados a áreas con algún grado de severidad.

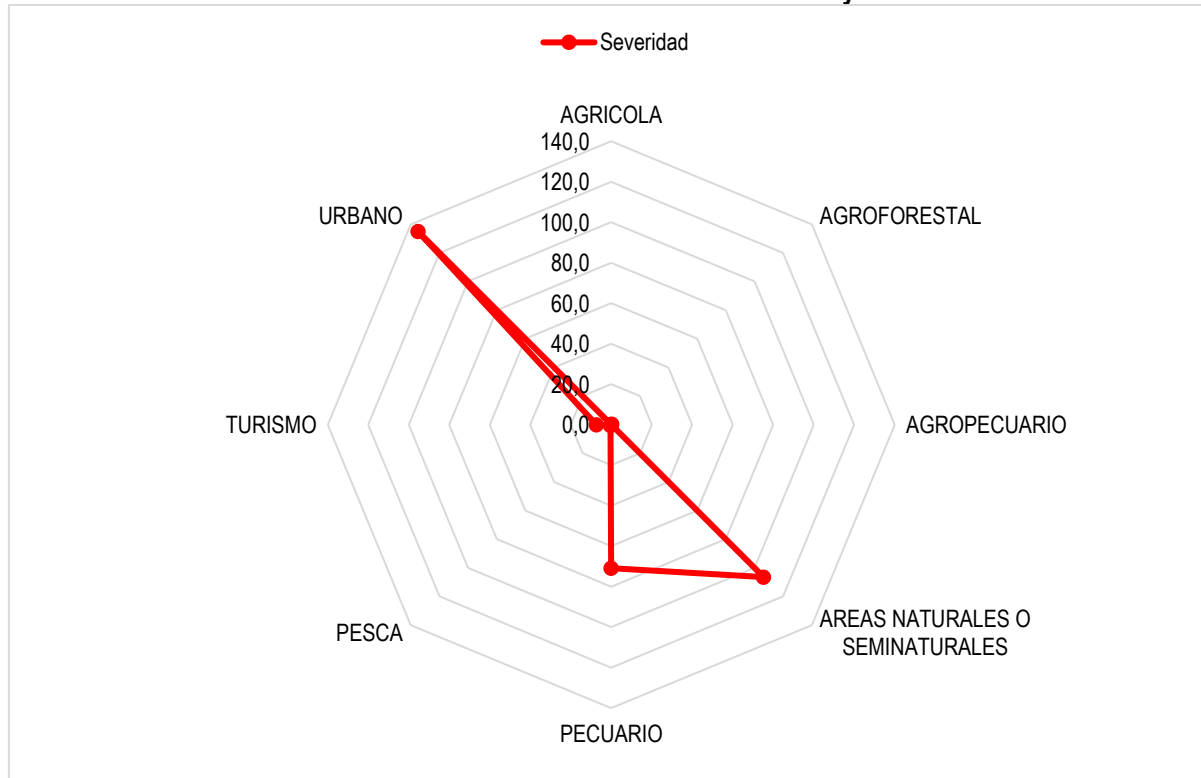


Gráfica 8-8 Áreas de rehabilitación de suelos en la Isla de San Andrés.



Para la isla de San Andrés, la Gráfica 8-8 permite observar que el uso urbano con 351,3 ha (64,3%) es el principal uso asociado a algún grado de desertificación, seguido por los usos pecuario con 64 ha (11,8%), áreas naturales y seminaturales con 41,1 ha (7,56%) y el turismo con 40,8 ha (7,51%). El turismo y el uso urbano, sin embargo, tienen en común la relación con procesos de sellamiento, lo que permite el planteamiento de estrategias de rehabilitación conjuntas.

Gráfica 8-9 Áreas de rehabilitación de suelos en las Islas de Providencia y Santa Catalina.





La Gráfica 8-9 muestra que para las islas de Providencia y Santa Catalina encontramos que el pico más alto de encuentra en usos urbanos con 135,0 ha (42,0%), seguido de las áreas naturales o seminaturales con 106,5 ha (33,2%) y al uso pecuario 70,9 ha (22,1%).

Al igual que en el caso de San Andrés, el turismo con 7,4 ha (2,3%), de forma independiente, no presenta áreas grandes, pero considerando que el proceso de degradación de suelos es el sellamiento, igual que en uso urbano, las medidas de rehabilitación se pueden dar en conjunto.

A continuación, se presentan las recomendaciones y lineamientos para la rehabilitación de estas áreas.

8.4.1. Zonas de Preservación y Protección Ambiental

- Aislamiento para restauración pasiva de suelos y coberturas: en usos agrícola, agroforestal, agropecuario, áreas naturales o seminaturales, pecuario, pesca, urbano.
- Planificación urbana limitación oferta de suelos: en usos agropecuario, turismo, urbano.
- Restauración pasiva de suelos y coberturas: en usos áreas naturales o seminaturales.
- Planificación predial participativa: en usos agrícola, agroforestal, agropecuario, áreas naturales o seminaturales, pecuario, pesca.
- Medidas de control y mitigación de impactos urbanos.

8.4.2. Zonas de Reglamentación Especial

- Aislamiento para restauración pasiva de suelos y coberturas: en usos agrícola, agroforestal, agropecuario, áreas naturales o seminaturales, pecuario, turismo, urbano
- Planificación urbana limitación oferta de suelos: en usos agrícola, agropecuario, turismo, urbano
- Restauración pasiva de suelos y coberturas: áreas naturales o seminaturales
- Planificación predial participativa: en usos agrícola, agroforestal, agropecuario, áreas naturales o seminaturales, pecuario.
- Recuperación de los cuerpos de agua impactados por procesos de sellamiento.
- Medidas de control y mitigación de impactos: en usos urbanos.
- Diseñar estrategias de compensación de los impactos ligados al sellamiento de suelos producto de los usos urbanos y turísticos.
- Restauración de la relación entre los humanos y sus sistemas naturales. Fortalecer el trabajo pedagógico como parte de la reserva de la Biósfera Seaflower o de otra área de protección.

8.4.3. Zonas de Restauración

- Aislamiento para restauración pasiva de suelos y coberturas: en usos agrícola, áreas naturales o seminaturales, pecuario
- Planificación urbana limitación oferta de suelos: en usos turismo, urbano
- Restauración pasiva de suelos y coberturas: áreas naturales o seminaturales, pesca
- Planificación predial participativa: en usos agrícola, agroforestal, agropecuario, áreas naturales o seminaturales, pecuario.
- Estrategias de compensación.
- Restauración de la relación entre los humanos y sus sistemas naturales.



- Continuidad de los procesos educativos de la Reserva de la Biósfera Seaflower para restaurar los lazos que ligan el bienestar humano y el bienestar de los ecosistemas.



Figura 8-7 Ejemplo de área para implementar medidas de restauración o rehabilitación de suelos frente a la desertificación en la isla de San Andrés

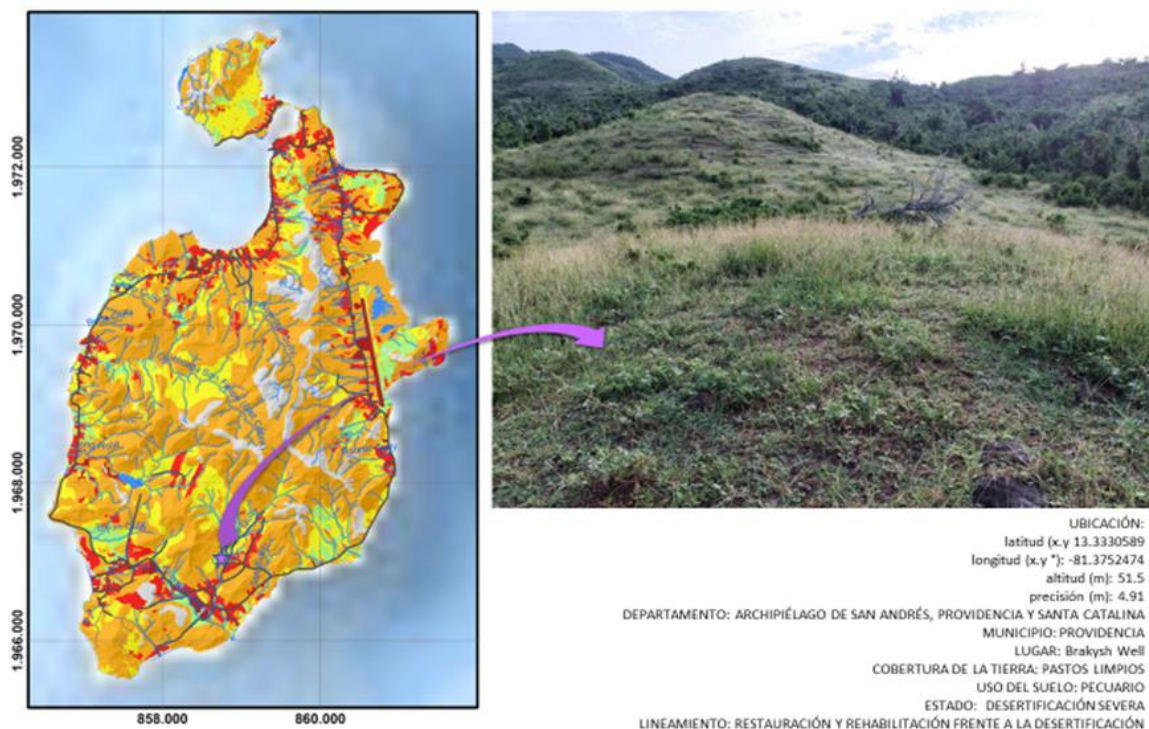


Figura 8-8 Ejemplo de área para implementar medidas de restauración o rehabilitación de suelos frente a la desertificación en las islas Providencia y Santa Catalina.



En la Figura 8-7 y Figura 8-8, se evidencian ejemplos de unas de las áreas para las islas de San Andrés y Providencia identificadas en la zonificación como con desertificación severa, siendo estos lugares entonces, los prioritarios para el enfoque de las medidas, recomendaciones y lineamientos para la rehabilitación y restauración de suelos frente a la desertificación.

9. REFERENCIAS

ABELLO, Alberto; MOW, June M. San Andrés, Nuestra Ciudad Insular. Revista Credencial Historia. Bogotá: Ed. 228. Dic.2008. En: <http://www.lablaa.org/blaavirtual/revistas/credencial/diciembre2008/indice.htm>

Aguado, 2010. El agua en el territorio, la cultura y la política de San Andrés Isla: Una historia ambiental del siglo XX para el siglo XXI.

Aguilera, M. Geografía económica del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. 2016. Banco de la república.

Association française pour l'étude du sol (Afes). (2008). *Référentiel pédologique*. Versailles Cedex, France: Éditions Quæ.

Barker, L. J., Rickards, N. J., Sarkar, S., Hannaford, J., King-Okumu, C., & Rees, G. (2021, September). *Good practice guidance for national reporting on UNCCD Strategic Objective 3: to mitigate, adapt to, and manage the effects of drought in order to enhance resilience of vulnerable populations and ecosystems. United Nations Convention to Combat Desertification.*

CDE/WOCAT, F. I. (2008). Un cuestionario para posibilitar la realización de Mapas de la Degradación de la Tierra y el Desarrollo de Mecanismos para el Manejo Sostenible de la Tierra. (G. v. Hanspeter Liniger, Ed.)

CORALINA. (5 de Enero de 2022). Observatorio Biósfera Seaflower. Obtenido de <https://observatorio.coralina.gov.co/index.php/es/component/k2/item/428-agricultura-sostenible>

Correa, D. (2006). Caracterización y diagnóstico participativo de suelos de algunas unidades productivas en San Andrés isla. Cuadernos del Caribe.

Decreto 0068 de marzo del 2021, de la Gobernación del departamento del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

Derici, M. R. (2017). Degradation: Chemical. In R. Lal (Ed.), *Encyclopedia of Soil Science* (Third, pp. 558–560). Boca Raton: Taylor & Francis Group. Retrieved from <https://www.routledge.com/Encyclopedia-of-Soil-Science/Lal/p/book/9781498738903>

Diaz, A. A. A., & Febrillet, H. J. (1986). Hydrology and water balance of small Islands: a review of existing knowledge. Technical Documents of UNESCO-IHP UNESCO, Paris.

Doran, J. W., & Parkin, T. B. (1994). Defining and Assessing Soil Quality. En J. W. Doran, D. C. Coleman, D. F. Bezdicek, & B. A. Stewart (Edits.), *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment* (Vol. 35, págs. 3-21). Soil Science Society of America.



Estudio detallado de suelos del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. IGAC, 2001.

Gobernación, D. d. (2020). Plan de Desarrollo Departamental 2020-2023 "Todos por un nuevo comienzo".

Gutiérrez, L. (2019). Diversidad biocultural, agricultura raizal y soberanía alimentaria en San Andrés y Providencia (Colombia). *Tabula Rasa*. doi:ISSN 1794-2489

IDEAM. (2019). Protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de suelos por desertificación. 212 pp. Versión 1.0. Bogotá.

Idobro, J., Turner, K., & Lara, D. (2018). *Diversidad Biocultural y Desarrollo Económico Local*. (C. Universidad de Los Andes, Ed.) Documentos de Política (5).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2019). *Protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de suelos por desertificación* (Primera ed.). Bogotá D.C: IDEAM.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2001). *Estudio Detallado de Suelos del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, escala 1:5.000*. IGAC.

IUSS Working Group WRB. (2015). *Base referencial mundial del recurso suelo 2014, Actualización 2015. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos*. Roma: FAO.

James, J. L. (2013). El Turismo como estrategia de desarrollo económico: El caso de las islas de San Andrés y Providencia. *Cuadernos del Caribe* (16), 37-56.

La sequía en Colombia. Nota técnica del IDEAM. IDEAM, 2006. Consultado en: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21147/NotaT%C3%A9cnicaSequía.pdf/d9ba4965-f7cd-4a2f-a875-2a38b1d6a941>

Lal, R. (1993). Tillage effects on soil degradation, soil resilience, soil quality, and sustainability. *Soil & Tillage Research*, 27, 1-8.

Lal, R., & Stewart, B. A. (1990). Soil Degradation: A Global Threat. In R. Lal & B. A. Stewart (Eds.), *Advances in Soil Science. Volume 11. Soil Degradation* (pp. xiii–xvii). New York: Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3322-0>

Limites administrativos municipales, Cartografía Oficial para Colombia. IGAC, 2018.

Meisel-Roca, A. (2016). La continentalización de San Andrés Islas, Colombia: panyas, raizales y turismo, 1953-2003. Capítulo 2. La continentalización de San Andrés Islas, Colombia: panyas, raizales y turismo, 1953-2003. Pág.: 17-43.

Millenium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosistemas y bienestar humano: Síntesis sobre Desertificación*. Washington: World Resources Institute.



Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial; (2000). Primer Informe Nacional de Implementación de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y la Sequía. 38.

http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Zonas-Secas/5638_010610_tercer_informe_desertificacion.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). *Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos*. Bogotá D.C, Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016). *Política para la Gestión Sostenible del Suelo*. Bogotá D.C, Colombia.

Naciones Unidas. (1994). *Elaboración de una convención internacional de lucha contra la desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación, en particular en África*. París: ONU.

Nota técnica de actualización de las estadísticas de la sequía en Colombia. IDEAM, 2017. Consultado en: http://www.ideam.gov.co/documents/21021/69501251/NOTA+TECNICA_SEQUÍA_2017.pdf/d47113b3-536b-4c83-a69c-22f97993016f?version=1.0

Ortaş, İ. (2017). Degradation: Biological. In R. Lal (Ed.), *Encyclopedia of Soil Science* (Third, pp. 553–557). Boca Raton: Taylor & Francis Group. Retrieved from <https://www.routledge.com/Encyclopedia-of-Soil-Science/Lal/p/book/9781498738903>

Osman, K. T. (2013). *Soil Degradation, Conservation and Remediation*. Springer Netherlands. Retrieved from <https://books.google.com.co/books?id=WfXHBAAAQBAJ>

PARSONS, James J. San Andrés y Providencia: Una geografía histórica de las islas colombianas del Caribe. 3a ed. Traducción: Marco F. Archbold Britton. Bogotá: El Áncora Editores, 1985. p.30.

POMARE, Lolia. “Es tiempo de recogimiento, llegó el invierno”. En: HORIZONTES, San Andrés Isla (Febrero de 1999); p.12, Sección: De interés Público. Año 1 N°3.

Protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de suelos por desertificación. IDEAM, 2019. Bogotá: IDEAM: 212 pp. Versión 1.0.

Repositorio del National Hurricane Center And Central Pacific Hurricane Center, National Oceanic and Atmospheric Administration, consultado en octubre del 2021 en: <https://www.nhc.noaa.gov/archive/2020>.

Repositorio del National Hurricane Center And Central Pacific Hurricane Center, National Oceanic and Atmospheric Administration, consultado en: <https://www.nhc.noaa.gov/archive/2020/IOTA.shtml>.

Repositorio sobre la trayectoria e información geoespacial de huracanes (estadística y shp), consultado en: <https://www.ncei.noaa.gov/products/international-best-track-archive-and-the-carbon-cycle> (págs. 387-404). Boca Raton, Florida: Taylor & Francis.



Sequía meteorológica y sequía agrícola en Colombia: incidencia y tendencias. IDEAM, 2012. Consultado en <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Sequias+Incidencias+y+Tendencias.pdf/3e72c86c-cf4a-42f9-95f1-07e7cf88861a>

Seybold, C. A., Mausbach, M. j., Karlen, D. L., & Rogers, H. H. (1998). Quatification of Soil Quality. En R. Lal, J. M. Kimble, R. M. Follet, & B. A. Stewart (Edits.), *Soil Processes Estudio de las determinantes ambientales para el ordenamiento y manejo del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.* CORALINA, 2020.

Shishov, L. L., Tonkonogov, V. D., Gerasimova, M. I., & Lebedeva, I. I. (2005). New Classification System of Russian Soils. *Eurasian Soil Science*, S35-S43.

Sims, G. K. (1990). Biological Degradation of Soil. In R. Lal & B. A. Stewart (Eds.), *davances in Soil Science. Volume 11. Soil Degradation* (pp. 289–330). New York: Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3322-0>

Sitio web y repositorio histórico de datos sobre los eventos de ciclones tropicales para el mar Caribe y Atlantico. National Hurricane Center And Central Pacific Hurricane Center. Consultado en: <https://www.nhc.noaa.gov/>

Sobre el Conjunto de Instrumentos Contra la Sequía. UNCCD, 2018. Consultado en: <https://knowledge.unccd.int/drought-toolbox/page/sobre-el-conjunto-de-instrumentos-contra-la-sequia>

Soil Survey Staff. (1999). *Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Survey* (Second ed.). Washington DC: USDA-NRCS.

Ussiri, D. A. N., & Lal, R. (2020). Soil Degradation in Sub-Saharan Africa. Challenges and Opportunities for Restoration. In R. Lal & B. A. Stewart (Eds.), *Soil Degradation and Restoration in Africa* (pp. 1–24). Boca Raton: Taylor & Francis Group.

Velásquez, C. (2014). Determinantes ambientales y suelos de protección ambiental de la Isla de San Andrés, Caribe insular colombiano. Estudio Técnico, San Andrés isla.

Wagg, C., Bender, S. F., Widmer, F., & van der Heijden, M. G. A. (2014). Soil biodiversity and soil community composition determine ecosystem multifunctionality. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(14), 5266–5270. <https://doi.org/10.1073/pnas.1320054111>

10. ANEXOS

Anexo A Información química y física de los perfiles de suelos asociados al Estudio Detallado de Suelos del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina

Anexo B leyenda de suelos estudio Detallado de Suelos del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

Anexo C Resultados de laboratorio de los puntos de muestreo de campo.

Anexo D Calificación de la clase, subclase y el grado de salinización.