

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Marítima y Ciencias del Mar**

Dunas costeras del cantón Playas, una aproximación para su estudio

**PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero en Oceanografía**

Presentado por:

Kelly Denisse Mendoza Camino

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

Año: 2022

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo se lo dedico a Graciela y René, los mejores maestros que me dio la vida.

## AGRADECIMIENTOS

El más sincero agradecimiento a mis tutores Edgar Cervantes y Gina Andrade; las mentes maestras detrás de un tema tan novedoso y necesario para nuestras costas ecuatorianas, ellos fueron las luces guía de este proyecto.

Agradezco a Iván Saltos y cada uno de los investigadores de GEMAC por ayudar a solventar todas mis dudas y darme sus consejos profesionales. A los profesores que sembraron en mí el amor por la oceanografía.

A mi madre que con esfuerzo y empeño apoyó mi más grande sueño. A mi papá, que de formar espiritual estuvo presente en todo momento y en cada decisión. A mis tías que en la situación más difícil, tendieron su mano y apoyaron mi estudio. A Kenneth Veloz por tanto amor y enseñanzas.

A mi eterna compañera Siza Chicaiza que con su apoyo no desistí durante el camino de esta larga carrera.

## DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, me corresponden conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Kelly Denisse Mendoza Camino* doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



---

Kelly Denisse  
Mendoza Camino

## EVALUADORES



Firmado electrónicamente por:  
LUIS MIGUEL  
ALTAMIRANO  
PEREZ

**Luis Miguel Altamirano Pérez**

PROFESOR DE LA MATERIA

**EDGAR  
EDUARDO  
CERVANTES  
BERNABE**

Firmado digitalmente  
por EDGAR  
EDUARDO  
CERVANTES BERNABE  
Fecha: 2022.09.30  
11:46:07 -05'00'

**Edgar Eduardo Cervantes Bernabé**

PROFESOR TUTOR

# RESUMEN

Las dunas costeras son depósitos de sedimentos ubicados en la parte alta de la playa, forman parte del sistema de respuesta del perfil al proceso costero y brindan múltiples servicios ecosistémicos. El presente estudio propone realizar un primer acercamiento a las dunas costeras de Data de Villamil aplicando metodologías para; caracterizar, clasificar y evaluar dunas; con la finalidad de establecer conocimientos básicos sobre su estado actual y que apoyen al manejo integrado de las dunas en la zona. La metodología usada se divide en 3 partes: búsqueda bibliográfica, salidas de campo y procesamiento de datos. La caracterización de dunas constó de parámetros que describen la morfología dunar, tales como olas, vientos y vegetación de la zona; los resultados mostraron que en Data de Villamil existen campos de dunas (dunas incipientes, primarias y secundarias) con pequeñas crestas. Para la clasificación se utilizó (Hesp, 1988); sin embargo, se determinó que el modelo no se adapta a la zona de estudio. Para la evaluación se utilizó el índice ReDune del cual se determinó que las dunas de Data de Villamil son un sitio para conservar y a partir del cual se planteó una lista de acciones a realizar para elaborar planes de manejo de dunas. Finalmente, se concluye que este estudio obtiene conocimientos básicos de las dunas Data de Villamil que establece un precedente en la investigación de dunas en la costa ecuatoriana y se elaboró una lista de acciones para la formulación de un plan de manejo de dunas a escala local.

**Palabras Clave:** Dunas costeras, Caracterización dunar, Clasificación Hesp, Índice ReDune, Manejo de dunas.

# ABSTRACT

*Coastal dunes are sediment deposits located in the upper part of the beach, they are part of the response system of the profile to the coastal process and provide multiple ecosystem services. The present study proposes to carry out a first approach to the coastal dunes of Data de Villamil applying methodologies for; characterize, classify, and evaluate dunes; to establish basic knowledge about its current state and to support the integrated management of the dunes in the area. The methodology used is divided into 3 parts: bibliographic search, field trips and data processing. The dune characterization consisted of parameters that describe the dune morphology, waves, winds, and vegetation of the area; the results showed that in Data de Villamil there are dune fields (incipient, primary, and secondary dunes) with small ridges. For the classification, the proposal by (Hesp, 1988) was used; however, it was determined that the model does not fit the study area. For the evaluation, the ReDune index was used; it was determined that the dunes of Data de Villamil are a site to conserve and a list of actions to be carried out to prepare dune management plans was proposed. Finally, it is concluded that this study obtains basic knowledge of the Data de Villamil dunes and that it establishes a precedent in the investigation of dunes in the Ecuadorian coast.*

**Keywords:** *Coastal dunes, Dune characterization, Hesp Classification, ReDune Index, Dune management.*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS	VI
SIMBOLOGÍA	VII
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	X
CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Descripción del problema .....	2
1.2. Justificación del problema .....	4
1.3. Objetivos .....	5
1.3.1. Objetivo General .....	5
1.3.2. Objetivos Específicos.....	6
1.4. Marco teórico.....	6
1.4.1. Dunas costeras .....	6
1.4.2. Formación de dunas costeras.....	9
1.4.3. Efecto de vegetación en las dunas .....	11
1.4.4. Caracterización de dunas .....	12
1.4.5. Clasificación de dunas .....	15
1.4.6. Evaluación de dunas.....	20
CAPÍTULO 2	24
2. METODOLOGÍA	24
2.1. Sitio de Estudio .....	26
2.2. Caracterización .....	28



2.2.1.	Zonificación de playa y dunas.....	29
2.2.2.	Morfología dunar.....	30
2.2.3.	Ambientes marino y eólico.....	30
2.2.4.	Vegetación dunar.....	31
2.2.5.	Sedimentos de Playa.....	32
2.3.	Clasificación.....	32
2.4.	Evaluación.....	34
CAPÍTULO 3		37
3.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	37
3.1.	Caracterización.....	37
3.1.1.	Zonificación.....	37
3.1.2.	Perfiles de Playa.....	39
3.1.3.	Vegetación.....	44
3.1.4.	Sedimentos.....	45
3.1.5.	Parámetros costeros.....	47
3.2.	Clasificación de Dunas.....	47
3.3.	Evaluación de Dunas.....	51
CAPÍTULO 4		58
4.	MANEJO INTEGRADO DE DUNAS	58
4.1.	<b>Manejo Integrado Costero y Gestión de Dunas.....</b>	<b>58</b>
4.2.	<b>Plan de Manejo Integrado de Dunas.....</b>	<b>62</b>
4.3.	<b>Alternativas de conservación basadas en la naturaleza.....</b>	<b>66</b>
4.3.1.	<b>Captoreadores de arena.....</b>	<b>67</b>
4.3.2.	<b>Plantación.....</b>	<b>67</b>
4.3.3.	<b>Sistemas de protección.....</b>	<b>68</b>
4.3.3.1.	<b>Cerramientos</b>	<b>68</b>

<b>4.3.3.2. Pasarelas de acceso</b>	69
<b>4.3.3.3. Sensibilización pública</b>	70
4.4. Análisis de costos.....	71
CAPÍTULO 5	74
5. Conclusiones Y Recomendaciones	74
5.1. Conclusiones.....	74
5.2. Recomendaciones.....	77
5.2.1. Sugerencias para nuevos temas de investigación sobre dunas costeras	79
BIBLIOGRAFÍA	81
ANEXOS	87

# ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ASTM	American Society for Testing and Materials
HWL	High Water Level
LWL	Low Water Level
DEM	Digital Elevation Model
RTK	Real Time Kinematic
GAD	Gobierno Autónomo Descentralizado
MAATE	Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica
MINTUR	Ministerio del Turismo
MTOP	Ministerio de Transporte y Obras Públicas
MIZMC	Manejo Integrado de Zonas Marino Costeras
ANRPV	Área Nacional de Recreación Playas Villamil
GIS	Geographic Information System

# SIMBOLOGÍA

m	Metro
Km	Kilometro
Hd	Altura máxima de la anteduna,
D50	Tamaño medio del grano en la anteduna
CLd	Dirección normal a la línea de costa
Da	Rango de dirección del viento onshore
DP	Derivada del potencial eólico.
Hs	Altura de ola significativa en aguas profundas
Tp	Periodo significante en aguas profundas
Ltoe	Nivel del pie de la duna
V	volumen de la duna
Max Slope	Máxima pendiente de duna hacia el mar
DPa	Derivada del potencial eólico.
W	Parámetro de caída adimensional que indica el estado morfodinámico.
Kpks	Número de picos en la curvatura entre Dhigh y Dlow
Dhigh	Máxima elevación observada en el perfil desde MHW
Dlow	Elevación a la que se encuentra el pie de la duna desde MHW
Bdune	Promedio de pendiente de la duna entre Dhigh y Dlow
Vdune	Volumen del frente de la duna entre Dhigh y Dlow

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1 Intercambio de sedimentos dentro del sistema playa-duna (Psuty, 2008)	7
Ilustración 1.2 Modelo esquemático de principales controles del desarrollo de dunas (Davidson-Arnott, 2013)	8
Ilustración 1.3 Esquema de perfil cross-shore y parámetros morfométricos de las dunas (Pellón et al., 2020)	13
Ilustración 1.4 clasificación morfológica y esquema de antedunas establecidas (Hesp, 1988)	17
Ilustración 1.5 División de la sección transversal basado en el desarrollo a largo plazo (Arens & Wiersma, 1994)	18
Ilustración 1.6 Criterios de vulnerabilidad y parámetros para evaluación de vulnerabilidad dunar (Ajedegba et al., 2021)	21
Ilustración 2.1 Proceso estructurado para la adquisición conocimiento sobre dunas costeras	25
Ilustración 2.2 Sitio de estudio en playa Data de Villamil, Playas, Ecuador	27
Ilustración 3.1 Zonificación de áreas de dunas en Data de Villamil	38
Ilustración 3.2 Mapa de perfil topográficos tomados en el sitio de estudio, Data de Villamil	39
Ilustración 3.3 Perfil 1 playa y duna de sitio de estudio, Data de Villamil	40
Ilustración 3.4 Perfil 2 playa y duna de sitio de estudio, Data de Villamil	41
Ilustración 3.5 Perfil 3 playa y duna de sitio de estudio, Data de Villamil	41
Ilustración 3.6 Perfil 4 playa y duna de sitio de estudio, Data de Villamil	42
Ilustración 3.7 Perfil playa y duna tomados en Data de Villamil e identificadas las distintas zonas	43
Ilustración 3.8 Caracterización de vegetación sobre dunas incipiente y primarias	45
Ilustración 3.9 Curva granulométrica de muestra de sedimentos en marea baja, marea media, berma, inicio de duna primaria	46
Ilustración 3.10 Cobertura vegetal en duna primaria del sitio de estudio	48
Ilustración 3.11 Clasificación de acuerdo con Hesp de la duna primaria de Data de Villamil	50
Ilustración 4.1 Estructura de modelo de proyecto de manejo playa-duna a pequeña escala (Power et al., 2000)	61

Ilustración 4.2 Hoja de ruta para la obtención de plan de manejo integrado de las dunas de Data de Villamil.....	63
Ilustración 4.3 Captadores de arena (Vega de Seoane et al., 2007) .....	67
Ilustración 4.4 Plantaciones de especies dunares (Cornwall Council, 2016).....	68
Ilustración 4.5 Cerramiento de zonas dunares (Vega de Seoane et al., 2007) .....	69
Ilustración 4.6 Pasarelas de madera elevadas, fuente: (Incofusta, s.f.) .....	70
Ilustración 4.7 Carteles informativos de dunas y técnicas de gestión (Cornwall Council, 2016) .....	71

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Clasificación basada en la relación con el intercambio de sedimentos de dunas (Psuty, 2008) .....	10
Tabla 1.2 Resumen de parámetros usados para caracterizar el área de estudio de (Pellón et al., 2020).....	13
Tabla 1.3 Resumen de parámetros usados para caracterizar el área de estudio de (de Almeida et al., 2022).....	14
Tabla 1.4 Variables obtenidas por transectos de playa (Vallejo et al., 2006) .....	15
Tabla 1.5 Clasificación de estados de duna, elaborado a partir de (Brodie & Spore, 2015) .....	19
Tabla 1.6 Características morfológicas del perfil cross-shore de anteduna elaborado a partir de (Brodie & Spore, 2015).....	19
Tabla 1.7 Elementos negativos que influyen en las antedunas, dividido en criterios e indicadores, elaborado a partir de (Lithgow et al., 2015).....	22
Tabla 1.8 Elementos positivos que influyen en las antedunas, dividido en criterios e indicadores .....	22
Tabla 2.1 Proceso para la zonificación de dunas en el filo costero .....	29
Tabla 2.2 Procesamiento de datos para obtener variables de clasificación .....	33
Tabla 3.1 Áreas de las zonas de la costa identificadas .....	39
Tabla 3.2 Coordenadas UTM de los puntos de muestreo y diámetro medio de las partículas del sedimento D50 en cada zona del perfil de playa.....	46
Tabla 3.3 Parámetros costeros medidos y promediados de la zona de estudio, Data de Villamil .....	47
Tabla 3.4 Cobertura vegetal en duna primaria del sitio de estudio.....	49
Tabla 3.5 Plantilla modificada de evaluación del índice Redune .....	53
Tabla 4.1 Etapas de un programa de MIZMC.....	59
Tabla 4.2 Presupuesto de proyecto de elaboración de plan de manejo integrado de dunas .....	72

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

Las dunas litorales son accidentes del relieve de la costa que por lo general se forman a partir de la arena arrastrada por el viento que es atrapada y estabilizada por la vegetación. Se observan en la mayoría de las costas alrededor del mundo, especialmente en playas disipativas con pendientes suaves que permiten el desarrollo de áreas de suministro de arena y propician el ambiente para su desarrollo; por el contrario, la reducción del suministro de sedimentos potencia los procesos de erosión y retroceso de línea de costa. Ofrecen servicios ecosistémicos esenciales como son; el hábitat de especies en peligro de extinción, zonas de alto valor turístico, aprovisionamientos de aguas subterráneas y protección a las propiedades de la costa contra la erosión e inundaciones. Las dunas costeras son de un gran interés para la biodiversidad de especies y la conservación de la naturaleza; puesto que; aloja un gran número de especies de fauna y flora endémicas y con estatus de protección. Además, representan un desarrollo económico importante por las actividades de turismo y ocio que se dan en estos ecosistemas que forman parte de la playa (Elko et al., 2016; Paixão, 2013)

Las dunas primarias protegen muchas playas arenosas; se sustentan de forma natural mediante las interacciones de los procesos litorales (transporte de arena por olas); procesos eólicos (transporte aéreo de arena desde la playa); y procesos ecológicos (acumulación de arena por plantas). Si bien, su valor ha sido reconocido desde hace muchas décadas; recientemente han sido incluidas como una característica de diseño en proyectos de protección costera. Son reconocidas por su rentabilidad a la hora de proteger infraestructuras costeras frente a las tormentas. La función básica que cumplen las dunas como elementos dinámicos de la costa y sus beneficios ambientales no siempre son bien recibidos y apreciados por la comunidad que habita en el filo costero o por los usuarios de la playa, por lo que no las contemplan a la hora de hacer uso del espacio en sus especificaciones de diseño (Elko et al., 2016)



A nivel internacional se puede observar gran interés en el estudio de ecosistemas dunares y su utilización en la protección costera; países como Holanda, España, Francia y Estados Unidos están a la vanguardia. Los esfuerzos para mejorar el entendimiento de dunas y usarlas para la protección de costas en ingeniería verde van dirigidos a proyectos e investigaciones de todo tipo. De forma general se distinguen cuatro grandes grupos de estudios:

- I. Caracterización de parámetros ambientales y procesos dinámicos que intervienen en la formación y desarrollo de dunas (Cabrera et al., 2013; Paixão, 2013).
- II. Monitoreo con estaciones hidrometeorológicas y teledetección para caracterizar y clasificar dunas (Pagán et al., 2019; Scarelli et al., 2017; Schmid et al., 2022).
- III. Evaluación y diagnóstico del estado actual de dunas (García-Morat et al., 2001; Lithgow et al., 2015a; Marinas et al., 2020).
- IV. Planes de manejo integrados para restauración de dunas (Bossard & Nicolae Lerma, 2020; Vega de Seoane et al., 2007)

Los sistemas dunares son especialmente susceptibles a la desestabilización por presión turística, siendo esta la raíz del conflicto entre quienes las utilizan para fines recreativos y los que quieren proteger los ecosistemas frágiles. El sistema de la costa se conforma principalmente de dos ciencias: ciencias naturales y sociales; por lo que la gestión eficaz de esta zona se debe abordar desde la perspectiva de estas ciencias; bajo este contexto, el manejo integrado de las zonas marino-costeras es una herramienta de gestión que combina las dos ciencias. El manejo integrado de zonas marino-costeras tiene por objetivo lograr un desarrollo sostenible del recurso de la zona costera mediante un enfoque integrado de planificación y gestión apoyando a la participación pública en el proceso (Albotoush & Tan Shau-Hwai, 2019; Kindermann & Gormally, 2013).

### **1.1. Descripción del problema**

Las dunas costeras son de vital importancia en el equilibrio dinámico de la playa, puesto que son parte del sistema de respuesta y distribución de arena del perfil duna-playa. A pesar de su valor dentro de los ecosistemas costeros; en el Ecuador, la expansión urbana hasta la zona de playa y el desarrollo turístico de la costa provocan el deterioro y desaparición de los sistemas dunares.

En el país existe información inadecuada y muy escasa sobre las dunas presentes en el litoral ecuatoriano; existe desconocimiento en aspectos básicos como: características morfológicas, dinámica marina y eólica y de vegetación dunar. Hay un pobre entendimiento de su desarrollo y potencial de restauración como elemento protector de costas. Actualmente no existe algún estudio sobre dunas costeras, tampoco se tienen base de datos de parámetros costeros o fotogrametría adecuados para comenzar con las investigaciones.

En ese sentido, el Grupo de Investigación de Geociencia Marina y Costera (GEMAC) de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) busca obtener características básicas en dimensiones, formas, condiciones biológicas o ecológicas, y demás aspectos; así como la dinámica de las dunas que posee Playas y Posorja. Esto para proponer un manejo de ellas en el contexto de protección costera y servicios ecosistémicos.

Teniendo en cuenta lo anterior; en la playa de Data de Villamil del cantón Playas, se visualiza un punto de partida adecuado para comenzar con el estudio de las geoformas, dado que existen las condiciones adecuadas que propician el desarrollo de dunas y la zona no ha sido sobreexplotada por el turismo, pudiéndose encontrar en el lugar formaciones sedimentarias sin importantes alteraciones por causas antropogénicas. Si bien, el ecosistema dunar de Data de Villamil no ha sido mayormente degradado; en el cantón Playas existe un creciente deseo de desarrollo turístico.

Dicho lo anterior; General Villamil, cabecera cantonal de Playas ubicados a pocos kilómetros de Data de Villamil, ha experimentado un incremento en su demanda turística en los últimos años; en el feriado de carnaval del año 2022 fue el principal destino playero del litoral ecuatoriano con la visita de 28.500 personas diarias (El Universo, 2022). En el año 2021, albergó hasta el 20% de las 30000 personas que se han movilizad para vacacionar a alguna playa del país durante los meses de junio y julio convirtiéndose en la playa más visitada del Guayas. Inclusive, su número de visitas se compara al que reciben playas como la de Atacames en Esmeraldas (El Comercio, 2021).

En Playas también se puede observar la inclinación a preferir infraestructuras fijas y rígidas que bloquean la dinámica del transporte de sedimentos y ponen en peligro las dunas. De acuerdo con las actualizaciones en la página del GAD General Villamil, sobre

obras que se realizan, se llevan a cabo proyectos costeros de ingeniería gris, de hormigón, para incrementar el atractivo turístico y también de protección. Se construyen infraestructuras fijas, como malecones, muros de escolleras y cabañas (Municipio Playas, 2022).

Por parte de la comunidad costera del cantón Playas, no existe un correcto uso de los recursos y espacios marino-costeros; las dunas son aplanadas y cortadas con maquinaria pesada por los dueños propietarios de hosterías, casas o negocios. Los ribereños, cuyas propiedades se encuentran dentro de la zona de playa, perciben a las dunas como una molestia al imposibilitar la visión al mar, impedir el acceso rápido y directo a la playa para los turistas y la irregularidad del terreno para implementar áreas recreativas al pie del mar. Estas acciones no son favorables para la preservación de los campos dunares si no se implementa una adecuada planificación y gestión de los recursos.

En conclusión, el desarrollo turístico desmedido, la poca rigurosidad en el correcto ordenamiento de espacios costeros y desinterés en explorar opciones basadas en la naturaleza para defender la playa por parte del sector público y privado; causan la degradación y desaparición de los sistemas dunares poniendo en riesgo la estabilidad del litoral y la calidad de vida de la comunidad. Por lo que, surge la necesidad de estudiar las dunas existentes en la zona con el fin de elaborar propuestas de manejo adecuadas y soluciones de ingeniería basada en la naturaleza que ayuden a conservar los ecosistemas dunares.

## **1.2. Justificación del problema**

Las dunas costeras son parte activa del sistema de distribución de arena de la playa, y se forman en la parte superior de la playa por un suministro continuo de sedimentos impulsados por vientos y olas. El deterioro o desaparición de las dunas provocan un desequilibrio en la dinámica de la costa y potencian los procesos de erosión y retroceso de la línea de agua (García-Lozano et al., 2020; Psuty, 2008).

En Playas, la expansión urbana hasta la zona de playa y el elevado desarrollo turístico es la principal causa de deterioro y pérdidas de dunas costeras del cantón. Juega un papel importante los intereses propios de los ribereños por acaparar atención y satisfacer

necesidades de más turistas. Luego, por el lado de las autoridades encargadas, existe una falta de atención a los planes de manejo y ordenamiento de los usos de suelo en el frente costero, no hacen cumplir las ordenanzas ni realizan la inspección y regularización correspondiente de las actividades que se desarrollan en la costa conforme lo permitido por la ley. Además, hay un gran desconocimiento desde ambas partes, población costera y autoridades, sobre la existencia de las dunas, su importancia y los beneficios para la protección costera contra erosión.

Existe un riesgo latente en la sección de costa que pertenece al cantón Playas y al área protegida de Playas Villamil ya que es reconocida como una zona erosiva y con una alta susceptibilidad a las inundaciones de acuerdo con el plan de manejo del Área Nacional de Recreación de Playas Villamil, (Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2020). La situación se agrava con el incremento del nivel medio del mar en el futuro.

Dicho lo anterior, es de vital importancia conservar las dunas costeras existentes del cantón Playas y dentro de esta conservación explorar las mejores formas de hacerlo. Se debe generar el conocimiento básico que contribuya al entendimiento de los sistemas dunares a través del monitoreo de parámetros adecuados, el diagnóstico del estado actual de las dunas; con la finalidad de enlistar las acciones a seguir para comenzar con una gestión integrada de dunas.

Los resultados de este estudio servirán como precedente e impulsará propuestas de planes de manejo integrado de dunas costeras en el litoral ecuatoriano para la protección de playas, donde se protejan a las dunas para estabilizar la costa. De esta manera, se evitarán las inundaciones y pérdidas de infraestructuras por erosión costera mejorando la calidad de vida de las comunidades de la costa y conservando los recursos.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Evaluar la aplicación de métodos propuestos para la caracterización, clasificación y diagnóstico de las dunas costeras en Data de Villamil; con la finalidad de establecer conocimientos básicos sobre su estado actual que apoyen al manejo integrado de las dunas en la zona costera.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

1. Contrastar conceptos y métodos de clasificación, caracterización y evaluación de autores previos para determinar su aplicabilidad en la zona de estudio en base a los recursos disponibles
2. Aplicar los métodos propuestos de caracterización, clasificación y evaluación de dunas costeras en Data de Villamil; a fin de evaluar su desempeño, analizar sus limitaciones y las implicaciones de la adquisición de datos sistemáticos.
3. Enlistar las acciones a ejecutar para la generación de un plan de manejo dunar en el cantón Playas.

### **1.4. Marco teórico**

#### **1.4.1. Dunas costeras**

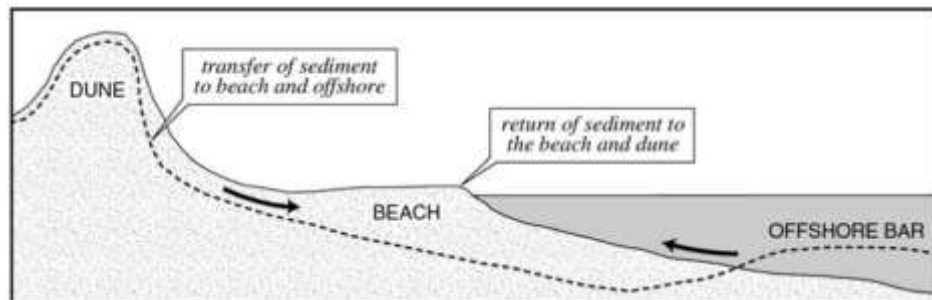
Las dunas costeras son geoformas del litoral ubicadas en la parte alta de la cara de la playa, *backshore*, detrás de la berma. Las dunas son la acumulación de sedimentos provenientes del mar, que fueron dejados en la playa por el oleaje y las mareas para luego, por acción del viento, movidos hacia la parte alta de la playa y fijados por la vegetación o algún otro obstáculo de la zona, por ejemplo troncos (Anwar Maun, 2009).

Las dunas costeras son parte del sistema dinámico playa-duna que ocurren en la interfaz agua y tierra cuando los sedimentos disponibles interactúan con las olas, vientos y vegetación generando configuraciones de formas. El sistema playa-duna (ver Ilustración 1.1) es un modelo de respuesta al proceso costero del perfil de playa propuesto por (Psuty, 2008), el cual establece que, con un suministro de arena marina adecuada, la acumulación del sedimento se produce desde la barra mar afuera, *offshore*, hasta la playa seca y luego a la duna costera; la transferencia también puede ser inversa, de la duna hacia la playa y la barra *offshore*.

La duna, playa y barra *offshore* son los componentes del sistema básico de distribución o transferencia de arena, observe la Ilustración 1.1. Cada elemento retiene y libera sedimentos dentro del sistema en un intercambio episódico y cerrado. La duna es el

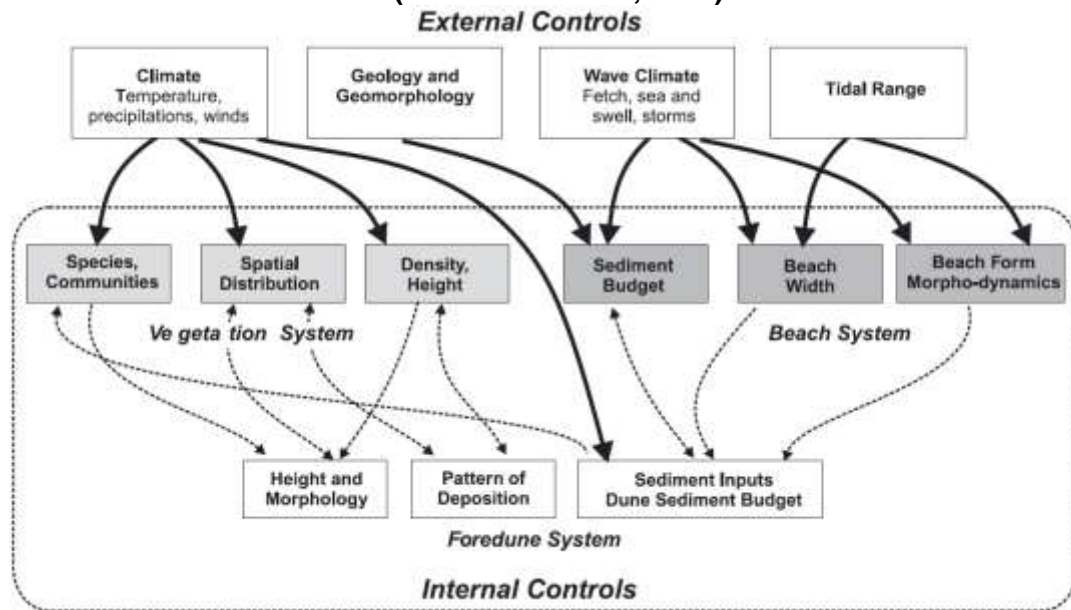
componente que se encuentra más arriba y cerca de la tierra, gracias a la vegetación su perfil es el más conservado y estable en comparación con la cara de la playa y la barra.

**Ilustración 1.1 Intercambio de sedimentos dentro del sistema playa-duna (Psuty, 2008).**



Los procesos que ocurren en la costa; oleaje, corrientes, deriva litoral, transporte de sedimentos *cross-shore*, y la interacción entre ellos dan origen a la formación de dunas costeras. (Davidson-Arnott, 2013) plantea un modelo esquematizado de todos los procesos o factores controladores del desarrollo dunar primario (ver Ilustración 1.2), estos pueden ser externos al sistema de dunas como el clima, geología, clima de olas y corrientes de mareas; o controladores internos como el sistema de vegetación y de playa adyacente en la costa. Estos factores de control repercuten en la morfología de dunar, patrones de deposición de sedimentos y la entrada de arena al presupuesto neto sedimentario.

**Ilustración 1.2 Modelo esquemático de principales controles del desarrollo de dunas (Davidson-Arnott, 2013).**



Es preciso mencionar que las dunas costeras y las antedunas no tienen definiciones equivalentes y la distinción principal se remite a la ubicación de las geoformas con respecto al litoral (Doody, 2013). Las antedunas, dunas delanteras o dunas primarias son la primera fila de depósitos sedimentarios influenciados por procesos costeros. Mientras que, las dunas costeras hacen referencia al sistema general de dunas ubicadas en la parte alta de la playa, tanto dunas delanteras como interiores; estas últimas son los cordones dunares subsecuentes estables que se encuentran tierra adentro y son influenciado por procesos continentales.

(Davidson-Arnott, 2013) también hace una distinción de las dunas en dos grandes tipos; “dunas bloqueadas”, donde sus sedimentos son fijados por la vegetación, y las “dunas transgresoras”, donde la vegetación es ausente o muy escasa. Este último tipo son muy característicos de las zonas áridas o desérticas, las dunas de estos sitios se presentan descubiertas y están gobernadas únicamente por procesos eólicos, mostrando en su superficie patrones de flujo del viento dado que se encuentran los granos expuestos al deslizamiento fácilmente.

En base a lo anterior, en la zona costera existe una amplia gama de matices entre estos dos grandes tipos, desde dunas con cobertura vegetal completa y constante en el tiempo hasta aquellas completamente inestables que, por escasas de humedad o excesivo

transporte de sedimentos, la vegetación no logra colonizar la superficie. A pesar de esto, las dunas costeras pueden ser principalmente referidas como “dunas bloqueadas” o vegetadas; procesos continentales como la humedad, nutrientes, salinidad y especies de flora colonizadoras son las directrices en su morfología.

Mayoritariamente las dunas costeras son de tipo creciente, es decir, forman filas dunares paralelas a la costa con crestas colineales debido a la prevalencia del viento que va desde el mar hacia la costa. En caso de que la vegetación no se presente con cobertura completa, sino como parches, pueden formar colas de arena o dunas en forma parabólica, estas últimas se encuentran asociadas a depresiones dunares o casquetes eólicos (Vega de Seoane et al., 2007).

#### **1.4.2. Formación de dunas costeras**

La formación de dunas costeras es posible si se dan de tres condiciones esenciales: una fuente continua de sedimentos que aporte arena a la playa; un viento predominante en dirección hacia la tierra cuya velocidad sobrepase el umbral para comenzar el movimiento de arena; un obstáculo que reduzca la velocidad del flujo del viento para que pueda depositarse la carga de arena que lleva la nube de granos, de forma implícita también supone la disponibilidad de un lugar para acumularse (Anwar Maun, 2009).

El principal aporte de sedimentos hacia la duna es la arena de la cara de la playa, *foreshore*, que se encuentra expuesta y es transportada tierra adentro por el viento. Luego, al encontrarse con un obstáculo, plantas, rocas o troncos; se comienza a depositar, formar un montículo y posteriormente una duna. En un principio estos montículos son inestables sin vegetación superficial, sin embargo, la arena se suele acumular alrededor de las plantas que se encuentran en la zona y dispersan sus semillas (Vega de Seoane et al., 2007).

Las formaciones dunares presentes en la parte superior del perfil de playa están en intercambio directo y activo con la costa. Las formaciones que se encuentran tierra adentro lejos del perfil, cuyos sedimentos derivan de una fuente de playa también pueden denominarse dunas costeras debido a su ubicación geográfica; sin embargo, son independientes de los procesos de intercambios de arena y las dinámicas de olas y



vientos que influyen en el filo litoral. Estas dunas posteriores al perfil pueden haber quedado atrapadas por la vegetación en su avance del mar hacia la costa; a pesar de conservar sus características morfológicas no tienen un intercambio de sedimentos activos. En este contexto (Psuty, 2008), clasifica las dunas costeras basada en la relación con el intercambio de sedimentos, morfología y la secuencia en el desarrollo, determinando dos principales clases: dunas primarias y dunas secundarias como se detalla en la Tabla 1.1

**Tabla 1.1 Clasificación basada en la relación con el intercambio de sedimentos de dunas (Psuty, 2008).**

<p><b>Dunas primarias</b></p>	<p>Existe un intercambio activo de sedimentos y estos forman parte del sistema playa-duna. En su formación existe un balance positivo neto, sin embargo, en diversos periodos de tiempo podría estar ganando, perdiendo o mantenerse sin cambiar el balance neto. Con respecto a su ubicación geográfica, puede ser estable, hacia el mar o hacia la tierra como parte de un cambio de todo el perfil. Es dinámica y la única que depende de su ubicación en la costa.</p>
<p><b>Dunas secundarias</b></p>	<p>La <b>activas</b> se forman por la transferencia de sedimentos tierra adentro desde la anteduna, su forma de migración es causando huecos de deflación y morfologías de medialuna en la fila dunar. Grosso modo, las dunas secundarias son los restos de una duna anterior o dunas que trasgreden tierra adentro de la anteduna</p> <p>La <b>estables</b> por su parte ya no se encuentran en condición transgresora, pueden estas atrapadas por la acreción de la costa hacia el mar o haberse estabilizadas por la vegetación en su recorrido hacia el interior. Esta forma dunar mantiene su morfología para ya no rigen los procesos de formación costera.</p>

Las dunas primarias, a su vez, conforman un sistema que consiste en dunas incipientes y la cresta dunar. La duna incipiente o embrionaria es una geoforma en desarrollo formada por la deposición de arena alrededor de obstáculos; cuando los obstáculos son no vivos o especies de plantas anuales tienen una vida corta, por ello necesitan de especies vegetales perennes para persistir. Se ven como montículos de arena desconectados que se encuentra en la base de la cresta de duna y puede tener desde algún centímetro de altura hasta 1-2 metros y 10 a 20m de ancho. En playas erosivas y playas estables, las dunas embrionarias son transitorias y se puede desarrollar durante algunos meses hasta años, hasta que una tormenta las elimine; por el contrario, playas en acreción; crecen y se fusionan convirtiéndose en una cresta de anteduna joven. La

cresta de duna frontal está en la parte trasera de la playa en el límite de acción de olas de tormenta y se ubica de forma paralela a la costa independientemente de la dirección del viento predominante (Bryant et al., 2017).

Las antedunas y blowouts se encuentran en casi todas las costas, desde los trópicos hasta el ártico, y se generan a causa de procesos costeros, principalmente por la acción del viento. Los blowouts son huecos formados por la erosión del viento en un depósito de arena existente, la acumulación de arena contigua también forma parte del blowouts. La morfología del blowouts es variable; sin embargo, se definen tres tipos principales: forma v, forma redondeada y de corredor (Hesp, 2002)

#### **1.4.3. Efecto de vegetación en las dunas**

En un comienzo la arena es estabilizada por vegetación pionera que coloniza las dunas embrionarias, con el paso del tiempo la vegetación leñosa reemplaza las comunidades pioneras, lo que da como resultado distintas especies de vegetación entre las dunas embrionarias y cresta de anteduna (Bryant et al., 2017).

Las dunas son depósitos de arenas arrastradas por el viento lejos de la acción del mareas y corrientes marinas hasta ser fijadas por la vegetación, por lo que la función captadora y estabilizadora de sedimentos es la principal. Además, la vegetación cumple un papel muy importante al dictaminar la forma fundamental de la duna, la forma de vida de las especies colonizadores y su capacidad de crecer vertical y horizontal en respuesta al entierro por la arena transportada hacia la duna son las que moldean la forma en que se acumulan los sedimentos (Anwar Maun, 2009).

La sucesión morfoecológica dunar es el proceso natural por el cual las comunidades vegetales se reemplazan progresivamente desde vegetación pionera, situada más cerca del mar, hasta vegetación más compleja y desarrolla hacia el interior de la costa. El principio básico, es el aumento de nutrientes del suelo, estabilización de los sedimentos y disminución del gradiente de salinidad desde la costa hacia el continente (Paixão, 2013).

#### **1.4.4. Caracterización de dunas**

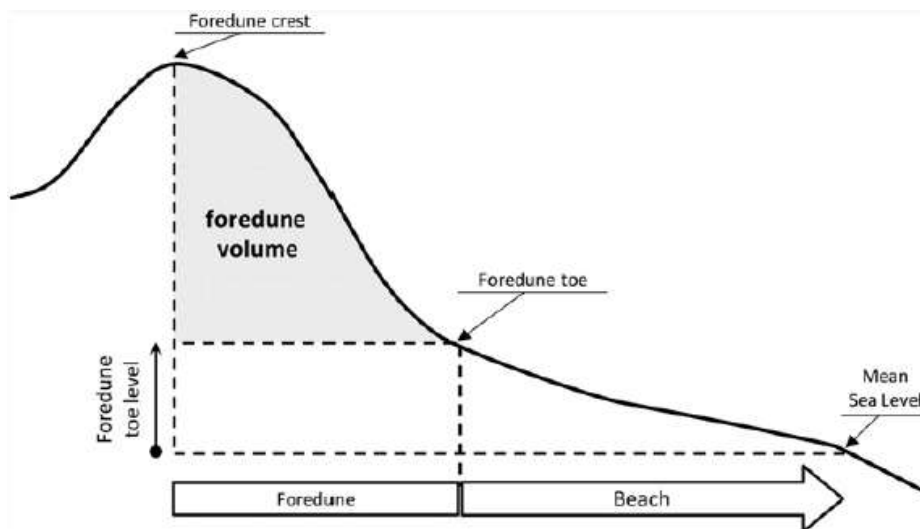
La caracterización de una duna costera se la puede realizar de forma descriptiva o cuantitativa; hacerlo desde una manera muy básica mencionando aspectos generales de su forma y del ambiente costero en que se desarrolla; hasta una caracterización muy compleja tomando en cuenta todos los procesos que inciden en su morfología y etapas de formación, para determinar parámetros de medición representativos de cada aspecto.

La complejidad de la caracterización y la selección de su parámetros o variables siempre va a depender del propósito del estudio y del método que se vayan a utilizar para su determinación: sensores remotos, medición en campo, altimetría y fotogrametría, datos de estaciones meteorológicas y series de tiempo de parámetros costeros.

(Pellón et al., 2020) realizó correlaciones entre parámetros representativos del perfil morfológico de la antedunas como su tamaño y ubicación, con la dinámica marina y eólica de los sitios de estudio para proponer un modelo conceptual a largo plazo que explique la forma de las dunas en estado estacionario en función de la interacción conjunta de olas y vientos. Para su estudio caracterizó las dunas desde sus aspectos morfológicos, ver Ilustración 1.3, hasta su ambiente costero marino y eólico; los parámetros que usó para ello se describen en la Tabla 1.2.

De igual forma, (de Almeida et al., 2022) desarrolló un modelo conceptual para explicar el tamaño de las dunas en un área del caribe mexicano en base a la relación empírica de las características del ecosistema adyacente marinos y morfología de las áreas sumergidas, caracterizó las dunas costeras en base a las características presentadas en la Tabla 1.3.

**Ilustración 1.3 Esquema de perfil cross-shore y parámetros morfométricos de las dunas (Pellón et al., 2020).**



**Tabla 1.2 Resumen de parámetros usados para caracterizar el área de estudio de (Pellón et al., 2020).**

<b>General del área de estudio</b>	D50 (mm)	tamaño medio del grano en la anteduna
	CLd (°)	dirección normal a la línea de costa
	DaW (°)	Rango de dirección del viento onshore
<b>Perfil anteduna/playa</b>	Ltoe (m, ref MSL)	Nivel del pie de la duna Ilustración 1.3
	V dune (m <sup>3</sup> /m/year)	volumen de la duna Ilustración 1.3
	Max Slope (°)	máxima pendiente de duna hacia el mar Ilustración 1.3
<b>Dinámica eólica</b>	a (°)	Ángulo medio de aproximación del viento
	DPa (m <sup>3</sup> /m/año)	Derivada del potencial eólico.
<b>Dinámica marina</b>	W	Parámetro de caída adimensional que indica el estado morfodinámico. Playa disipativa, intermedia, reflectiva
	Hs 50%	Media de altura de ola significativa
	Tp 50%	Periodo asociado al Hs 50%

**Tabla 1.3 Resumen de parámetros usados para caracterizar el área de estudio de (de Almeida et al., 2022).**

<b>Morfología de dunas</b>	Área de dunas	Área de ocupación de las dunas costeras, observación mediante imágenes satelitales
	Hd	Altura máxima de la anteduna,
<b>Dinámica de olas y vientos</b>	D50	Tamaño medio del grano en la anteduna
	CLd (°)	Dirección normal a la línea de costa
	Da	Rango de dirección del viento <i>onshore</i>
	DP	Derivada del potencial eólico.
	Hs	Altura de ola significativa en aguas profundas
	Tp	Periodo significante en aguas profundas
<b>Ecosistemas adyacentes</b>	Área de ecosistema adyacentes	Áreas ocupadas por ecosistemas submarinos como manglar, arrecife de coral y pasto marino

Debido a la importancia que tiene la vegetación en la formación y estabilización de las dunas, varios autores han incorporado variables ecológicas para estudios de caracterización. En este contexto, (Paixão, 2013) a través de datos recogidos en campo y 6 perfiles, caracterizó morfo-ecológica del complejo dunar de Peniche-Baleal, Portugal, basándose en la presencia de los tipos morfológicos-ecológicos de las dunas; dunas blancas, duna gris y duna verde. Determinó los siguientes parámetros: topografía, movilidad o inestabilidad y movilidad en los sedimentos, ausencia y presencia de especies de vegetación característica, tasa de cobertura vegetal.

Las dunas blancas o móviles representan las antedunas caracterizadas por la baja cobertura vegetal y consecuentemente la inestabilidad de los sedimentos; la duna gris se ubican de forma consecutiva detrás de la blanca, su abundante vegetación subarborescente y sedimentos semi estabilizados distinguen este tipo de depósito; por último, la duna verde o estabilizada se encuentra en la zona más interior del sistema dunar, sus sedimentos están totalmente estabilizados y la vegetación alcanzan dimensiones arbóreas.

(Vallejo et al., 2006) caracterizó las dunas costeras del Parque Nacional Doñana con respecto a la evolución de las playas adyacentes, por medio de; fotogrametría, modelos digitales de terreno y sistemas de información geográfica; extrajo múltiples variables de morfología, topología y ecología dunar, la Tabla 1.4 resume las variables cuantificadas para cada uno de los elementos de la costa.

**Tabla 1.4 Variables obtenidas por transectos de playa (Vallejo et al., 2006).**

Elementos de la costa	Variables
Línea de costa	Ángulo de orilla, avance/recesión
Playa alta <i>backbeach</i>	Ancho, alto, pendiente
Antedunas	Ancho, alto, pendiente y densidad de vegetación

Un buen ejemplo de caracterización continua de dunas para su manejo y aplicación secular de soluciones basadas en la naturaleza son las dunas de Aquitaine en Francia, uno de los sistemas dunares más grandes y largos de Europa. Dicho lo anterior, (Bossard & Nicolae Lerma, 2020) hizo un análisis regional de la zona con datos LIDAR en un periodo de tiempo dado. Su metodología consta de dos componentes donde hace uso de algunos parámetros de caracterización: clasificación de la morfología de dunas basadas en varios indicadores geomorfológicos básicos (ancho, altura, posición de la cresta, elevación de la duna posterior), cuantifica el flujo marino de arena hacia el sistema playa-duna y eólico en m/año y m/m<sup>2</sup>/año y la forma de dunas (escarpada, depresiones, lóbulos de deposición) como un indicador de dinámica reciente.

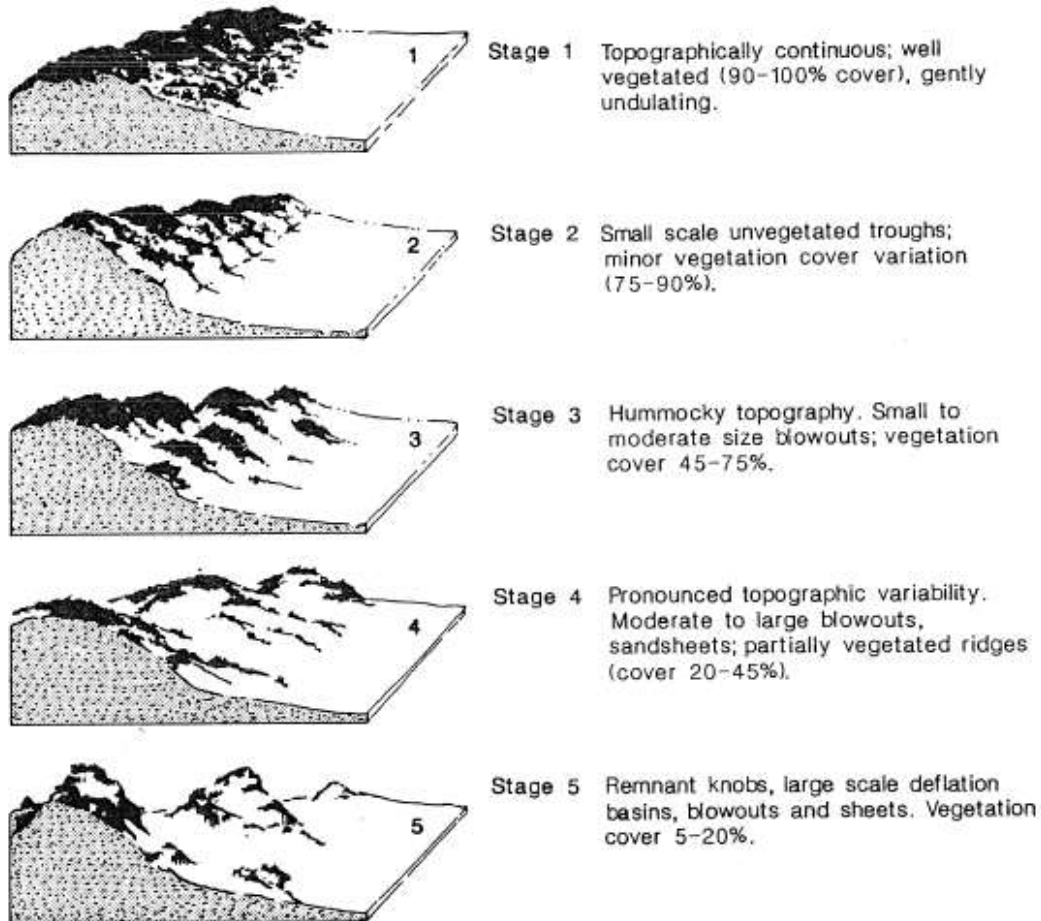
#### **1.4.5. Clasificación de dunas**

Tal como se ha revisado hasta ahora, existen numerosos factores cuyas interacciones propician la formación y desarrollo de las dunas costeras, y a partir de los cuales se han establecido numerosas clasificaciones, tales como morfogénesis, cobertura vegetal, estabilidad, etc. Entre las clasificaciones más básicas se encuentran las basadas en características geológicas; dunas asociadas a islas de barrera, desembocaduras, playas deltas, etc.; y la basada en la morfología de cuerpo de dunas: lineales, barjanas, parabólicas etc. (García Mora, 2000)

Sin embargo, dentro de las clases mencionadas pueden caer todas las dunas costeras y no hacen posible distinguir características más específicas relacionadas a la dinámica y procesos costeros para una clasificación más fina, por lo que, se incluyen criterios de balance sedimentario y disponibilidad de arena, así como también aspectos ecológicos y de actividad antropogénica. A continuación, se describen algunas clasificaciones representativas de los criterios mencionados.

(Hesp, 1988) clasifica las dunas en base a su característica ecológica y morfológicas. Principalmente, establece dos tipos de dunas primarias; las incipientes, que acumula sedimentos en torno a vegetación pionera y las establecidas, originadas a partir de las incipientes que con el tiempo fueron ecológicamente más estables con vegetación leñosa. A su vez, las dunas establecidas se clasifican en cinco estados morfológicos. Los estados pasan por distintos grados de cobertura vegetal; van desde el uno, donde la antedunas presentan una cobertura de vegetación muy alta con cresta estable, hasta el estado cinco en el que se presentan formaciones protuberantes con muy escasa vegetación, observe la Ilustración 1.4. Cada una de las etapas están descritas por un conjunto de procesos erosivos y deposicionales de sedimentos, asignándole características morfológicas particulares y un nivel de vegetación a los estadíos.

**Ilustración 1.4 clasificación morfológica y esquema de antedunas establecidas (Hesp, 1988).**

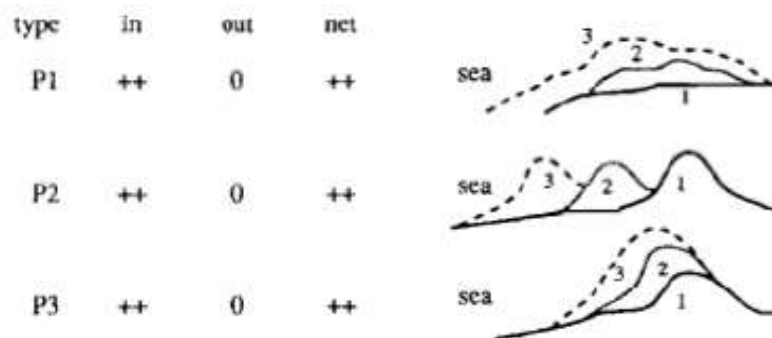


(Arens & Wiersma, 1994) propuso una clasificación basándose en el concepto fundamental de que las dunas costeras son el resultado de la interacción de la dinámica de la línea de costa, manejo y actividad eólica de las dunas, a partir de fotografías aéreas y una base de datos de parámetros morfométricos. Los perfiles transversales de las antedunas los categorizó en diferentes tipos de desarrollo a largo plazo, basándose en la migración del pie de la duna y el cambio en su volumen. Distinguió tres grupos principales de dunas primarias (ver Ilustración 1.5) : progresivas (P), regresivas (R) y estables (S), para luego dividir en subgrupos de acuerdo con el lugar de deposición eólica: (1) deposición en la parte superior de la duna, (2) deposición en la cara frontal de la duna, (3) deposición en la parte superior y frontal, (4) deposición en la parte trasera de la duna (sotavento) y (0) sin deposición.

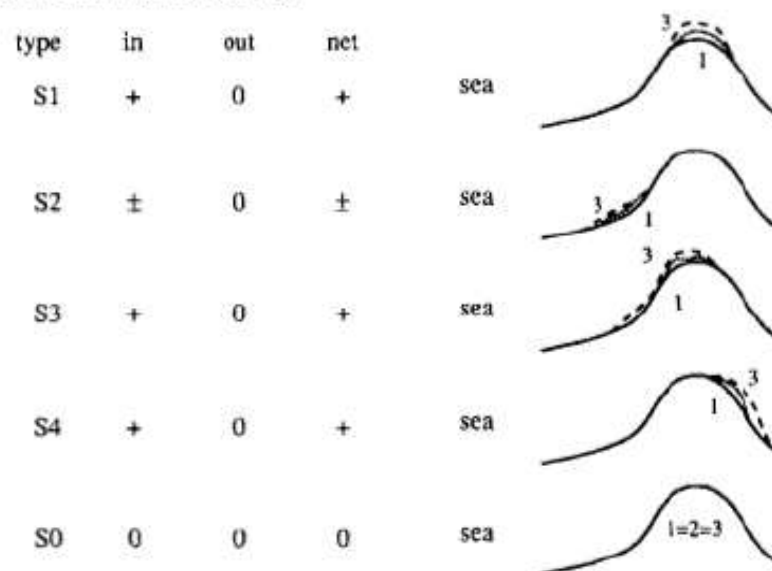


Ilustración 1.5 División de la sección transversal basado en el desarrollo a largo plazo (Arens & Wiersma, 1994).

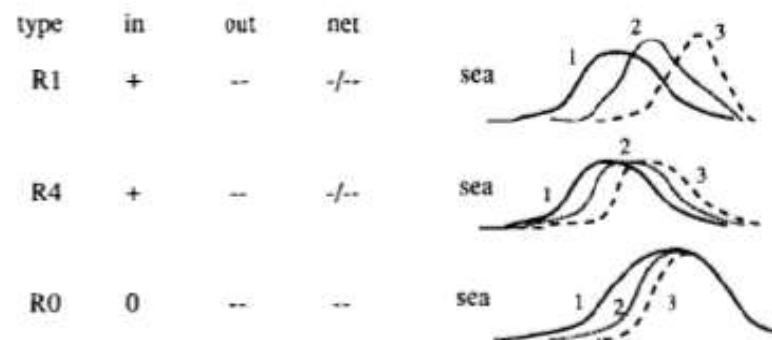
**PROGRESSIVE FOREDUNES**



**STABLE FOREDUNES**



**REGRESSIVE FOREDUNES**



(Brodie & Spore, 2015) investigó la respuesta de las dunas frontales frente a una tormenta usando datos LIDAR. Los autores clasificaron las dunas primarias en cuatro grupos distintos basándose principalmente en sus características morfológicas: dunas escarpadas, dunas sanas, dunas en recuperación y dunas *man-made*; este último tipo se refiere a las dunas restauradas por el humano, hechas con relleno de playa donde los sedimentos son amontonados arriba del perfil de la costa en la zona de dunas; las clases se describen en la Tabla 1.5. Las características morfológicas consideradas para la clasificación dunar fueron: la pendiente, curvatura y volumen del frente de las dunas primarias, la Tabla 1.6 habla en detalle de cada parámetro. El propósito de esta clasificación es permitir a los manejadores identificar zonas dunares naturalmente resilientes y zonas donde se deberían intensificar los esfuerzos de reconstrucción, sirviendo como una herramienta para el manejo integrado de dunas costeras.

**Tabla 1.5 Clasificación de estados de duna, elaborado a partir de (Brodie & Spore, 2015).**

Estados de la Duna	Descripción en base a parámetros morfológicos	
Recuperándose	La cresta o cima es escarpada que indica reciente ataque de oleaje. Y en su pie se ve acumulaciones de sedimentos; es decir, presenta una duna incipiente	Presentan picos en su perfil, debido al activo proceso eólica
	Menor volumen que una duna sana debido a su abrupta pendiente	
Sana	Pendiente menos pronunciada cercana al ángulo de reposo debido a la continua deposición de sedimentos	
	Mayor volumen de duna y propagación del frente de la duna	
Escarpada	Pendiente pronunciada y bajo volumen debido al ataque reciente por oleaje	No presentan picos en su perfil, frente de dunas más lineares
	No presenta la duna incipiente y con muy poca recuperación en la base	
Man-made	Mayor volumen y menor pendiente de duna, muy cerca del ángulo en reposo. Una pila de sedimentos no consolidados	
	El pie se encuentra un poco más bajo debido al empuje de la playa	

**Tabla 1.6 Características morfológicas del perfil cross-shore de anteduna elaborado a partir de (Brodie & Spore, 2015).**

Curvatura del perfil de playa	Kpks	Número de picos en la curvatura entre Dhigh y Dlow
Elevación de la cresta de la duna	Dhigh	Máxima elevación observada en el perfil desde MHW

<b>Elevación del Pie de la duna</b>	Dlow	Elevación a la que se encuentra el pie de la duna desde MHW
<b>Pendiente de la duna</b>	Bdune	Promedio de pendiente de la duna entre Dhigh y Dlow
<b>Volumen de la duna</b>	Vdune	Volumen del frente de la duna entre Dhigh y Dlow

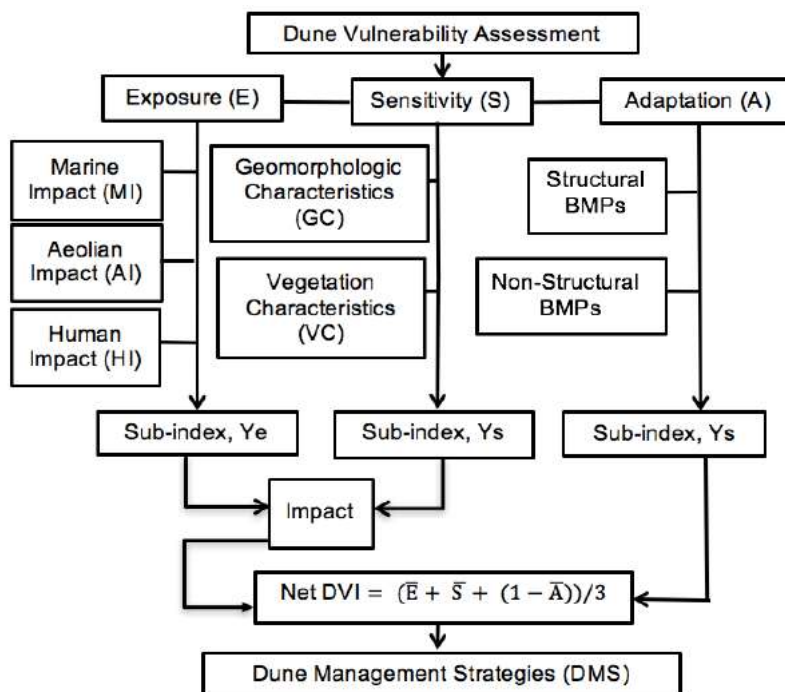
#### 1.4.6. Evaluación de dunas

La evaluación del estado actual de las dunas representa una etapa muy importante en lo que a manejo respecta; puesto que, arroja una valoración en concreto y sugiere que el sistema dunar se encuentra dentro de un estado, pudiendo ser este, no degradado o degradado y el amplio espectro que existe entre estos dos. Se han llevado a cabo numerosos estudios, donde se evalúan principalmente por medio de índices de vulnerabilidad la pérdida de funcionalidad de las dunas en las costas alrededor del mundo (Ciccarelli et al., 2017; García-Mora et al., 2001; Peña-Alonso et al., 2017).

Bajo el contexto de reducción de riesgo de desastres, la vulnerabilidad se determina en función de tres factores: la exposición del sistema, la susceptibilidad y su resiliencia (Naciones Unidas, 2015). Los índices de vulnerabilidad dunar (IVD) fueron desarrollados a partir de teorías con base científica, observaciones e inferencias estadísticas o en base a opinión de expertos.

La metodología comienza con selección de indicadores más importantes y la normalización de la escala. Los parámetros de índices utilizados están en función de las interacciones físicas del sistema dunar con los factores de exposición y de respuesta de las dunas. Como se observa en la Ilustración 1.6, los criterios de exposición dunar frente a la amenaza de ser deteriorados son los mecanismos de transporte de sedimentos en el ambiente costero y el impacto humano; mientras que su sensibilidad tiene que ver con las características geomorfológicas y vegetación del sistema; por último, los parámetros de adaptación estructural y cultural miden las acciones encaminadas a los planes de regulación y respuestas, revegetación, vigilancia, señalizaciones educación y concienciación que fortalecen las dunas. La información sobre vulnerabilidad de dunas es necesaria para construir resiliencia en los sistemas playa-duna, sirviendo como base de conocimientos para estrategias de manejo de dunas (Ajedegba et al., 2021)

**Ilustración 1.6 Criterios de vulnerabilidad y parámetros para evaluación de vulnerabilidad dunar (Ajedegba et al., 2021).**



Por otra parte, está el índice de restauración de dunas costeras o “ReDune” propuesto por (Lithgow et al., 2015), el cual utiliza criterios rectores muy similares al IDV, como lo son el antropogénico, ecológico y geológico; pero con un enfoque distinto, orientado directamente a la acción de restauración dunar. Se trata de una lista ponderada que sirve como herramienta para los tomadores de decisiones no especializados con un poco entendimiento de dinámica costera para decidir sobre cual duna requiere ser restaurada y posee los procesos mínimos necesarios para hacerlo. Además de las acciones a tomar: “conservar”, “restaurar” y “rehabilitar” de acuerdo con el rango en el que se encuentre el índice.

El índice está conformado por 37 variables, que a su vez se dividen en dos secciones fundamentales; la primera son los factores negativos que degradan las dunas (ver Tabla 1.7) y la segunda son los factores positivos que facilitan su regeneración (ver Tabla 1.8). Los parámetros negativos, tienen criterios que evalúan el nivel de perturbación a la que está sometida la morfología y vegetación de las dunas; y también el estrés del sistema ocasionado por factores exógenos y endógenos que afectan su estabilidad a largo plazo. Por otra parte; los criterios de los elementos positivos tienen que ver con los elementos

bióticos y abióticos que favorecen la restauración de las dunas, y si existen elementos con alto valor ecosistémicos o intereses de conservación en el lugar.

**Tabla 1.7 Elementos negativos que influyen en las antedunas, dividido en criterios e indicadores, elaborado a partir de (Lithgow et al., 2015).**

Criterio	Subcriterio	Variable
<b>Nivel de perturbación</b>	Morfología	Infraestructura permanente
		Desestabilización por pisoteo y sobrepastoreo
		Áreas de deflación
		Infraestructura temporal
	Vegetación	Especies exóticas y plantaciones
		Pérdida y degradación de la vegetación
<b>Estrés en el sistema</b>	Factores endógenos	Extracción de arena
		Infraestructuras permanentes sobre dunas móviles
		Infraestructuras permanentes sobre dunas fijas
		Descarga de agua en la playa
		Presión por pisoteo de ganado
		Infraestructuras temporales sobre dunas móviles
	Factores Exógenos	Dragado de lagunas
		Proximidad a sitios turísticos.
		Infraestructura a lo largo de la costa
		Infraestructura en la costa

**Tabla 1.8 Elementos positivos que influyen en las antedunas, dividido en criterios e indicadores, elaborado a partir de (Lithgow et al., 2015).**

Criterio	Subcriterio	Variable
<b>Facilitadores</b>	Elementos abióticos	Transporte de sedimentos hacia la duna
		Ancho de playa seca
		Dinámica eólica
		Orientación de la línea de costa/olas
		Tamaño de grano
	Elementos bióticos	Longitud relativa de la anteduna
		Especies nativas y constructoras de dunas.
		Especies pioneras
		Fuentes de propágulos
	Conservación	Especies endémicas
Especies de alta prioridad		

<b>Elementos que son útiles para la priorización</b>		Áreas protegidas cercanas
	Servicios ecosistémicos	Protección contra tormentas y huracanes
		Hedónico
		Recreación
		Patrimonio cultural

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

Mucho se sabe sobre las dunas costeras de zonas templadas y tropicales, dado el considerable número de estudios realizados en torno al entendimiento de sus características y dinámica; por el contrario, muy poco se sabe de la existencia de estas geoformas en el Ecuador. En este sentido, la necesidad que fue planteada en este estudio es la generación de conocimientos básicos sobre sistemas dunares en lo que respecta a su morfología, dinámica marina, dinámica eólica y vegetación; debido a la escasa información presente sobre los sistemas dunares en costas ecuatorianas, a fin de realizar una aproximación de sus características y estado actual.

En este trabajo fueron propuestas metodologías para realizar un primer acercamiento a las dunas costeras de Data de Villamil, el planteamiento de estos métodos respondieron a preguntas esenciales de investigación como; de qué forma se debería comenzar a estudiar estos sistemas costeros, qué es lo que se tiene a la mano en cuestión de recursos, qué información se requiere y qué se debería hacer para obtenerla; teniendo en cuenta que la visión a futuro es el entendimiento pleno de su morfodinámica y potencial de formación para considerarlo como un elemento protector de costas contra la erosión y demás fenómenos adversos.

Dichas metodologías fueron enmarcadas dentro de un proceso estructurado para la adquisición de conocimiento en cuanto a dunas se refiere, observe Ilustración 2.1. El proceso planteado consta de tres componentes: la caracterización, clasificación y evaluación de los sistemas dunares. Cada una de las etapas responden a las distintas áreas de investigación que se tienen que atender para llegar a la comprensión de las geoformas y también al conocimiento de su estado orientado a la toma de acciones para el manejo integrado dunar.

**Ilustración 2.1 Proceso estructurado para la adquisición conocimiento sobre dunas costeras.**



Esta estructura de adquisición de datos tuvo como objetivo que sus resultados sirvan de línea base técnica, un punto de partida para la generación de estudios, proyectos de manejo, restauración o protección de estas formaciones sedimentarias; cabe mencionar que, a pesar de que los recursos hayan sido limitados, en cuestión de base de datos de costa y tiempo, los resultados que se obtuvieron en cada etapa dieron una aproximación general sobre la realidad del sistema dunar estudiado.

La caracterización fue determinada como primer eslabón en esta estructura; la razón primordial es que por conocimiento general se sabe que para entender algún fenómeno o situación; lo primero es el reconocimiento de sus características esenciales, la descripción de su: estructura, elementos constituyentes, ambiente en el que se encuentra, sus mecanismos y demás característica singularidades que identifiquen elemento. Basándose en lo anterior, la caracterización es esencial en cualquier estudio

El siguiente paso en esta cadena es hallar relaciones, discriminar, agrupar en clases, de forma más concreta, clasificar. La clasificación en tema de dunas es importante porque permite englobar en distintas clases a las geoformas, con respecto a los procesos de



modelos teóricos. Si bien, aun no se puede generar un modelo de respuesta dinámico del sistema dunar de Data de Villamil, dada la temprana etapa en que se encuentra la investigación, se hizo uso de la clasificación y modelos teóricos que han propuesto autores anteriores; a fin de reconocer de forma general el comportamiento del sistema.

Finalmente, en la etapa de evaluación se atribuye un valor o calificación al sistema dunar de acuerdo con su estado morfológico, medio en el que se desenvuelve, factores que intervienen en su dinámica. Esta etapa es de suma importancia puesto que la visión a largo plazo es utilizar las dunas para proteger la costa y, todos los esfuerzos de su investigación tienen que ir encaminados al accionar para la protección, mantenimiento o restauración de las dunas costeras, lo cual solo es posible si existe una evaluación preliminar.

Este estudio presenta aplicaciones y adaptaciones metodológicas de otros autores para la caracterización clasificación y evaluación de dunas costeras. De manera general la metodología seguida en el trabajo se puede dividir en 3 partes principales: la revisión bibliográfica, el trabajo en campo y el análisis de datos. En la revisión bibliográfica se investigó conceptos, modelos teóricos y estudios sobre dunas costeras realizados por otros investigadores. En el trabajo en campo se realizaron mediciones in situ de las dunas, su ambiente costero y la dinámica social circundante. Finalmente; para el análisis de datos se utilizaron programas de sistemas de información geográfica (GIS) y de cálculos. La explicación más en detalles de estos métodos se trata a lo largo de todo este capítulo.

## **2.1. Sitio de Estudio**

Data de Villamil (ver Ilustración 2.2) es un pueblo costero perteneciente al cantón Playas de la provincia del Guayas, su población se dedica principalmente a la pesca y turismo. Consta de poco más de 3 kilómetros de extensa playa arenosa sin acantilados; siendo esta, limitada al norte por Arenal de Playas y al sur por Data de Posorja,

**Ilustración 2.2 Sitio de estudio en playa Data de Villamil, Playas, Ecuador.**



El creciente interés por el desarrollo turístico de la playa de Data de Villamil provoca la desorganización en los asentamientos urbanos sobre los espacios costeros de la zona, lo que supone un potencial riesgo para las dunas existentes del sitio y para la población que se ubica detrás de ellas. El interés en su conservación se intensifica puesto que la playa de Data de Villamil está dentro del Área Nacional de Recreación Playas Villamil, por sus siglas ANRPV.

El sistema dunar de Data de Villamil es un punto de partida adecuado para comenzar con el estudio y aplicación de las metodologías planteadas en este estudio, dado que en el lugar existen las condiciones adecuadas para generar las acumulaciones sedimentarias, adicionalmente, aun la zona no ha sido sobreexplotada por el turismo pudiéndose encontrar dunas que se mantiene sin importantes alteraciones.

Fue seleccionado un sitio de análisis dentro de la playa de Data de Villamil, a modo de prueba piloto, para aplicar los métodos planteados dirigidos a la caracterización, clasificación y evaluación de los sistemas dunares. La elección del sitio fue realizada tomando en consideración los criterios propuestos por el índice ReDune; estipulando que

se debe seleccionar una longitud aproximada de 200m que sea representativa de la playa de análisis y con condiciones similares en el sistema dunar como; presión humana, ecológica y física.

El sitio de análisis representativo de la playa data de Villamil fue delimitado dentro de una longitud de aproximadamente 380 m en sentido paralelo a la costa, donde fue representada la realidad de la playa. Dentro de la sección se encuentran parches de vegetación donde las dunas se mantienen “vírgenes”, y dunas que ha sido manipuladas por las personas con distintos intereses socioeconómicos; hosterías, negocios y residencias.

En sentido perpendicular a la playa, los límites fueron dados desde la barra mar adentro que determina el inicio de la zona de surf y la forma en que la energía de las olas incide en el sistema dinámico del litoral. En dirección a la costa, el área de estudio fue acotada hasta la primera hilera de construcciones en la playa puesto que ejercen presión de forma directa sobre el ecosistema dunas.

## **2.2. Caracterización**

Las dunas costeras han sido caracterizadas por diversos autores de muchas formas, siendo lo más esencial la descripción de la forma y la estructura con respecto al perfil, definiendo donde se encuentran: cresta, valle, pie dunar, pendientes de barlovento y sotavento, volumen, etc. También está la caracterización más compleja donde no sólo que se toma en cuenta la morfología sino también todos los mecanismos que inciden en su dinámica como, por ejemplo: ambiente marino y eólico, vegetación, acción antrópica, etc. La constante es que la caracterización ha sido abordada de acuerdo con los objetivos de la investigación que se ha desarrollado, por lo que puede ser tan somera o explicativa como amerite.

La caracterización que fue seleccionada para este trabajo consta de los parámetros que describen tanto los tipos y morfología dunar, así como también los distintos factores de injerencia sobre ellas: olas, vientos y vegetación. La caracterización describe parámetros de forma cuantitativa y cualitativa referentes a: la ubicación de las zonas de dunas con respecto al perfil; características morfométricas como, número y elevación de crestas; ambiente costero en que se desarrolla, olas y vientos; y tipos de especies vegetativas que cuben su superficie, pioneras y estabilizadoras.

### 2.2.1. Zonificación de playa y dunas

Las distintas zonas que conforman la costa fueron identificadas para el área de estudio a partir de un ortomosaico del lugar de estudio y utilizando el software libre de análisis de información de datos georreferenciados, QGis; donde, mediante la fotointerpretación fueron determinadas las siguientes áreas: zona intermareal, zona de playa seca/duna incipiente, zona de dunas primarias y secundarias. Posterior a su identificación, dichas zonas fueron delimitadas con polígonos haciendo uso de las herramientas de QGis para crear *fileshapes* de vectores, la Tabla 2.1 resume el proceso.

**Tabla 2.1 Proceso para la zonificación de dunas en el filo costero.**

Dato de entrada	Proceso y herramienta	Dato de Salida
Orto	Fotointerpretación, QGis	Zona intermareal
		Zona Playa seca/duna incipiente
		Zona de duna primaria y secundaria
		Área dunar

Los elementos de la playa fueron distinguidos con base a sus características determinantes y apreciables en las fotos aéreas; por ejemplo, la zona intermareal se caracteriza por la línea de agua o de arena húmeda de mar hacia la costa, además se determinó a la berma como límite onshore, la cual se la reconoció por su forma de línea y color más oscuro. Por su parte, las dunas fueron identificadas por su ubicación en la playa y la vegetación que las cubre, su densidad y color.

El orto mosaico fue solicitado al grupo de investigación GEMAC de ESPOL, quienes realizaron una campaña de sobrevuelo de dron en febrero del presente año, época húmeda, en un sector de Data de Villamil, sobre la zona de estudio. Las ortofotos tomadas en campo posteriormente fueron procesadas con técnicas fotogramétricas mediante el programa *Agisoft Metashape*, obteniendo como producto un ortomosaico.

Tomando como dato de entrada el ráster del ortomosaico, las herramientas del programa QGis fueron utilizadas en la generación de *fileshapes* de polígonos que contornean los espacios de playa y dunas mencionados; con los polígonos dibujados el área geométrica

de los espacios fue calculada con la calculadora de vectores del software. Finalmente, el producto esperado era la zonificación de los espacios de playa y duna con las respectivas superficies que cubren.

### **2.2.2. Morfología dunar**

Perfiles transversales de playa y dunas fueron tomados en bajamar dentro de la zona de interés, en total cuatro, los cuales iniciaban desde el mar cuando la marea estaba lo más baja posible hasta la parte alta de la playa en donde terminaban las antedunas. Los puntos de interés del perfil; como: berma, inicio de duna primaria e inicio de duna secundaria, fueron esquematizados con antelación a partir del producto de la zonificación; de forma que en el campo se los tomó como referencia.

El equipo utilizado para medir el perfil fue un nivel óptico. El procedimiento de medición llevado a cabo comenzó con la nivelación y estabilización del instrumento sobre la berma; luego se ubica la regla abajo del perfil desde la línea de agua en bajamar y se comenzó a anotar las medidas observadas en la regla, hilo superior, medio e inferior, desde la mirilla del nivel; la regla fue acercándose al nivel un aproximado de cuatro pasos por medición. Una vez la regla estando en la berma, el nivel fue girado 180° para seguir tomando datos hacia las dunas, pero mientras la regla se estaba alejando.

Además de los datos de variación de nivel, también fueron anotadas en el campo las observaciones en el perfil, datos importantes que sirvieron para el reconocimiento de las dunas, así como; crestas, valles, inicio de vegetación pionera y estabilizadora, palizadas. De esta forma, el procesamiento y análisis de los resultados tuvo mejores referencias en la identificación de ambientes dunar.

El procesamiento de los datos fue realizado con ayuda del software de cálculo de Excel. Las medidas de elevación de los cuatro perfiles; hilo superior, medio, inferior y observaciones, fueron digitalizadas y representadas en gráficos de puntos de dispersión con líneas suavizadas.

### **2.2.3. Ambientes marino y eólico**

La caracterización de vientos y olas fue realizada mediante la observación y medición de los parámetros costeros in situ, durante un periodo total de 6 horas y midiendo cada

30 minutos las características litorales de la playa. La técnica utilizada fue Littoral Environment Observations, por sus siglas en inglés LEO, una serie de técnicas de observación y medición realizados por personal con capacitación en dinámica costera; mediante las cuales se cuantifican características de la costa como: oleaje, vientos, corriente litoral, zona de surf y zona intermareal; mediante el uso de equipos sencillos y económicos (Sherlock, 1987). La estación de medición se ubicó a la altura de la berma en el perfil y en la mitad del sitio de estudio, en sentido paralelo a la costa, para que los datos tomados representen el área de análisis.

Fueron tomadas en el campo las características litorales de la playa, estas observaciones constaron en la medición de parámetros relacionados con: la corriente litoral donde fue aproximada la velocidad; los vientos, se determinó la dirección y velocidad; las olas definiendo su tipología, periodo, ángulo de incidencia y altura de ola rompiente.

Para la medición fueron requeridas dos personas con experiencia realizando este ejercicio puesto que es principalmente metódico y observacional, requiriendo un criterio especializado. Los instrumentos utilizados en campo fueron: anemómetro digital, brújula, cronómetro, GPS, flotador, flexómetro y planilla de anotaciones Anexo C.

#### **2.2.4. Vegetación dunar**

La vegetación sobre las dunas fue caracterizada en un trabajo conjunto de campo, tomando fotografías y coordenadas, y revisión de literatura científica, documentos de la flora del lugar. Esta actividad tuvo como objetivo determinar qué tipo de especies vegetales habitan las distintas zonas dunares: duna incipiente, primaria y secundaria. El producto obtenido fue la distribución de especies de vegetación en el perfil playa-duna.

La metodología de caracterización constó de una caminata dentro del área de estudio, identificando los ambientes de playa y dunas, luego fueron tomadas fotografías de las plantas a tres escalas; centrándose en las hojas, la planta entera o arbusto y la planta compleja; a la vez fueron tomados puntos de coordenadas para identificación la ubicación de la especie en el sistema dunar. Esta actividad se la realizó con estudiantes de biología y acompañamiento de un biólogo con experiencia en la zona de data de Villamil

### **2.2.5. Sedimentos de Playa**

En el área de estudio fueron recolectadas muestras de sedimentos de playa y dunas para determinar mediante un análisis granulométrico de laboratorio el diámetro medio de la arena en cada una de las partes del perfil. Este parámetro también es requerido en la etapa de evaluación.

Fueron tomadas muestras de sedimento en marea baja, marea media, berma y duna primaria. La muestra de arena dunar fue extraída del barlovento de la duna primaria, cara frontal hacia el mar sobre la que incide el viento y los procesos costeros, para determinar cuál es el diámetro medio del sedimento que es transportado por el viento para construcción de dunas.

Para determinar el tamaño medio de la partícula se utiliza el ensayo de análisis granulométrico AST D422 (D422, 2007) método mecánico de análisis por tamizado, el procedimiento constó de tres partes: secado, preparación y tamizado de la muestra; los sedimentos fueron pasaron por una torre de tamices que iban desde el número 20, arenas gruesas, hasta el número 230, material fino. En el procesamiento de los datos fue realizado en Excel donde se digitalizaron los pesos obtenidos en el tamizado y con herramientas gráficas del software se obtuvo como resultado la curva de distribución granulométrica de las muestras.

### **2.3. Clasificación**

La clasificación de dunas a lo largo de los años ha sido vasta y muy debatida, pudiendo ser general, al igual que la caracterización, esto es criterios con relación a la forma o características geológicas, o particular, englobando aspectos con respecto a la dinámica del sistema. Como se trató en el capítulo anterior, las clasificaciones que específicamente diferencian de forma local los sistemas dunares litorales tienen principalmente criterios de balance sedimentario y disponibilidad de arena (Arens & Wiersma, 1994), aspectos ecológicos (Hesp, 1988) y de actividad antrópica (Brodie & Spore, 2015) .

En el presente estudio, fue usada la clasificación propuesta por (Hesp, 1988); la razón principal fue la simplicidad de sus aspectos de categorización, características

morfológicas y ecológicas de las dunas, haciendo posible la clasificación con los recursos disponibles al momento, sólo utilizando imágenes aéreas y levantamientos topográficos. Hesp difiere de otras clasificaciones donde se necesitan largas series de tiempo de datos meteorológicos, propagación de oleaje, balance de sedimentos y cambios en el perfil de playa.

Hesp establece las distintas clases a partir de la morfología y ecología dunar, hace una distinción entre las dunas incipientes, más jóvenes, y las establecidas, vegetación más compleja y topografía más estable; por su parte, estas últimas se dividen en cinco tipologías de acuerdo con el grado de cobertura vegetal la y forma del depósito sedimentario.

La metodología que fue utilizada en la clasificación se basó en la utilizada por (Vallejo et al., 2006) la cual constó de dos fases; la primera, referente a la distinción entre dunas incipientes y dunas estables, todas dentro de la categoría dunas primarias, esto fue realizado con ayuda de la zonificación de ambientes de la costa, producto de la etapa de caracterización. La segunda fase, fue constituida por la identificación del estadio en el que se encontraban las antedunas con respecto a su densidad vegetal del sitio de estudio, para esto se lo realizó mediante el método de clasificación de imagen.

**Tabla 2.2 Procesamiento de datos para obtener variables de clasificación.**

Dato de entrada	Proceso y herramienta	Dato de Salida
Ortomosaico	Clasificación de imagen, QGIS	Densidad de vegetación

El porcentaje de cobertura vegetal fue determinado mediante un proceso de clasificación de imagen, lo cual alude a la obtención de información a partir de una imagen ráster por medio de una clasificación multibandas (Arcgis Desktop, 2012). La zona de estudio fue dividida por transectos normales a la costa de 50 metros de ancho para obtener las variaciones locales de la vegetación. Las herramientas de análisis ráster y de geoprocésamiento del software QGIS fueron utilizadas para determinar el grado de densidad vegetal de las dunas haciendo uso del ortomosaico como input, el procesamiento de datos se sintetiza en Tabla 2.2. La clasificación de imagen fue realizada en 6 pasos, los que se describen a continuación:



1. Cálculo de índice de vegetación multibanda con calculadoras ráster.
2. Reclasificar los píxeles de acuerdo con los distintos tipos de vegetación dependiendo de la intensidad de su color; vegetación viva, seca y muerta.
3. Aplicar filtro de mayoreo a la capa, donde se suavizan los contornos de los tipos de vegetación
4. Hacer polígonos entorno a los píxeles de las clases de vegetación.
5. Arreglar la geometría de los polígonos realizados.
6. Análisis de superposición de capas para determinar el porcentaje de la vegetación con respecto al área de dunas primaria.

El producto que fue obtenido de esta etapa fue la clasificación de acuerdo con Hesp 1988 para las dunas primarias en base a las dunas incipiente y establecidas y las 5 tipologías de estados de cobertura vegetal para la zona de estudio bajo análisis a partir de las metodologías propuestas.

#### **2.4. Evaluación**

La evaluación o diagnóstico del estado de los sistemas dunares es utilizado en numerosas costas alrededor del mundo con la finalidad de instar la generación de programas de manejo integrado con soluciones sustentables, obteniendo como resultados dunas costeras saludables, bien manejadas que potencian la resiliencia de la costa.

Básicamente un índice de diagnóstico consta de indicadores escogidos de acuerdo con las relaciones físicas entre las dunas y los distintos factores favorables y de presión incidentes; y su estandarización de escala. Existen una gran variedad de índices (Ciccarelli et al., 2017; García-Mora et al., 2001; Peña-Alonso et al., 2017), los cuales dependen principalmente de la región a la que lo apliquen.

El índice ReDune (Lithgow et al., 2015a) fue utilizado para la valoración de las dunas de Data de Villamil en el componente de evaluación de este trabajo. La razón primordial fue que, a diferencia de los anteriores mencionados, ReDune va orientado a la toma de acción sobre el sistema dunar de estudio, estableciendo hacia donde deberían ir dirigidas las soluciones; además, la forma en la que se describe la ponderación de los parámetros

es sencilla de interpretar y de medir, de ahí que esté pensada para que los empleen personas no especializadas en áreas del conocimiento.

El índice de restauración dunar básicamente es una lista de variables negativas y positivas, factores de estrés y perturbación del sistema, factores facilitadores de restauración y prioridad de intereses en el sitio de estudio, respectivamente; a las que se les asignó un peso para sumarlas algebraicamente y estandarizarlas. El número ReDune puede tener valores de 1 a 100 y establece acciones a tomar de acuerdo con los rangos en el que cae el valor obtenido. Determinando así; un sitio para “conservar”, si el número es mayor a 50; un sitio para “restaurar”, si el número se encuentra en 50 y 35; un sitio para “rehabilitar si el número es menor a 35. Los autores junto con expertos tomaron como referencia playas mexicanas para establecer estas categorías”.

Para medir las variables del índice, en este estudio, fueron propuestos numerosos métodos simplificados y prácticos para cada uno de los 37 indicadores. Los métodos utilizados consistieron primordialmente de; trabajo en campo realizando mediciones y observaciones, acompañado de la revisión bibliográfica, análisis y procesamiento de fotografías satelitales y aéreas mediante software GIS.

Para el cálculo fue necesario realizar una visita a la zona de análisis, donde fueron realizadas observaciones y mediciones in situ; además de parámetros costeros y entrevistas a la comunidad (ver ). Las entrevistas guiadas fueron parte clave en este estudio dado que contribuyeron a obtener información de la que no se disponen datos de otra fuente más que la que pueda proporcionar la comunidad del sector de análisis como; recurrencia de turista, vehículos y ganado sobre las dunas.

Fue utilizado como insumo principal el ortomosaico extraído a partir de imágenes aéreas, en el procesamiento de los datos mediante el software QGis. En dicho procesamiento fueron creadas capas de polígonos y calculado el porcentaje relativo para algunas variables; primordialmente, bajo el criterio de nivel de disturbio como; porcentaje de vegetación perdida, de deflación, de longitud de duna intacta, de redes de caminos, entre otros.

Cabe mencionar que el tratamiento y análisis de datos no fue complejo, se utilizaron herramientas básicas del programa QGis, observaciones in situ y la interpretación de

imagen para valorar las variables del índice. Además, mucho de los parámetros que se utilizan en ReDune fueron obtenidos a partir de la caracterización planteada en la primera etapa como: tipo de olas incidentes, tamaño de grano, dirección y velocidad de viento, etc.

De forma paralela al cálculo del índice, fue desarrollada una matriz especificando (Anexo A) los métodos utilizados para medir las 37 variables de ReDune. En dicha matriz fueron descritos de forma detallada cada uno los indicadores y las unidades de medida propuestas por (Lithgow et al., 2015a); así como las interpretaciones, asunciones y aportes realizados en el presente estudio que fueron necesarias para la adaptaciones del índice a las costas ecuatorianas y ajustado a los recurso disponibles; finalmente, fueron expuestas las limitaciones de los métodos y recomendaciones para su posterior uso, puesto que la visión de este estudio es utilizar la evaluación en posteriores investigaciones o que sea utilizada por tomadores de decisiones.

Los productos que se obtuvieron en esta etapa fueron: la valoración ReDune para la playa de estudio, Data de Villamil, el detalle de las propuestas métodos aplicados, la matriz del método ReDune donde se especifican las interpretaciones planteadas de elementos y variables; finalmente, las limitaciones y recomendaciones de los indicadores propuestos y las metodologías usadas.

# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En esta sección se presentan los resultados de las metodologías planteadas en el capítulo 2 para la clasificación, caracterización y evaluación de dunas costeras del sitio de estudio en la playa Data de Villamil.

### 3.1. Caracterización

#### 3.1.1. Zonificación

Se distinguieron cuatro espacios marcados de la costa mediante la fotointerpretación del ortomosaico, como se observa en la Ilustración 3.1; zonas confinadas por límites paralelos a la línea de agua, que se distribuyen desde el mar hasta la primera línea de construcción de viviendas. Fueron observadas y delimitadas, las zonas donde existen y se desarrollan las dunas primarias y secundarias, la zona de la playa seca y dunas incipientes, y finalmente la zona *foreshore* constituida por la zona intermareal y la berma.

Las zonas de dunas primarias y secundarias fueron identificadas mediante los siguientes criterios: por la complejidad y cobertura de su vegetación y por la sucesión de su ubicación, una detrás de otra. Por lo tanto, la zona de dunas primaria es la segunda franja paralela a la costa, desde el mar hacia la costa (Ilustración 3.1) con vegetación poco densa y compleja, es decir solo habitan uno o dos tipos de especies de plantas constructoras y pioneras, esta franja se caracteriza por un color grisácea donde aparecen los primeros montículos relativamente estables.

Por su parte, las dunas secundarias son las que le siguen en dirección a la tierra (ver Ilustración 3.1) y estas se caracterizan principalmente por contar con un mayor número de especies de plantas y estar más densamente pobladas; hay especies leñosas más desarrolladas, como arbustos y árboles bajos. Las dunas en esta sección son de mayor altura que las primarias y los sedimentos de estos depósitos son más estables al no estar influenciados por el oleaje y tener abundante vegetación; ya que, sus raíces impiden el movimiento de arena.

Se definió una zona general para la playa seca y la zona de las dunas incipientes en vez de dos zonas independientes; porque el límite entre estas dos no fue posible identificarlo solo con la fotointerpretación. Los indicadores visuales para detectar y diferenciar estos ambientes como: troncos, vegetación pionera; no fueron distinguidos con la resolución de la imagen y desde la vista en planta. Posteriormente en este estudio, para diferenciar las dunas incipientes y la playa seca fueron necesarios levantamientos de perfiles topográficos en la zona. La playa seca se refiere al *fetch* de la playa donde actúa el viento que genera dunas y las dunas incipientes son los depósitos sedimentarios de arena móviles que son fijadas por la vegetación pionera, troncos o algún otro objeto capaz de obstaculizar el transporte de sedimentos eólicos *onshore*.

**Ilustración 3.1 Zonificación de áreas de dunas en Data de Villamil.**



Fueron calculadas las áreas de las zonas de la costa identificadas, como se lo puede observar en la Tabla 3.1. Se evidencia una mayor ocupación de espacio por las dunas secundarias-que por las dunas primarias, seguida de una considerable área para la playa seca y la duna incipientes.

Cabe mencionar que las áreas calculadas de dunas primarias y secundarias son los espacios donde se ubican estas geoformas, no necesariamente hay dunas en toda la

extensión; es decir, fueron calculadas también las áreas donde la duna está erosionada o fue removida. Un ejemplo de esto es que en la zona de dunas secundarias solo se encuentran dunas en la parte central del sitio de estudio, sin embargo fue zonificada toda el área, hasta los extremos donde han sido eliminadas por hosterías, negocios y residencias ubicadas detrás.

**Tabla 3.1 Áreas de las zonas de la costa identificadas.**

Zonas del perfil playa/duna	Área m <sup>2</sup>
Duna secundaria	26633.21
Duna primaria	16711.52
Playa seca/duna incipiente	26496.42
Zona intermareal y berma	31140.86

### 3.1.2. Perfiles de Playa

Se realizaron cuatro levantamientos topográficos del perfil playa-duna dentro de la zona de estudio, como se observa en la Ilustración 3.2, tomados desde la orilla en bajamar hasta las dunas primarias. Estos perfiles revelaron las características morfométricas del perfil de dunas, como: número de crestas, elevación y longitud de duna.

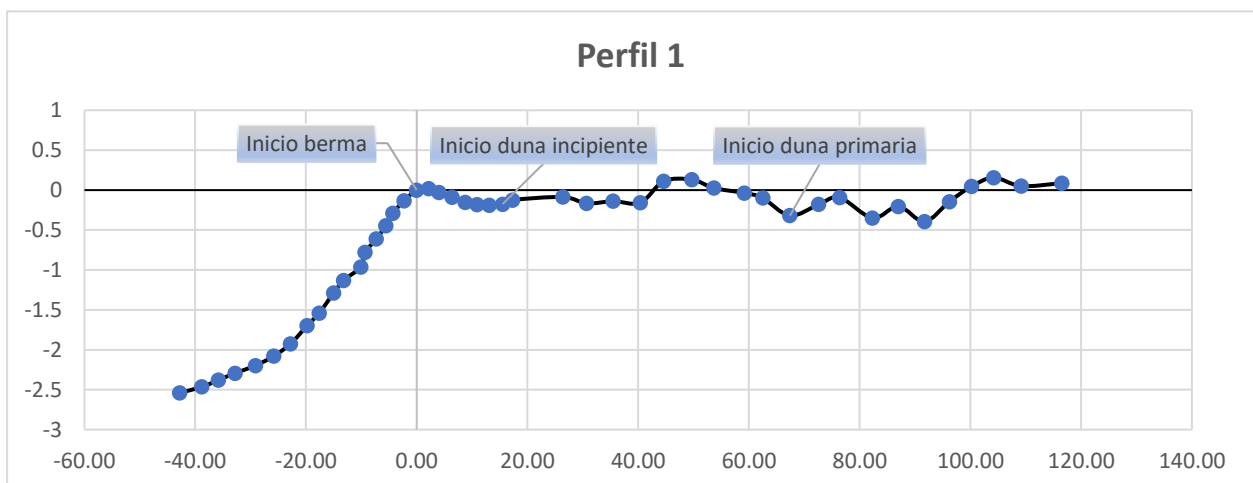
**Ilustración 3.2 Mapa de perfil topográficos tomados en el sitio de estudio, Data de Villamil.**



El perfil 1 y 2 se ubica a la altura del Hotel Boccana, sobre dunas con intervención antropogénica; ha sido eliminada la vegetación de la duna secundaria, nivelada extrayendo sedimentos con maquinaria pesada y hay un camino transversal de entrada a la playa que fragmenta la duna primaria. También existe la presencia de actividad turística sobre ellas por el interés socio-económico del uso del espacio por el hotel. Por el contrario, los perfiles 3 y 4 fueron tomados frente a un zona “virgen” sin interés de desarrollo aparente, sin residencias ni hosterías frente de la playa.

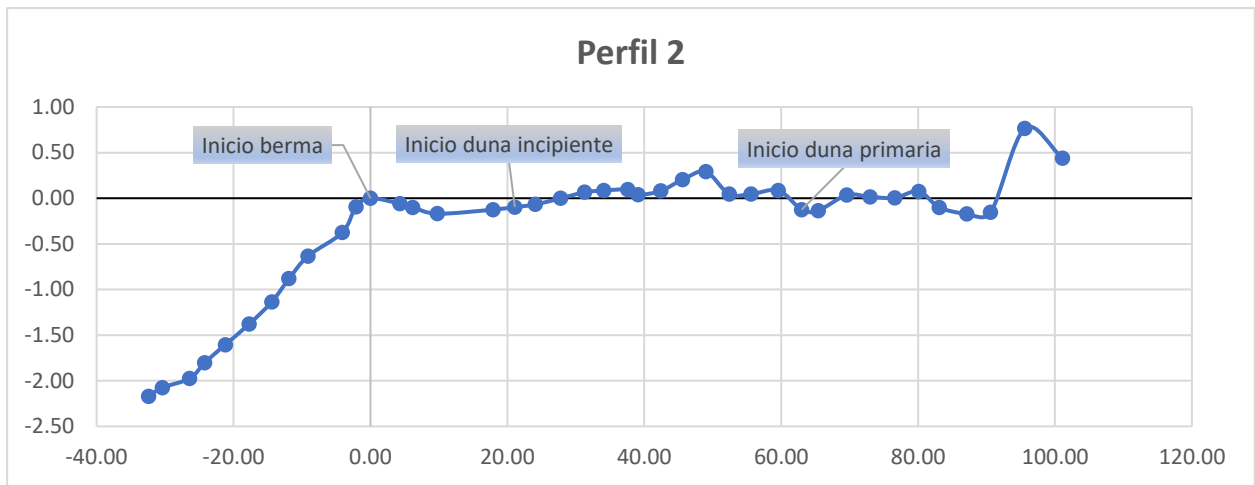
Para el Perfil 1 ( ver Ilustración 3.3) las dunas incipientes se desarrollan en un ancho de 52 metros donde son formadas a partir de plantas y palos dejados en la playa por un oleaje fuerte. La forma de estos montículos no está definida, no tienen crestas ni valles definidos; su máxima elevación alcanza escasos 13 cm desde la cota de berma. Las dunas primarias son construidas a partir de la vegetación estabilizadora con forma de espiga; tienen una altura muy similar a las dunas incipientes, siendo la elevación máxima de su cresta de 16cm; en su forma se indentifica valles y crestas bien definidas, en total son 3 crestas o cordones dunares.

**Ilustración 3.3 Perfil 1 playa y duna de sitio de estudio, Data de Villamil.**



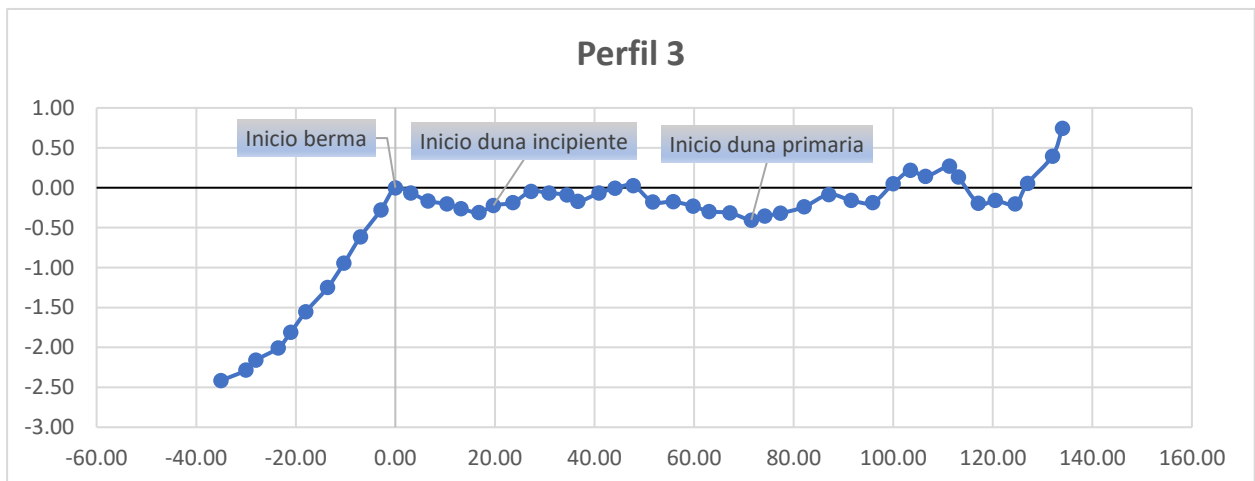
El perfil 2 ( ver Ilustración 3.4) presenta la mayor extensión de playa seca, 21m, una elevación máxima de dunas incipientes de 31 cm. En la zona de dunas primarias se observan dos pequeñas crestas al nivel de la bermas seguidas una cresta mayor, elevación máxima de duna primaria es de 77cm, la mayor entre todos los perfiles.

**Ilustración 3.4 Perfil 2 playa y duna de sitio de estudio, Data de Villamil.**



En el perfil 3, Ilustración 3.5, se observan dunas incipientes a nivel de berma, y en la zona de dunas primarias existen 3 cordones de cresta, el primero de ellos a nivel de la berma, los dos entre los 27 cm de elevación.

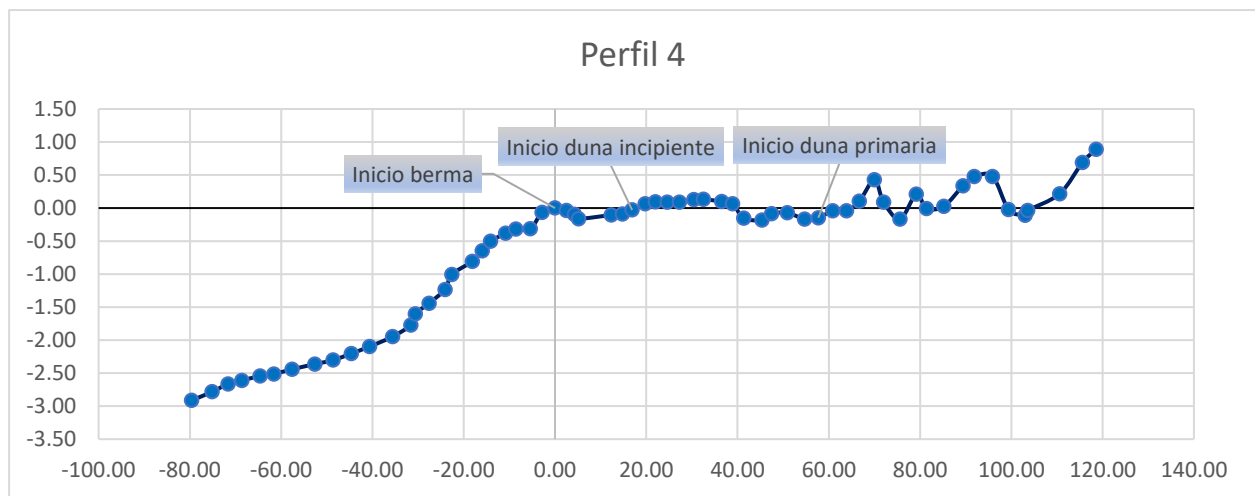
**Ilustración 3.5 Perfil 3 playa y duna de sitio de estudio, Data de Villamil.**



Finalmente, en el perfil 4 (ver Ilustración 3.6) se observa una elevación de dunas incipientes de 13 cm; la zona de dunas primarias presenta 3 cordones de cresta dunar bien definidos con alturas que rondan los 40 cm sobre el nivel de berma.



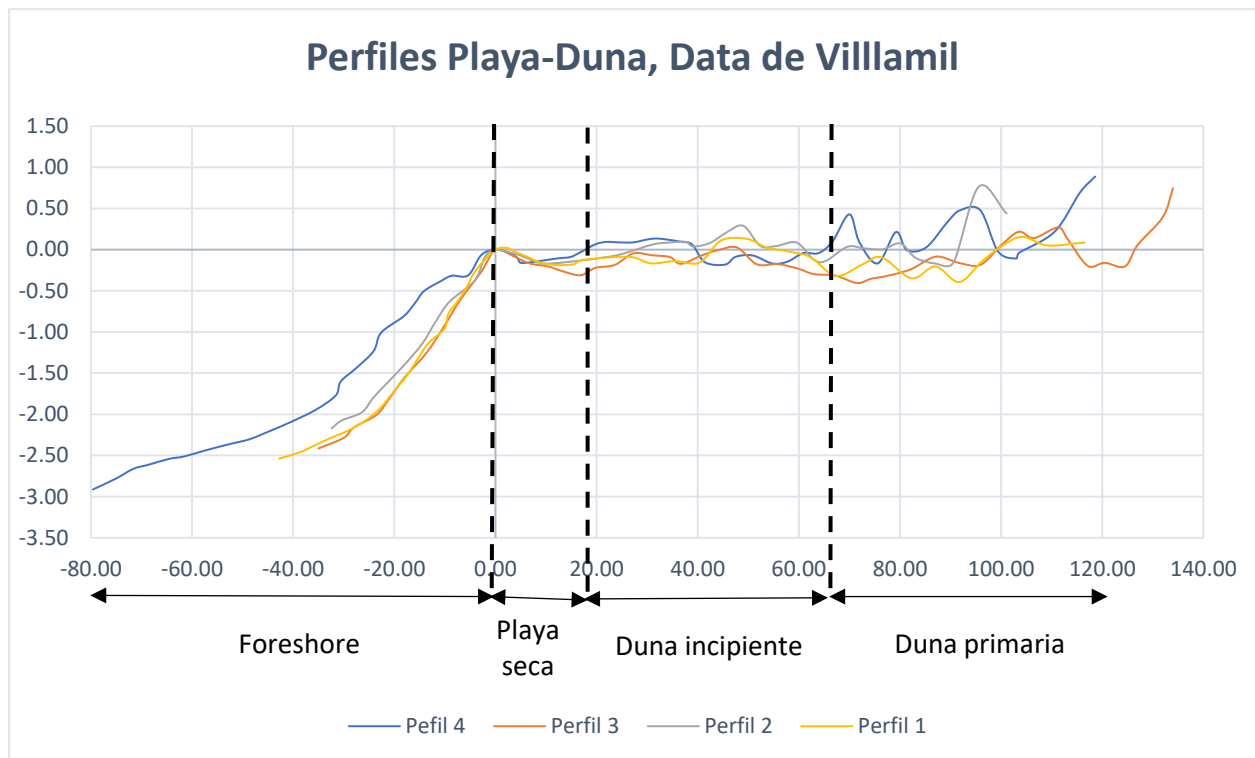
**Ilustración 3.6 Perfil 4 playa y duna de sitio de estudio, Data de Villamil.**



Los perfiles elaborados ( ver Ilustración 3.7) revelaron características morfológicas del perfil de playa y de las dunas como: el numero de crestas, la elevación de la cresta, la forma del perfil, en ancho de la zona . La playa de Data de Villamil se caracteriza por una berma marcada y prominente. Cabe mencionar, que la forma de la berma es estacional; puesto que para esta investigación las mediciones fueron realizadas en época seca y se encontrando una berma más elevada, a diferencia de observaciones de salidas anteriores en la playa de estudio, donde en época húmeda la berma era más tendida y no prominente. El ancho de la playa seca, fetch de acción del viento sobre los sedimentos expuestos, tiene un ancho promedio de 18 metros y una forma cóncava hacia arriba. En la zona de dunas incipientes, se observó depósitos iniciales sedimentarios móviles que se generan a partir de palos y troncos y la vegetación pionera, estos obstáculos son capaces de acumular sedimentos a su alrededor pero no los pueden fijar por lo que están expuestos al movimiento ocasionado por la fricción de las corrientes de aire. Las dunas incipientes tienen forma de montículos inconexos cuya cota de elevación promedio son cercanas a la berma y su elevación máxima es de 31cm, el ancho promedio de esta área es de 46,6 m. La zona de dunas primarias demostró tener 3 crestas distinguibles que se levantan de forma lineal y paralela a la playa como un cordón, estos cordones no son totalmente continuos en el sitio de estudio porque existe fragmentación; sin embargo, se aprecia una relativa constancia de la forma en la parte central en el área “virgen”. El ancho promedio de la zona de dunas primarias es de 55m, la altura promedio de cresta es de 20 cm sobre la cota de berma y la máxima de 77 cm. La zona foreshore, la cara de

la playa se caracterizó por un perfil constante en la mayoría de los perfiles tomados, con una pendiente promedio de 0.07.

**Ilustración 3.7 Perfil playa y duna tomados en Data de Villamil e identificadas las distintas zonas.**



Los resultados revelaron que en Data de Villamil, existen complejos dunares conformados por pequeñas crestas que se desarrollan en el sitio, que más que una sola cresta dunar que se levanta en la parte alta de la playa como un muro de sedimento, esta es la razón principal por la que no fue posible identificar un pie dunas en concreto para la zona, sólo se puede determinar el inicio de las distintas zonas guiadas por las vegetación que las cubre.

No se realizó el levantamiento del perfil morfológico de las dunas secundarias dado que en la zona se presenta vegetación espesa, arbustos con espinas y resultando poco accesible y peligroso para las personas que maniobraban el nivel óptico. Razón por la cual el uso de DEM para esta caracterización resulta mucho más práctico a la hora de analizar perfiles.

### 3.1.3. Vegetación

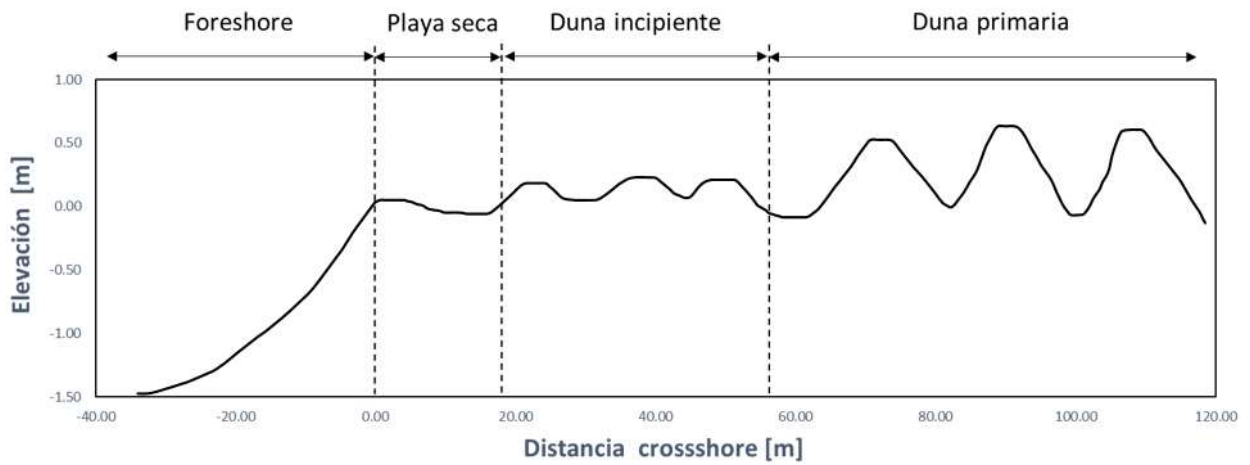
Fueron identificadas las especies vegetales que habitan las dunas de Data de Villamil, sólo las que se encuentran en las dunas primarias e incipiente. Los resultados demostraron que existen en total 5 especies de plantas (ver Ilustración 3.8) que ocupan el espacio de dunas y contribuyen directamente en su desarrollo, porque obstaculizan el transporte de sedimentos por viento y fijan la arena con sus raíces a la duna.






Se encontró que las primeras especies que colonizan la playa son las *Canavalia rosea* y *Ipomoea pes caprae*, sobre las dunas incipientes, especies pioneras que se desarrollan en condiciones costeras muy dinámicas; fueron encontradas de forma abundante junto con pocos individuos de la especie *Sporobolus virginicus*, en las primeras etapas de su crecimiento. En la zona de dunas primarias se encontró abundantes individuos de la especie *Sporobolus virginicus* y *Distichlis spicata*, estas especies son conocidas como constructoras o estabilizadoras de dunas, puesto que la forma de su estructura, la forma de sus hojas tallo y raíces, ayudan en al crecimiento de estos depósitos sedimentarios llamados dunas.

Sobre las dunas primarias, muy cerca del inicio de las secundarias, también se encontraron esporádicos arbustos bajos y espinoso, *Vachellia aroma*, éstos eran pequeños pero evidentemente más desarrollados y complejos que los anteriores mencionados, debiéndose a la sucesión morfoecológicas de la vegetación al encontrarse más cerca del litoral con más disponibilidad de nutrientes y menos variaciones en la salinidad.

No fueron caracterizadas las especies vegetales de las dunas secundarias, debido a las limitaciones de este estudio en cuanto al tiempo y datos iniciales sobre la vegetación del sitio. Además se limitó la caracterización hasta la zona de dunas primaria, puesto que no se pudo realizar el levantamiento topográfico de la zona de dunas secundarias.

**Ilustración 3.8 Caracterización de vegetación sobre dunas incipientes y primarias.**



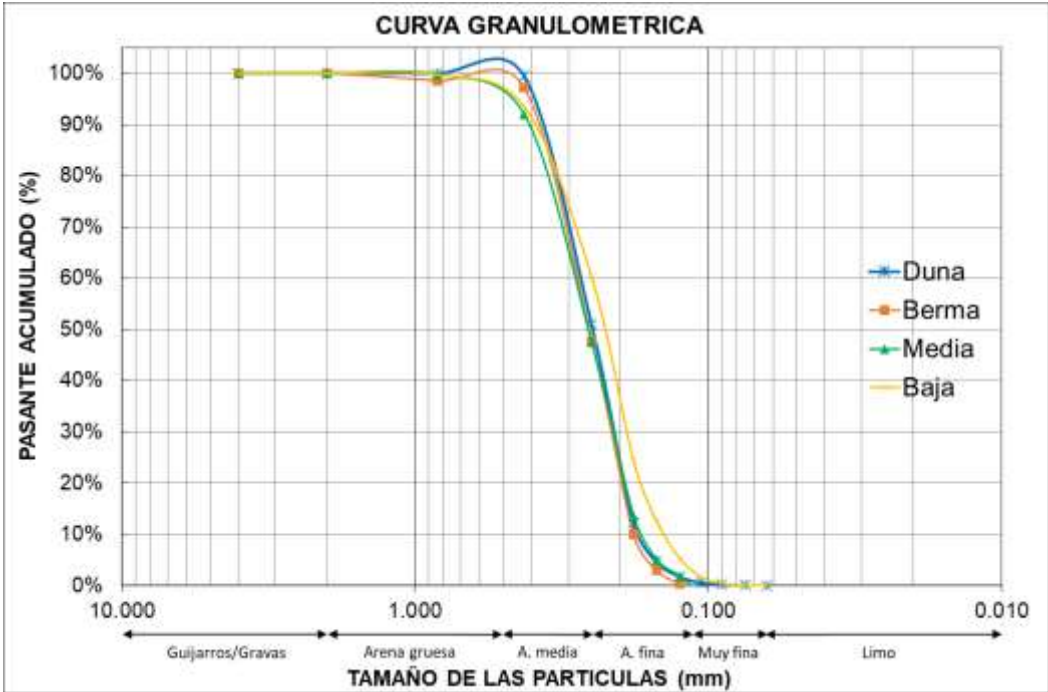
Duna Incipiente	Dunas Primaria
<p data-bbox="411 902 652 936"><i>Canavalia rosea</i></p> 	<p data-bbox="959 902 1267 936"><i>Sporobolus virginicus</i></p> 
<p data-bbox="387 1223 679 1256"><i>Ipomoea pes caprae</i></p> 	<p data-bbox="995 1167 1230 1200"><i>Distichlis spicata</i></p> 
	<p data-bbox="995 1435 1230 1469"><i>Vachellia aroma</i></p> 

### 3.1.4. Sedimentos

Los resultados de las pruebas de laboratorio y procesamiento de las muestras de arena tomados en diversas partes del perfil playa-duna arrojaron curvas granulométricas muy similares (ver Ilustración 3.9), exceptuando una ligera diferencia que presentó el sedimento de marea baja, con un mayor sesgo hacia los finos. Fueron calculados los

diámetros medios (D50) de los sedimentos muestreados, los que se encuentran detallados en la Tabla 3.2. De forma general, el tamaño promedio de las partículas se encuentra dentro de la clasificación de arenas medias con tendencia hacia las finas, ya que los D50 se ubican cerca del límite de esta clase. El mayor D50 fue hallado en la arena de la berma lo que refleja una elevada actividad energética por parte del oleaje que llega hasta ese nivel, mientras que el menor valor se ubica en la marea baja denotando un aporte de material fino desde el mar hasta la cara de la playa *foreshore*. El sedimento proveniente de las dunas tiene un D50 muy similar al de marea media y también poseía un contenido de materia orgánica procedente de la vegetación muerta, observándose ramas hojas secas, astillas de troncos y palos,

**Ilustración 3.9 Curva granulométrica de muestra de sedimentos en marea baja, marea media, berma, inicio de duna primaria.**



**Tabla 3.2 Coordenadas UTM de los puntos de muestreo y diámetro medio de las partículas del sedimento D50 en cada zona del perfil de playa.**

Zona de playa	UTM 17 S ZONE		D50 [mm]
	Coord. X	Coord. Y	
Duna	574427.46	9701494.82	0.345
Berma	574294.24	9701523.81	0.354
Marea Media	574264.96	9701493.65	0.347
Marea Baja	574241.88	9701464.82	0.311

### 3.1.5. Parámetros costeros

Los valores de los parámetros oceanográficos son mostrados en la Tabla 3.3. Las mediciones de características litorales del sitio de estudio revelaron cuales son las condiciones del viento, oleaje y corriente litoral. Se realizaron mediciones en bajamar de sicigia el 13 de julio del 2022, época seca, durante 6 horas desde la mañana y hasta parte de la tarde. La velocidad del viento se encontró relativamente constante sobre los 4m/s con poca variación durante el día, el rango de incidencia del viento fue desde los 195° hasta 280° con dirección predominante del suroeste. Fueron observadas y cuantificadas las alturas de olas de rompiente obteniendo así una altura media de 70.32 cm con periodo de 9.7 segundos, denota una frecuencia elevada, y el ángulo de incidencia viene del noroeste. Los tipos de rompiente que hay en la playa son spilling y plunging con preponderancia de spilling. Por último, la deriva litoral se encontró que tiene una dirección hacia la izquierda de la costa es decir va en dirección sureste y la velocidad promedio de 0.27 m/s, con valores más bajos en la tarde, 0.11 m/s , con respecto a los de la media mañana, 0.62 m/s.

**Tabla 3.3 Parámetros costeros medidos y promediados de la zona de estudio, Data de Villamil.**

<b>VIENTO</b>	<b>Velocidad</b>	4.37 m/s
	<b>Dirección</b>	232.18°
<b>OLEAJE</b>	<b>Altura de rompiente</b>	70.32cm
	<b>Periodo</b>	9.07 s
	<b>Tipo</b>	Spilling y Plugging
	<b>Dirección</b>	316.55°
<b>CORRIENTE LITORAL</b>	<b>Velocidad</b>	0.27 m/s
	<b>Dirección</b>	Izquierda

### 3.2. Clasificación de Dunas

De acuerdo con la metodología propuesta en el capítulo 2, fueron clasificadas las dunas de Data de Villamil conforme los criterios de Hesp, ecológicos y morfológicos. Como resultado, lo que primero que se obtuvo fue el porcentaje de vegetación relativa de cada sección, 50m de longitud de costa, de la duna primaria a partir de la clasificación ráster

del ortomosaico; la Ilustración 3.10 muestra la capa shape de vegetación que cubre las dunas primarias y la Tabla 3.4 detalla los porcentajes relativos de vegetación por cada sección; cabe mencionar que, el algoritmo reconoce la vegetación viva de color verde y un poco seca pero no la vegetación muerta de tonos grisáceos.

La vegetación sobre las antedunas es poco densa y no supera el 25% de cubierta de superficie por cada sección; sin embargo, los resultados denotan pequeños cambios apreciables en el porcentaje de una sección a otra, cada 50 m; como es el caso de la sección 1 a la 2 con donde ocurre una disminución de 7 puntos porcentuales. Por lo tanto, se puede decir que dividir la zona de dunas primarias cada 50 metros es adecuado porque se puede apreciar los cambios en la vegetación a esta escala local como: la desestabilización por caminos de acceso a la playa, las intervenciones que hacen los ribereño en el frente de sus propiedades, etc. Por otra parte, se revela un porcentaje de vegetación menor sobre las dunas primarias del sitio definido con “virgen” presentando más plantas muertas.

**Ilustración 3.10 Cobertura vegetal en duna primaria del sitio de estudio.**



**Tabla 3.4 Cobertura vegetal en duna primaria del sitio de estudio.**

N°	Área sección	Área vegetación	Porcentaje de cobertura vegetal
1	2439.57	527.39	21.62%
2	1915.16	282.29	14.74%
3	2123.36	182.33	8.59%
4	2609.91	173.97	6.67%
5	2400.22	227.77	9.49%
6	1991.60	143.31	7.20%
7	1884.50	232.89	12.36%
8	1347.19	258.83	19.21%

Luego de ser identificada la cobertura vegetal de las secciones de las dunas primarias se procedió a clasificarlas conforme a lo propuesto por Hesp, los resultados se presentan en la Ilustración 3.11. Se observa que la mayoría de las secciones incurren en la tipología 5, lo que quiere decir que las dunas primarias tienen un porcentaje de cobertura vegetal de 0 a 20%. Exceptúa a la regla, la primera sección cuya clase es tipología 4 caracterizada por un manto vegetal de 20 a 45%.

La tipología 4 de la clasificación de Hesp, se distingue por que la cresta dunar presenta, blowouts y cuencas de deflación; los depósitos tienen forma de montículos y poseen depresiones, es decir topografía cónica con domos semi vegetados; sus pendientes tienen concavidad positiva por la erosión y también tiene laderas de barlovento escarpadas. Consecutivamente, el estado 5 representa un grado más de perturbación por agentes dinámicos en el sistema; este estado ocurre cuando gran parte de la cresta dunar ha sido erosionada por olas o viento, quedando fragmentos de crestas remanentes con muy poca vegetación.

Las dunas primarias de Data de Villamil no poseen los procesos y características que el autor describió en cada una de las tipologías, basadas en la cobertura vegetal; por lo tanto, se puede decir que las clases del modelo teórico propuesto por Hesp no describen ni se adaptan a las dunas de Data de Villamil. Aun así, se puede decir que existen



aciertos y desaciertos por parte del modelo teórico en la playa de estudio. Por ejemplo, en la topografía de las dunas del sector de estudio se observan formas de montículos cónicos con poca vegetación, similar a las referidas en las tipologías 4 y 5; pero las laderas escarpadas con pendientes muy pronunciadas debido al proceso erosivo, también descritas en estas tipologías, no son características observables del lugar. Una de las principales razones por las que las tipologías del modelo teórico no se adaptan a Data de Villamil es que las descripciones de los procesos dunares de Hesp fueron realizadas en dunas de latitudes templadas, las cuales tienen alturas de 5 a 30 metros sobre el nivel medio del mar, mucho más grande a las que se tienen en Ecuador, y su forma también difiere por poseer una sola cresta de duna establecida que se levanta como un muro en la costa.

**Ilustración 3.11 Clasificación de acuerdo con Hesp de la duna primaria de Data de Villamil.**



### 3.3. Evaluación de Dunas

Las dunas primarias e incipientes del sector específico de Data de Villamil fueron valoradas por el índice de ReDune; para este propósito, en el camino fueron elaboradas: una guía de descripción, medición y calificación de indicadores y una plantilla modificada de evaluación. Estos productos pueden servir de pauta para futuros investigadores y autoridades costeras que pretendan replicar o refinar el diagnóstico de los sistemas dunares en el Ecuador.

Lo primero que se elaboró fueron; la guía de descripción, medición y calificación de indicadores, (véala en Anexo A) denominada como primer producto. Es una matriz que contiene la descripción detallada de los parámetros y la explicación de sus ponderaciones; además también se encuentran especificadas las metodologías y adaptaciones que se fueron realizadas en este estudio para la evaluación del sitio de análisis; como lo son: el uso de programas de análisis geográfico, uso de bibliografía disponible, entrevista a la comunidad y mediciones in situ, etc. Finalmente, en la matriz también fueron incorporadas las limitaciones y recomendaciones encontradas en el ejercicio de aplicación de parámetros de evaluación en la zona de estudio; como por ejemplo: las imprecisiones en temporalidad al referirse a los visitantes de la playa o las estructuras instaladas sobre las antedunas, la escasa información existente sobre los elementos bióticos y opciones de calificación muy generales.

En segunda instancia, fueron evaluadas las dunas de Data de Villamil donde se calificó cada uno de los indicadores utilizando los métodos decretados en la guía (ver Anexo A). El resultado de la evaluación se expone en la Tabla 3.5, este es el segundo producto y es una plantilla de evaluación con la lista ponderada de indicadores ReDune positivos y negativos a la que se le realizó ligeras modificaciones sobre las opciones de calificación, modificaciones enmarcadas dentro de las aportaciones propias de este estudio para que el diagnóstico sea viable. Aquí también fueron descritas las razones de los valores asignados a cada variable para el cálculo del número ReDune en la aplicación directa sobre la zona de estudio.

Los cálculos revelaron que la playa de Data de Villamil obtuvo 59.82 puntos, lo que de acuerdo con la escala ReDune lo hace un “sitio para la conservación”, es decir que el

sistema dunar no está degradado, existen dunas y se precisa ejecutar acciones encaminadas al mantenimiento y mejoramiento de las condiciones del lugar que intervienen en la salud de las dunas . Analizando, un puntaje aproximando de 60% puede ser considerado regular puesto que, se encuentra cerca del límite de “sitios para la restauración”; por lo tanto, si los factores más relevantes no son atacados y empeoran es posible que en un futuro se requieran acciones para restauración de dunas en la zona.

Las principales circunstancias que afectaron positivamente a Data de Villamil es la poca afluencia de turistas que visitan la playa, existen una amplia zona de playa tendida donde los visitantes no ven necesario ocupar los lugares de dunas con estructuras móviles; también cuenta con una abundancia vegetal tanto en especies constructoras como pioneras. Otro de sus fuertes son las características del ambiente costero físico; la dirección de incidencia del viento, energía de olas y el ancho de fuente de sedimentos propician el desarrollo de las dunas. Por el contrario los factores relevantes que perjudican el estado de las dunas son; la constante degradación de la vegetación por parte de la comunidad ya sea por fines turísticos o sociales, las dunas presentan fragmentación a causa los caminos de acceso a la playa que desestabilizan el sedimento de los depósitos, el sistema dunar se ve realmente amenazado por el pastoreo continuo de chivos y el ingreso de vehículos de pescadores artesanales a la playa para recoger el arte, balsas y pesca.

**Tabla 3.5 Plantilla modificada de evaluación del índice Redune (Lithgow et al., 2015).**

criterio	Sub criterio	Indicador	1	2	3	4	5	Ponderación	Calificación	Calificación Ponderada	Aplicación en la zona de estudio
<b>ELEMENTOS NEGATIVOS</b>											
<b>Nivel de Perturbación</b>	<b>Morfología</b>	<b>Infraestructura temporal</b>	Ninguno	Sillas playeras	Carpas	Carpas con hamacas	Todas	0.3	2	0.6	En temporada alta se ubican sillas playeras cerca de área de dunas incipientes
		<b>Infraestructura permanente</b>	Ninguno	Calles o vías	Hoteles o restaurantes	Puertos	Todas	1.3	1	1.3	No se presentan sobre dunas primarias
		<b>Áreas de deflación debido a la red de caminos (% del sistema dunar cubierto)</b>	Ninguno	Bajo: <5%	Medio: 5-25%	Alto: 26-50%	Muy alto: >50	0.45	3	1.35	Polígono de caminos representan un 9.4%
		<b>Desestabilización por pisoteo y sobrepastoreo</b>	Ninguno	Bajo: <5%	Medio: 5-25%	Alto: 26-50%	Muy alto: >50	1.15	2	2.3	Se identifican huellas en el lugar y las entrevistas corroboran la existencia de pastoreo de cabras
	<b>Vegetación</b>	<b>Pérdida y degradación de la vegetación</b>	Ninguno	Bajo: <5%	Medio: 5-25%	Alto: 26-50%	Muy alto: >50	0.38	4	1.52	polígonos de vegetación degradada mostraron un 30.47%
		<b>Presencia de plantaciones de árboles y especies exóticas (% del sistema dunar cubierto)</b>	Ninguno	Árboles aislados	Medio: 5-25%	Alto: 26-50%	Muy alto: >50	1	1	1	No se presentan sobre dunas primarias

SUBTOTAL										8.07		
Estrés del sistema	Factores endógenos	Presión por visitantes y vehículos sobre duna	Ninguno	Bajo (sendero de pisadas)	Medio (sendero indefinido de vehículo)	Alto (calle o camino de personas)	Muy alto (calles o vías de vehículos)	1.26	3	3.78	Se visualizan senderos y huellas de vehículos de los pescadores.	
		Presión por pisoteo de ganado	Ninguno	Bajo (algunas huellas)	Medio (senderos indefinidos)	Alto (caminos definidos)		0.55	2	1.1	Presencia de pastoreo de cabras diario y fueron observadas huellas en la arena.	
		Extracción de arena	Ausente	Presente					1.6	1	1.6	No se realiza en el sitio
		Descarga de agua a la playa	Ausente	Presente					0.73	1	0.73	No se realiza en el sitio
		Infraestructura permanente en las dunas fijas	Ninguno	1/km	2- 5 /km	>5/km			1	1	1	No se presentan sobre dunas primarias
		Infraestructura permanente en las dunas móviles	Ninguno	1/km	2- 5 /km	>5/km			0.3	3	0.9	No se presentan sobre dunas incipientes
		Infraestructura temporal en las dunas móviles	Ninguno	1/km	2- 5 /km	>5/km			1.44	1	1.44	No se presentan sobre dunas incipientes
	Factores exógenos	Proximidad a sitios turísticos	>10km	10- 5km	<5km				0.5	3	1.5	Playa Varadero se encuentra a 4km
	Dragado de Lagunas	Ausente	Esporádico	Anual				0.8	1	0.8	No presenta el sitio	
	Dinámica de olas y sedimentos que	Ninguno	Rompelolas	Muros de	Groins y jetties	Todos		0.5	1	0.5	No presenta el sitio	

		<b>pueden modificarse</b>		sumergido	protección.						
		<b>Dinámica de sedimentos interrumpida</b>	Ninguno	Ports or harbors				0.46	1	0.46	No presenta el sitio
<b>SUBTOTAL</b>										13.81	
<b>ELEMENTOS POSITIVO</b>											
<b>Facilitadores</b>	<b>Elementos abióticos</b>	<b>Ancho de la playa seca (m)</b>	<5m	5-9m	10-15m	>15m		1.22	4	4.88	Promedio de 18 m desde la berma hasta inicio de duna incipiente
		<b>Transporte de sedimentos hacia la anteduna</b>	Bajo (no hay vegetación enterrada)	Medio (arena en superficie de hojas)	Alto (Vegetación enterrada)			1.39	2	2.78	Hojas de plantas pioneras presenta arena
		<b>Longitud relativa de anteduna (% de duna intacta)</b>	Sin anteduna	<29%	30-49%	50 – 79%	>80%	0.54	4	2.16	75% de anteduna intacta de longitud de duna intacta
		<b>Orientación de la línea de costa a las olas dominantes</b>	Olas surgi ng	Olas collaps ing	Olas plungi ng	Olas spilli ng		0.97	4	3.88	Predominancia de olas spilling
		<b>Tamaño de Grano (mm)</b>	Fino: 0.06-0.2	Medio: 0.2-0.63	Grueso: 0.63-2.0			0.88	2	1.76	Diámetro medio de 0.345 mm
		<b>Fuentes de suministro de</b>	Ausente	Esporádica				2.03	1	2.03	No presenta el sitio

		<b>sedimentos cercanas</b>									
		<b>Dinámica eólica (m/s)</b>	<5m/s	5-10	>10			0.99	1	0.99	Velocidad de viento promedio es 4.37 m/s
		<b>Orientación de la costa en relación con los vientos dominantes</b>	Paralelo	Perpendicular				1.08	2	2.16	Angulo entre la dirección del viento y lo ortogonal de la costa es 14°
	<b>Elementos bióticos</b>	<b>Especies pioneras</b>	Ninguna	Esporádica	Abundante			1.18	3	3.54	Presencia de especie <i>Ipomoea pes caprae</i>
		<b>Especies nativas y constructoras de dunas</b>	Ninguna	Esporádica	Abundante			1.23	3	3.69	Presencia de especie <i>Sporobolus virginicus</i>
		<b>Fuentes de propágulos (Distancia a la fuente más cercana en km)</b>	>100	51-100	20-50	<20		0.66	4	2.64	Desembocadura estero Data 3.5 Km
<b>SUBTOTAL</b>									<b>30.51</b>		
<b>Elementos que son útiles para la priorización</b>	<b>Conservación</b>	<b>Especies endémicas</b>	Ausente	Presente			1.64	1	1.64	No presentan de acuerdo con Plan de Manejo ANRPV	
		<b>Especies de alta prioridad</b>	Ausente	Presente			1.61	1	1.61	No presentan de acuerdo con Plan de Manejo ANRPV	
		<b>Áreas protegidas cercanas que podrían representar fuentes potenciales de</b>	>100	51-100	20-50	<20		0.27	3	0.81	Refugio vida silvestre El morro a 25 km aproximado

		propágulos (km)									
<b>Servicios Ecosistemas</b>	<b>Patrimonio cultural: Distancia a los sitios del patrimonio natural y cultural (km)</b>	>100	51-100	20-50	<20		0.27	2	0.54	Complejo cultural arqueológico Museo Real Alto a 62km	
	<b>Recreación (Distancia de sitios turísticos distintos al sitio de estudio)</b>	>100	51-100	20-50	<20		0.52	4	2.08	Playa Varadero se encuentra a 4km	
	<b>Protección de tormentas y huracanes</b>	Ausente	Presente				1.29	1	1.29	No aplica a la región ecuatoriana	
	<b>Protección: Frecuencia de inundación</b>	Ninguna	Esporádica	Frecuente			0.3	2	0.6	Una vez cada año, el agua llega hasta la línea de vegetación	
	<b>Hedónico: Visitantes/año</b>	Bajo	Medio	Alto			0.7	1	0.7	50 a 60 personas en temporada alta, 5 personas en temporada baja por semana	
	<b>Hedónico: Hoteles/km</b>	Ninguno	1-2	3-5	6-10	>10	0.64	1	0.64	1 hotel cada km en promedio en playa de Data de Villamil	
<b>SUBTOTAL</b>									9.91		
<b>Numero REDUNE</b>									<b>59.82</b>	<b>Sitio para conservar</b>	



# CAPÍTULO 4

## 4. MANEJO INTEGRADO DE DUNAS

### 4.1. Manejo Integrado Costero y Gestión de Dunas

En vista de la importancia de las dunas como elemento protector de la costa y todo el trabajo realizado en este estudio, es importante que se preserven las dunas del sitio de estudio en Data de Villamil. El desarrollo de los sistemas dunares tiene que ver con lo que sucede frente de las dunas hacia el mar; el oleaje, vientos, deriva litoral y de vegetación; y también con lo que sucede detrás de ellas hacia la tierra, procesos y presión social. Este último, teniendo una influencia clave en la salud de estos ecosistemas costeros.

Es necesario que se realice un trabajo conjunto con la sociedad y las instituciones locales y regionales para comenzar con la aplicación de acciones para la conservación de zona de estudio; ya que, los cambios en el uso y gestión de los recursos están atados a los procesos sociales. En este sentido el manejo integrado de las zonas marino-costeras (MIZCM) es una herramienta muy útil para la protección y la conservación de los ecosistemas. MIZCM es un concepto que se refiere al manejo de desarrollo y conservación de los recursos naturales de la costa; que hace partícipe y da poder de decisión a todos los actores relevantes (stakeholders) que utilizan, influyen y se relacionan con el recurso (Saengsupavanich et al., 2009).

EL MIZCM es una herramienta para la gestión de recursos costeros que emplea un enfoque integrado, holístico y un proceso de planificación interactivo con las partes interesadas más relevantes para abordar los temas complejos en la gestión costera. Este tipo de manejo puede servir como modelo para alcanzar los objetivos y metas de desarrollo sustentable porque mantiene la funcionalidad integral del sistema de recurso de la costa, reduciendo los conflictos de su uso, mantiene la salud del medio ambiente y facilita el desarrollo multisectorial (Thia-Eng, 1993).

La importancia principal de esta herramienta de gestión es que busca mejorar la calidad de vida de las personas que habitan las costas y que comparten los recursos, mediante

el mantenimiento de la biodiversidad y la producción natural de los ecosistemas; además promueve el empoderamiento de las comunidades costeras, el cual es un proceso por el que la comunidad potencia las habilidades de toma de decisión sobre sus recursos, fomenta la incorporación consiente de la población para generar un cambio y confiar en su capacidad .

En un programa MIZMC, hay roles importantes que desempeñan los actores involucrados; desde las agencias especializadas tanto a nivel gubernamental nacional y local, la academia, las instituciones de investigación, los propietarios de espacios y recursos costeros, los usuarios y el público en general. El éxito de un programa MIZCM está en la participación de todas las partes y que su ejecución sea el interés del mayor número de personas posibles a largo plazo (Post & Lundin, 1996).

Los esfuerzos direccionados al desarrollo, implementación y operación de los programas MIZMC pueden ser logrados de distintas maneras. (Post & Lundin, 1996) exponen un ejemplo para la formulación de un plan de manejo que consta de 4 etapas principales las cuales se detallan en la Tabla 4.1.

**Tabla 4.1 Etapas de un programa de MIZMC (Post & Lundin, 1996).**

<b>Etapa 1: Iniciar el esfuerzo</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>•Se reconoce la necesidad o el problema para implementar o mejorar el manejo por medio de reuniones con las partes interesadas y agencias gubernamentales. Se aprueba el desarrollo de un programa MIZMC y se crea un equipo que para formular el plan.</li></ul>
<b>Etapa 2: Formulación de un plan MIZMC</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>•Se recopila y reúne la información necesaria sobre las características física, sociales y económicas del lugar. Se prepara un plan con la participación de los relevantes stakeholders. Se analiza y evalúa los problemas de manejo con respecto a las causas, consecuencias y soluciones; se considera los aspectos técnicos, financieros y de factibilidad. Se consideran nuevas medidas de manejo, esquemas de zonificación y programas de regulación. Se desarrolla recomendaciones de políticas y metas que incluyan dentro del programa. Se diseña sistemas de evaluación y monitoreo adecuados. Se establece un calendario y la división de responsabilidad</li></ul>
<b>Etapa 3: Adopción formal por parte del gobierno</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>•Establecer mecanismos de coordinación interinstitucional. Aprobar personal y cambios organizacionales requeridos. Promulgar limites de gestión y zonificación de forma legislativa. Asignación de fondos para e programa MIZMC</li></ul>
<b>Etapa 4: Fase de operación</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>•Se inicia la coordinación interinstitucional supervisando el proceso y los programas del MIZMC. Se inician los sistemas de monitoreo y evaluación.</li></ul>

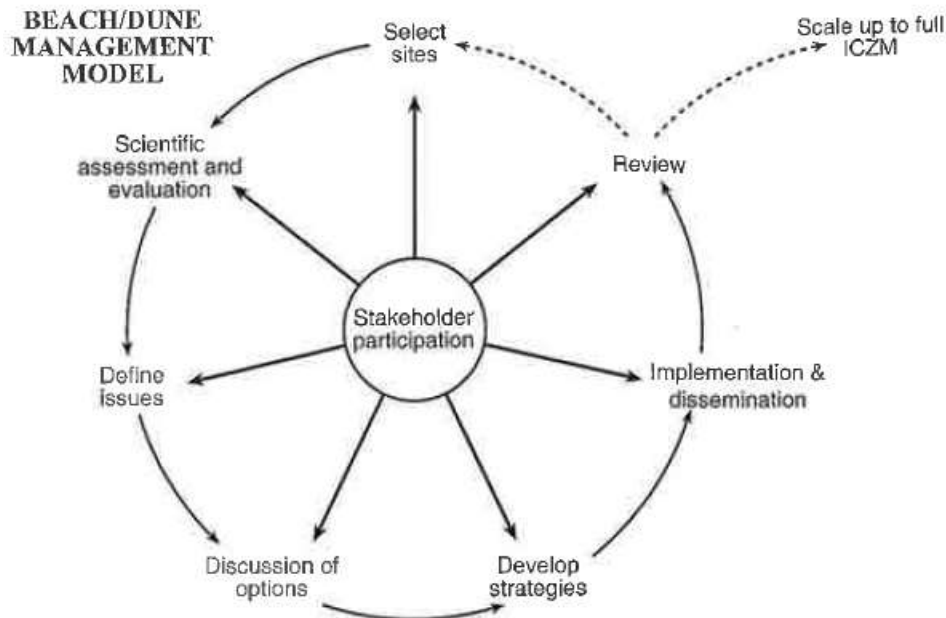
Existen 8 principios que rigen a los programas de MIZMC y estos son utilizados comúnmente como una herramienta para la implementación del manejo, a continuación se los enlista:

1. Enfoque holístico
2. Enfoque participativo
3. Considera los procesos naturales
4. Enfoque local específico
5. Apoya la visión a largo plazo
6. Involucra a las partes interesadas más relevantes
7. Combinación de instrumentos políticos y técnicos
8. Enfoque adaptativo (Reis et al., 2014)

En lo que respecta a manejo de sistemas dunares, pocas son las gestiones donde se haga uso de una planificación integrada como herramienta, preponderando la gestión con aplicación directa de soluciones estratégicas, soluciones de ingeniería suave o de soluciones basadas en la naturaleza (de Jong et al., 2014; Garcia-Lozano et al., 2022; Lemauviel et al., 2003; Muñoz-Vallés & Cambrollé, 2014).

Estudios sobre gestión de dunas argumentan la eficacia del manejo integrado de las zonas costeras; siendo este mucho más sustentable si se incorporan de primera instancia a pequeñas escalas, planes piloto (Power et al., 2000). Es decir, propuestas a nivel local diseñadas para obtener beneficios demostrables a corto plazo pueden ser más aceptables a recibir apoyo por los stakeholders. Enfocarse en problemas locales, soluciones prácticas y un número reducidos de interesados; buscando llegar al consenso entre las partes implicadas sobre los problemas y estrategias cubiertos por el plan de manejo. La Ilustración 4.1 resume el modelo de estructura de proyectos de manejo playa-duna a escala local .

**Ilustración 4.1 Estructura de modelo de proyecto de manejo playa-duna a pequeña escala (Post & Lundin, 1996).**



Bajo este contexto, es necesario involucrar a las partes interesadas en el diseño de proyectos de manejo y la coproducción del conocimiento. Se generan beneficios cuando existen comunicación de arriba (estado) hacia abajo (comunidad) y viceversa. Una comunicación sólida y la educación de los stakeholders permite una comprensión precisa del problema y la toma de decisiones balanceadas entre las limitaciones, oportunidades y necesidades de las partes interesadas (Elko et al., 2016).

En la gestión de dunas, las medidas o técnicas de acción que se aplican sobre las geoformas juegan un papel importante para la conservación. Las medidas de gestión blandas; como: ayudar al sistema dunar a recuperarse naturalmente, fomentar la captación de arena, así como el establecimiento de las dunas primarias y embrionarias en la playa seca; pueden disminuir el grado de vulnerabilidad de las dunas. También han demostrado ser medidas de gestión eficaces: limitar daños por pisoteos con las infracciones de uso y acceso mejores diseñados, recuperar la vegetación plantando especies constructoras de dunas, adecuado diseño de los accesos y vallados (Muñoz-Vallés & Cambrollé, 2014)

## **4.2. Plan de Manejo Integrado de Dunas**

En vista de la necesidad de preservar las dunas y aprovechando el conocimiento técnico generado en el presente estudio, se plantea una hoja de ruta con las acciones que se deben realizar para realizar un plan de manejo integrado sobre las dunas de Data de Villamil, observe Ilustración 4.2. Para formular las actividades se tomaron como referencia guías de MIZMC (Ministerio del ambiente PERÚ, 2021; Thia-Eng, 1993) . Estas acciones proponen un camino a seguir, en forma de lista de actividades, para desarrollar un manejo integrado de los ecosistemas de dunas a escala local hasta las primeras etapas; es decir, hasta la formulación del plan de manejo integrado.

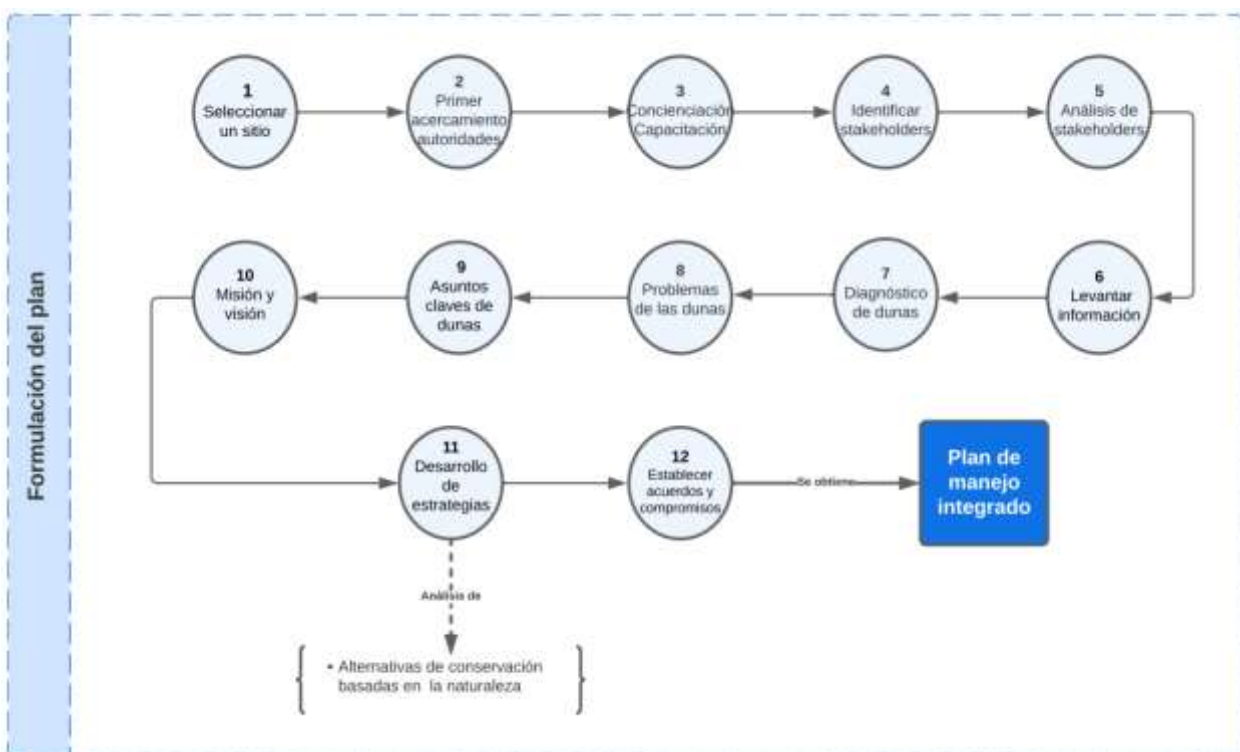
Se propone y plantean la acciones de la lista para que lleven a cabo un manejo a escala local, una área reducida de entre 1 y 3 km. De acuerdo con las aseveraciones de (Power et al., 2000) el manejo de recursos costeros es más sustentable si se incorporan en primera instancia a pequeñas escalas; con esto se busca tratar con los problemas locales, emitir medidas prácticas, trabajar con reducido número de stakeholders para que exista una fuerte comunicación y consenso sobre los problemas y estrategias tratados en el plan de manejo.

El plan de manejo debe ser la herramienta principal de gestión y administración del espacio de dunas en Data de Villamil; este recopila: la información de línea base del sitio, la zonificación del área dunar, la identificación de problemas y asuntos claves que inciden en la degradación de las dunas, las estrategias de manejo, técnica y alternativas con ingeniería basada en la naturaleza; misión visión y objetivos para el manejo que se quiere realizar; los indicadores de seguimiento, sistema de monitoreo y evaluación del proyecto; finalmente una planificación de las estrategias y actividades que se quieren desarrollar dentro de un marco de tiempo.

La ruta de actividades propuesta, Ilustración 4.2, responde a todas las acciones necesarias a llevar a cabo la realización de un plan de manejo. Las acciones comienzan por la elección de un sitio de manejo local, para el presente caso es el área de estudio en Data de Villamil; pasando por la elaboración de una línea base, donde se hace uso de los hallazgos de este estudio; hasta la elaboración de estrategias de gestión para conservar las dunas, mencionando alguna de ellas.

Todo el proceso de formulación del plan se lo hace con la participación de las partes involucradas los cuales forman parte del gran grupo de trabajo que toma las decisiones; por lo que, la concienciación es una de las más actividades mas importantes de la lista y la que determina el correcto desarrollo de las actividades siguientes. El éxito se obtiene cuando los actores involucrados reconozcan que existe la necesidad de proteger las dunas de Data de Villamil y adquieran la voluntad para generar un cambio. En un principio es posible que las autoridades y la comunidad desconozcan la existencia de dunas costeras y los beneficios de los servicios ecosistémicos que estas ofrecen; por lo tanto, se debe trabajar en la sensibilización de los stakeholders para que estén dispuestos y convencidos en participar del desarrollo de plan de manejo integrado.

**Ilustración 4.2 Hoja de ruta para la obtención de plan de manejo integrado de las dunas de Data de Villamil.**



1. Selección de sitio.

Se seleccionan localidades de la costa ecuatoriana para comenzar con la gestión, donde el sistema dunar ocupe entre uno y tres kilómetros. La elección intencional de una escala relativamente pequeña es para percibir problemas que impactan a las dunas costeras del lugar y obtener resultados tangibles en un marco de tiempo corto (inicialmente 3 años). El área de estudio de Data de Villamil es el sitio que

propone el presente trabajo, una playa cuya dinámica costera propicia la formación de dunas y existen cordones dunares

2. *Primer acercamiento con las autoridades.*

El primer acercamiento con las autoridades encargadas debe existir como una acción que cataliza, motiva y estimula a las autoridades competentes en temas de costas y recursos a iniciar con el manejo integrado. Para nuestro caso en concreto, se tiene que comunicar al municipio, prefectura y ministerios; la iniciativa por parte de ESPOLE en la realización del plan de manejo e instar a que sus delegados asistan a una primera reunión.

3. *Concienciación y capacitación.*

Se necesita crear conciencia y entendimiento en las comunidades costeras sobre la importancia de los ecosistemas dunares del litoral. Las autoridades y comunidades desconocen los servicios ecosistémicos que brindan las dunas y las percepciones que tienen muchas veces es de desagrado. Se deben realizar constantes charlas de concienciación al mayor número de involucrados posibles y capacitarlos en materia de manejo integrado por medio de talleres. La finalidad de esta acción es que se reconozca la necesidad de preservar, cuidar y restaurar las dunas del sitio. Esta sensibilización y capacitación se la realiza desde la primera convocatoria.

4. *Identificación de stakeholders*

Junto con el grupo de interesado identificados en primera instancia se realiza el ejercicio de reconocer cuáles son los demás actores que operan u ocupan la zona de dunas, parte de los stakeholders. Como, instituciones públicas (GAD Municipal Playas, MATEE, MINTUR, MTOP, Prefectura de Santa Elena) instituciones privadas, grupo de personas civiles (Ribereños, pescadores, turistas, pastores) academia (Espol).

5. *Análisis de stakeholders*

Se realiza un análisis de las partes involucradas para obtener cuál de ellas son los grupos más relevantes. Se utilizan herramientas como matriz de mapeo de actores donde se identifican cuáles son los objetivos del involucrado, su nivel de interés e influencia y las acciones que este realiza. También se elabora una matriz 2x2 de interés versus poder para clasificar a los interesados en distintos grupos.

#### 6. *Levantar información.*

Se necesita recopilar la información necesaria para la caracterización de las dunas del lugar desde aspectos físicos, sociales y económicos. Para esta acción se utilizaría la metodología de caracterización y clasificación dunar aplicada en la primera parte de este estudio. Obteniendo así una zonificación del área de las dunas, características morfológicas del sistema dunar, factores marino y eólicos que inciden en la formación dunar y la caracterización de las vegetación y porcentaje de cobertura verde.

#### 7. *Diagnóstico de dunas*

La evaluación de la duna primaria fue realizada con el Índice ReDune, método aplicado en el presente trabajo. El diagnóstico por medio del índice permite conocer el estado actual de la duna del sitio escogido y hacia donde deben ir dirigidas las acciones de manejo en ese sistema: para conservación, restauración o rehabilitación.

#### 8. *Identificar problemas de las dunas*

Junto con los stakeholders se deben identificar los problemas que inciden en la degradación de las dunas del sitio. El diagnóstico de dunas da una idea primaria de los problemas; analizando el resultado del índice obtenido en cada criterio de evaluación que conforman ReDune, como factores de estrés y perturbación del sistema, factores facilitadores de restauración y prioridad de intereses en el sitio de estudio.

#### 9. *Determinar los asuntos claves.*



Luego de haber identificado los problemas es momento de determinar los asuntos claves a tratar, aquellos grupos de problemas principales de los cuales derivan otros más.

#### *10. Determinar una misión y visión*

Determinar misión y visión del plan de manejo como parte de una planificación estratégica. Se concreta a donde se quiere llegar, los cambios que se desean obtener en el sistema dunar a futuro, los impactos, resultados y productos que se obtienen a raíz de la implementación de gestión. Es importante tomar en cuenta los aspectos ambientales, sociales, económicos, políticos y demás.

#### *11. Desarrollo de estrategias*

Se desarrollan estrategias de gestión que ataquen los asuntos claves determinados. Las estrategias deben ir acorde con los objetivos establecidos de la gestión; deben constar de: las acciones por cada estrategia, las responsables a cargo de la acción, los indicadores que midan los cambios, el tiempo y recursos que requiere la estrategia. Para las dunas de Data de Villamil se deben proponer estrategias de manejo orientadas a la conservación; en este sentido, las alternativas de conservación basadas en la naturaleza son una buena opción; ya que, utilizan la dinámica natural de la costa y su aplicación no tiene mayor impacto en el medio a diferencia de soluciones *hard engineering*.

#### *12. Establecer acuerdos y compromisos.*

Se establecen compromisos y acuerdos formales entre instituciones una vez conociendo cuales son las estrategias y a los implicados en cada acción.

### **4.3. Alternativas de conservación basadas en la naturaleza**

Habiendo establecido ya cual es el camino para seguir para la formulación de un plan de manejo integrado de dunas en esta sección se describen algunas alternativas basadas en la naturaleza y de ingeniería suave para la conservación de dunas de Data de Villamil. Dado que el sitio de estudio necesita ser conservado, fueron planteadas soluciones acordes a dicha necesidad. Cabe mencionar que cualquiera de ellos puede ser utilizados con un previo análisis; para una gestión más eficaz se recomienda el monitoreo continuo de las alternativas instaladas.

#### 4.3.1. Captores de arena

La función principal de los captosres de arena es reducir la velocidad el viento, esta ocasiona que los sedimentos transportados en el flujo de aire se depositen en las proximidades del captor. Se utiliza esta técnica a menor escala, donde existe alguna brecha del cordón dunar o a mayor escala cuando no es factible importar materiales desde otro lugar; sin embargo los más usado es aplicarla en lugares rodeados de dunas y vegetación funcionales. Una de las principales desventajas de esta técnica es la incertidumbre del tiempo que tomarán para obtener el perfil deseado de dunas, por lo que, se recomienda en programas de manejo de larga duración (Kidd & New South Wales. Department of Land and Water Conservation., 2001).

Son obstáculos verticales de permeabilidad y altura variables que cortan el flujo del viento; generalmente son ligeros y están formados de palizadas vegetales o rejillas de plástico aunque principalmente se usan materiales naturales biodegradables como caña, ramas y fibras de coco (Akson, 2012).

**Ilustración 4.3 Captadores de arena (Vega de Seoane et al., 2007).**



#### 4.3.2. Plantación

Métodos como el cultivo de plantas sobre las dunas es comúnmente usado para la restauración, especialmente con especies características de estos ecosistemas que son las encargadas de fijar el sedimento. Este tipo de técnica se aplica regularmente en dunas medianamente intervenidas o sitios en restauración; sin exceso de turistas. La especie más usada comúnmente es el pasto de playa debido a su tolerancia al viento marino, resistencia el enterramiento, tolera gradientes de salinidad moderados, es una solución sustentable y costo no tan elevado (Akson, 2012).

En la costa europea se utilizan principalmente dos especies; *Ammophila arenaria* y *Elymus farctus*, son las más usadas en plantaciones sobre dunas embrionarias y primarias. Primero se las cultiva en viveros y luego se las ubica en las zonas de dunas; una vez estabilizado el sistema dunar las especies colonizan el resto del área por sí mismas (Vega de Seoane et al., 2007). Por su parte, en Ecuador se utilizarían las especies encontradas en la caracterización de la vegetación dunar de Data de Villamil: la *sporobolus virginicus* y *distichlis spicata*, plantas constructoras que se ubican en las dunas primarias.

**Ilustración 4.4 Plantaciones de especies dunares (Cornwall Council, 2016).**



### **4.3.3. Sistemas de protección**

#### **4.3.3.1. Cerramientos**

Los cerramientos son cercados o vallados de protección que se utilizan para preservar la zona de dunas y su vegetación del tránsito de peatones y vehículos. El tipo de cerca que se utilice depende de distintos factores, entre los más comunes están: aceptabilidad pública, especificaciones de mantenimiento, ubicación de la cerca, área proteger, usos de la playa, el financiamiento disponible. Es importante que cualquiera que fuera el tipo de cerca a ubicar debe tener la aceptación de los usuarios y ser suficientemente visibles (Kidd & New South Wales. Department of Land and Water Conservation., 2001b).

Los cercados generalmente se colocan en dos hileras, la principal en el margen del campo de dunas frente al mar, y las segunda en la parte posterior del campo tierra adentro; de esta manera se controla el acceso del usuario a la playa a través del campo de dunas. El cercamiento del lado del mar tiene que estar apenas inicie la vegetación

pionera y lo suficientemente alto para que la acción del oleaje no los destruya; por otro lado, la ubicación de las cercas traseras dependerá de la urbanización, se recomienda siempre detrás de la vegetación (Kidd & New South Wales. Department of Land and Water Conservation., 2001b).

**Ilustración 4.5 Cerramiento de zonas dunares (Vega de Seoane et al., 2007).**



**4.3.3.2. Pasarelas de acceso**

Las pasarelas de acceso a la playa son instaladas para evitar el pisoteo de la vegetación de las dunas por parte de los usuarios, evitando que existan caminos transversales en los cordones dunares que propician la fragmentación y deflación de la duna dada la naturaleza inestabilidad del sustrato en las geoformas. Por lo tanto, los sistemas de acceso a la playa con pasarelas de madera es la técnica más aconsejable para evitar la degradación de dunas costeras. Las pasarelas consisten en caminos de madera elevado del suelo mediante pilotes que conectan a la playa, esta elevación permite el desarrollo de la vegetación y de los procesos de transporte eólico sobre las dunas (Vega de Seoane et al., 2007).

**Ilustración 4.6 Pasarelas de madera elevadas, fuente: (Incofusta, s.f.)**



#### **4.3.3.3. *Sensibilización pública***

La educación del público usuario sobre la importancia de la gestión de dunas anima a respetar las técnicas de preservación de dunas implementadas. Se deben colocar carteles y posters informativos en lugares claves donde la mayor cantidad de usuarios los puedan ver; como puntos acceso a la playa. Los carteles deben ser llamativos y contener información sobre; la importancia de las dunas en la costa; la presión del oleaje, viento y actividad antropogénica; las técnicas de gestión utilizadas en el lugar y cómo ayudan en la conservación; como contribuyen los usuarios a mejorar el sistema dunar. También es necesario colocar señaléticas claras y visibles que indiquen los puntos de acceso, letreros estratégicos dentro de las dunas y folletos educativos. (Cornwall Council, 2016)

La participación comunitaria es importante, podrían conformarse grupos comunitarios o la designación de un “guardián de dunas” que patrulle la zona, supervise las medidas de gestión, converse con el público brindándole información sobre las técnicas aplicadas para la preservación de dunas.

#### Ilustración 4.7 Carteles informativos de dunas y técnicas de gestión



#### 4.4. Análisis de costos

Se elaboró un presupuesto (Tabla 4.2) para la preparación de planes de manejo integrado de dunas por cada kilómetro de playa, de esta manera el proyecto es adaptable a cualquier otra playa en otro municipio tomando en cuenta únicamente la longitud de la costa. El costo total del proyecto es de \$41,370.00 desarrollándose en un periodo de año y medio, el cual abarca dos etapas: monitoreo (caracterización, clasificación y evaluación de dunas) y la formulación del plan de manejo integrado de dunas. Cabe mencionar que este presupuesto está sujeto a cambios en cualquier etapa, si se quiere reducir el periodo de monitoreo o de formulación; y los precios son referenciales para la playa de Data de Villamil; por lo que, pueden aumentar si la playa tiene mayor longitud o disminuir si se encuentra más cerca de Guayaquil por las movilizaciones de personal y equipo.

El monitoreo se planificó realizarlo durante los primeros 2 semestres, consta de cuatro salidas de campo; dos en época seca y dos en época húmeda. La salida de campo se realiza en durante dos días, donde se llevan a cabo: mediciones, fotografías con dron, observaciones, encuestas y demás. Se necesitan 6 personas por cada salida para tener una estación de observación de olas y viento y dos estaciones de levantamiento de

perfiles, además hay que considerar el personal que hace el sobrevuelo de dron. Luego de la salida de campo, se contrata servicios de procesamiento de datos donde los productos que se obtienen son: DEM de la playa, modelo de propagación de oleaje de la zona, análisis de sedimentos y el análisis de la vegetación del área de estudio; el periodo estimado en que se reciben estos productos es de 1 a 2 meses según sea el caso.

La formulación del plan de manejo consta de la realización de 9 talleres con las partes interesadas donde se motiva, capacita, y se toma decisiones sobre el área que se quiere manejar, los tópicos de los talleres son: identificación de stakeholders, concienciaciones, análisis de stakeholders, problemas y asuntos claves de dunas, misión y visión, desarrollo de estrategias. Estos talleres se los realizan de forma presencial en un lugar adecuado, con equipos tecnológicos como, computadores y proyectores, y material didáctico.

El rubro de personal de trabajo denominados manejadores son los que catalizan y organizan el encuentro entre las partes implicadas, planifican las salidas de campos y los productos que se llevan a cabo. Los manejadores son el director del proyecto que trabaja durante todo el periodo por un costo de \$20 la hora por 10 horas a la semana; y un oceanógrafo que trabajará durante la etapa de formulación del plan por un costo de \$12 la hora 25 horas a la semana durante los últimos 6 meses.

**Tabla 4.2 Presupuesto de proyecto de elaboración de plan de manejo integrado de dunas.**

		SEMESTRE 1	SEMESTRE 2	SEMESTRE 3	Total/Rubro
<b>A. Monitoreo y levantamiento de información.</b>		<b>\$8,040.00</b>	<b>\$8,040.00</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$16,080.00</b>
Salidas de Campo	Gastos de personal, viáticos, préstamo de equipos y transporte, \$900 por salida	\$1,800.00	\$1,800.00	\$0.00	
Análisis de imágenes	Trabajo de personal \$1200 por meses . Elaborar Ortomosaico, DEM	\$2,400.00	\$2,400.00	\$0.00	
Propagación de Oleaje	Trabajo de personal \$1500, licencias y datos de acceso libre.	\$3,000.00	\$3,000.00	\$0.00	
Análisis de sedimentos	Análisis de una muestra por estación \$30. Son 3 muestras 2 estaciones	\$360.00	\$360.00	\$0.00	
Caracterización vegetal	Especialista biólogo para caracterizar y evaluar	<b>\$480.00</b>	\$480.00	\$0.00	

<b>B. Formulación de plan de manejo</b>		<b>\$0.00</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$1,890.00</b>	<b>\$1,890.00</b>
Talleres stakeholders	Gastos para insumos, local, refrigerios, etc. \$200 por taller	\$0.00	\$0.00	\$1,890.00	
<b>C. Costos de personal</b>		<b>\$4,800.00</b>	<b>\$4,800.00</b>	<b>\$12,000.00</b>	<b>\$21,600.00</b>
Manejadores	1 director de proyecto (\$20 por hora) y 1 oceanógrafo (\$12 por hora) durante 6 meses	\$4,800.00	\$4,800.00	\$12,000.00	
<b>D. Otros</b>		<b>\$600.00</b>	<b>\$600.00</b>	<b>\$600.00</b>	<b>\$1,800.00</b>
Gastos adicionales	(materiales, transporte, etc.)	\$600.00	\$600.00	\$600.00	
<b>TOTAL</b>		<b>\$18,840.00</b>	<b>\$18,840.00</b>	<b>\$28,980.00</b>	<b>\$41,370.00</b>



# CAPÍTULO 5

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

Con la finalidad de establecer conocimientos básicos sobre su estado actual y contribuir al manejo integrado de las dunas en la zona, se evaluó la aplicación de métodos de caracterización, clasificación y diagnóstico de dunas costeras en Data de Villamil. Después de aplicar metodologías y observar lo resultados se concluye que:

- Fueron contrastados distintos trabajos de investigación de autores previos en tema de dunas; conceptos y métodos para la caracterización, clasificación y evaluación. Por ejemplo; la caracterización de dunas en la literatura revisada consta de múltiples parámetros, siendo los aspectos más esenciales: la descripción de la forma y la estructura de la duna con respecto al perfil; mientras que otros más complejos, toman en cuenta los mecanismos que inciden en su dinámica como: ambiente marino y eólico, vegetación, acción antrópica, etc. Por su parte; en la clasificación de dunas costeras también se pueden encontrar clasificaciones básicas como las basadas en sus características geológicas o morfología; y las más específicas que utilizan criterios de balance sedimentario y disponibilidad de arena, aspectos ecológicos y de actividad antrópica. Así mismo; la evaluación ha sido tema de numerosos estudios, donde se evalúan principalmente, por medio de índices de vulnerabilidad, la pérdida de funcionalidad de las dunas en las costas alrededor del mundo. Luego del análisis, se determinó que en la zona de estudio aplicaban los siguientes métodos en base a los recursos disponible: caracterización de variables morfométricas, clima de olas y vientos, tamaño de sedimento, de vegetación; la clasificación de Hesp y la evaluación del estado de dunas con el índice ReDune.

- Fueron generados conocimientos básicos por medio de las metodologías aplicadas en el sitio de estudio. En Data de Villamil fueron identificadas zonas de dunas secundarias, primarias, incipientes y playa seca. Existen complejos dunares conformados por pequeñas crestas; las dunas incipientes tienen forma de montículos inconexos con elevación promedio similar a la berma la elevación máxima de 31 cm; las dunas primarias tienen 3 crestas distinguibles que se elevaban de forma lineal paralelas a la playa, no son continuas y la altura máxima es de 77 cm.
- Existen en total 5 especies de plantas sobre las dunas; se encontró *Canavalia rosea* y *Ipomoea pes caprae* en playa seca y dunas incipientes; *Sporobolus virginicus* y *Distichlis spicata* en la zona de dunas primarias y muy cerca del inicio de las dunas secundarias *Vachellia aroma*.
- Las muestras de arena tomadas en diversas partes del perfil playa-duna (duna, berma, media, baja) arrojan curvas muy similares. De forma general, el tamaño promedio del sedimento de la playa Data de Villamil encuentran dentro de la clasificación de arenas medias con tendencia a las finas. Específicamente, el D50 del material sedimentario de las dunas primarias son de 0.345mm.
- La velocidad del viento es relativamente constante de 4m/s y el rango de incidencia del viento es (195° - 280°) con dirección predominante del suroeste. La altura de rompiente promedio es de 0.7 m, el tipo de olas son spilling y plunging, el periodo de 9.07 segundos y la dirección 316.55°.
- Los métodos aplicados de caracterización de dunas costeras en Data de Villamil midieron parámetros de forma cuantitativa y cualitativa referentes a: zonificación de dunas en la costa; características morfométricas como, número y elevación de crestas; ambiente costero en que se desarrolla, olas y vientos; tamaño del sedimento del perfil de la costa; y tipos de especies vegetales que cuben su superficie, pioneras y estabilizadoras. Para

caracterizar la playa se utilizaron técnicas de interpretación de fotografías aéreas con el programa QGIS, se realizaron levantamientos de perfil topográfico y observación de olas.

- Las dunas fueron clasificadas a partir de sus características eco-morfológicas con la clasificación de Hesp 1988. Fue calculado el porcentaje relativo de la vegetación con respecto a secciones de 50 m de ancho de la duna primaria y luego fueron identificadas las tipologías a las que pertenecen, obteniendo como resultado que la duna es de tipología 5 (cobertura vegetal de 0 a 20% ) y 4 (cobertura vegetal de 20 a 45% ). Se encontró que las dunas de Data de Villamil no se acoplan los procesos y características descritos por Hesp; una de las razones principales es que en latitudes templadas las dunas tienen alturas de 5 a 30 metros sobre el nivel medio del mar y son mucho más grandes que las que se tienen en Ecuador; además difiere en la forma por no poseer una sola cresta. Sin embargo el método de obtención de la cobertura vegetal resulta ser útil para la caracterización de la vegetación.
- El número ReDune de Data de Villamil es 59.82, lo cual indica que esta playa es un sitio para conservar; es decir que, las dunas no están degradadas y las acciones que se tienen que tomar en ese sistema tienen que ser dirigidas a su conservación.
- Se obtuvieron los productos: guía de descripción, medición y calificación de indicadores; y una plantilla modificada de evaluación. Con el propósito de que puedan servir de pauta para futuros investigadores y autoridades costeras que pretendan replicar o refinar el diagnóstico de los sistemas dunares en el Ecuador y en el manejo integrado.
- Fueron identificadas y enlistadas las acciones a ejecutar para la generación de un plan de manejo dunar en el cantón Playas. Se elaboró una lista de 12 acciones para llevar a cabo un manejo a escala local, entre 1 y 3 km.

Las acciones empiezan por la elección de un sitio de manejo local; luego, la elaboración de una línea base, donde se hace uso de los hallazgos de este estudio en caracterización clasificación y evaluación; finalmente, la elaboración plan integrado de manejo para conservar las dunas, mencionando alternativas de estrategias para la conservación.

- El presente trabajo inicia con la investigación de los sistemas dunares con el propósito de atender el vacío de conocimiento que se tenía sobre estos ecosistemas en el cantón Playas; sentando un precedente en la investigación de dunas costeras en el país. También, presenta una estructura de levantamiento de información sobre dunas (caracterización, clasificación y evaluación) y elaboración de planes de manejo integrado replicables en cualquier sistema de dunas de la costa ecuatoriana.

## **5.2. Recomendaciones**

### **Sugerencias para mejorar el levantamiento de datos (caracterización, clasificación y evaluación)**

- Elaborar modelos digitales de terreno (por sus siglas en inglés DEM) a partir de fotografías con tomadas con dron con el propósito de obtener las curvas de perfil playa-duna; de esta forma se podrá obtener de forma fácil el perfil de todo el campo dunar; dunas incipientes, primarias y secundarias, sin las limitaciones que conlleva el levantamiento topográfico in situ. Se recomienda realizar campañas anuales de fotos aéreas con dron mínimo dos veces en temporada seca y húmeda, y también hacer levantamientos de perfil en campo con nivel óptico o RTK para calibrar el modelo digital.
- Crear una plataforma de base de datos en la nube para acceder la información del monitoreo y levantamiento de información más eficaz.
- Realizar caracterización de la vegetación y la fauna de la zona costera del área de estudio, enfatizando la ubicación de las especies en el campo dunar; es decir, cuales se encuentran en la playa seca, duna incipiente, duna primaria y duna secundaria.

- Realizar encuestas de percepción social sobre la duna a la comunidad del sitio de estudio, para saber cuál nivel de aceptación que tienen las personas hacia estos sistemas dunares
- Realizar análisis de procedencia sedimentaria de la arena de las dunas, para localizar la fuente de sedimentos de donde proviene el material que las conforma.
- Caracterizar al ambiente marino con métodos matemáticos, sistematizados y computacionales. Utilizar boyas virtuales para propagar el oleaje a la costa por medio de modelos numéricos como Mike 21 o Delft 3D, así poder calcular de forma matemática la energía del oleaje que llega a la costa y otros parámetros importantes como el número de Dean. También son necesarias las mediciones in situ para las cuales se recomienda realizar observaciones de olas dos veces al año en temporada seca y húmeda.
- Instalar una estación meteorológica que realice mediciones principalmente de velocidad y dirección del viento con la ayuda de anemómetros para la caracterización del viento. Los anemómetros deberán ubicarse a 50cm, 1m y 2m de altura desde la superficie de la arena en la zona de dunas primarias. Se sugiere calcular de forma matemática la deriva eólica de sedimentos para estimar el potencial de transporte de arena hacia las dunas por el viento.
- Realizar mediciones in situ de transporte de sedimentos hacia las dunas con trampas de arena para contrastar con los datos calculados de forma matemática.
- Promover el monitoreo continuo comunitario, organizar grupos de personas que residen en el lugar de estudio para que realicen las mediciones de olas, viento y demás. Se podrán utilizar estos datos para la calibración de los modelos y se fomenta la cultura de investigación.
- Utilizar clasificación de (Arens & Wiersma, 1994) la cual se basa en el modelo conceptual de la interacción dinámica entre la línea de costa, playa y duna. Los autores clasifican las dunas en diferentes tipos de desarrollo a largo plazo, basándose en la migración del pie de la duna y el cambio en su volumen. La finalidad de esta clasificación es determinar si la duna es

regresiva, progresiva o estable. Para esta clasificación serán necesario estudios de balance sedimentario en la playa, y transporte de sedimentos.

- Mejorar el algoritmo de clasificación de imagen ráster utilizado en la etapa de clasificación, de esta manera se podrá identificar de los pixeles de vegetación viva, vegetación seca y arena en la costa.
- Mejorar la medición y las interpretaciones de los indicadores del índice ReDune, especificando la temporalidad y la estacionalidad del clima. Se sugiere ampliar las opciones de calificación de algunos indicadores para ser un poco más específicos en la medición. Se deberían replantear los valores mínimos, máximos y las playas de referencia que determinan así las dunas necesitan rehabilitación, restauración o conservación; para que el índice se adapte a las playas ecuatorianas. Se sugiere probar el índice en distintas localidades del Ecuador para hacer comparaciones y probar su efectividad.
- Realizar las mediciones de la lista de indicadores del índice con la asesoría de profesionales del área de biología, turismo, arqueología y oceanografía.
- Realizar estudios sobre la oferta y demanda turística de Data de Villamil.
- Implementar el plan de manejo integrado dunar como un proyecto piloto a pequeña escala espacial y temporal para observar resultados, luego hacerlo a escala local o de municipios.
- Implementar alternativas de ingeniería suave como técnicas de conservación de dunas, luego del respectivo análisis, para aumentar el nivel de protección.
- Seguir desarrollando las acciones a tomar hasta la fase de adopción del plan y la fase de operación.

### **5.2.1. Sugerencias para nuevos temas de investigación sobre dunas costeras**

- Elaborar un inventario de las zonas de la costa ecuatoriana donde existen sistemas dunares y de los sitios que cuentan con el espacio y el ambiente que propie el desarrollo de dunas.
- Elaborar modelos teóricos y conceptuales de las dunas de Data de Villamil
- Diseñar un índice de evaluación del estado de las dunas, propio de las costas ecuatorianas.

- Monitoreo mediante imágenes aéreas, clasificación ráster para identificar los espacios de vegetación y arena en la costa
- Estructura de las plantas constructoras de las dunas ecuatorianas.
- Practicas comunitarias de sensibilización y capacitación en las comunidades costera sobre la importancia de las dunas costeras
- Elaborar un programa turístico de dunas, promover un turismo responsable observacional y consciente con el medio ambiente

# BIBLIOGRAFÍA

- Arcgis Desktop. (2012). Obtenido de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.4/extensions/spatial-analyst/image-classification/what-is-image-classification-.htm#:~:text=La%20clasificaci%C3%B3n%20de%20imagen%20hace,utilizar%20para%20crear%20mapas%20tem%C3%A1ticos.>
- D422, A. (2007). Standard test method for particle-size analysis of soils: ASTM D 422. *ASTM Int*, 1-8.
- El Comercio. (6 de agosto de 2021). *elcomercio*. Obtenido de [elcomercio: https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/general-villamil-playas-reservas-turismo.html](https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/general-villamil-playas-reservas-turismo.html)
- El Universo. (2 de marzo de 2022). *eluniverso*. Obtenido de [eluniverso: https://www.eluniverso.com/noticias/ecuador/estas-fueron-las-playas-de-ecuador-mas-visitadas-durante-el-feriado-de-carnaval-nota/](https://www.eluniverso.com/noticias/ecuador/estas-fueron-las-playas-de-ecuador-mas-visitadas-durante-el-feriado-de-carnaval-nota/)
- Incofusta. (s.f.). Obtenido de <https://incofusta.com/pasarelas-elevadas/>
- Municipio Playas. (17 de febrero de 2022). *municipioplayas*. Obtenido de [municipioplayas: https://www.municipioplayas.gob.ec/noticias.php?noti\\_id=70](https://www.municipioplayas.gob.ec/noticias.php?noti_id=70)
- Sherlock, A. R. (1987). *A User's Guide to the Littoral Environment Observation Retrieval System*. COASTAL ENGINEERING RESEARCH CENTER VICKSBURG MS.
- Ajedegba, J. O., Sinha, T., & Jones, K. D. (2021). *Coastal Dune Vulnerability Assessment: Integrating Adaptation Information into Dune Management System in South Padre Island*. <https://centerlin.com>
- Akson, B. (2012). *Overview of soft coastal protection solutions*.
- Albotoush, R., & Tan Shau-Hwai, A. (2019). Evaluating Integrated Coastal Zone Management efforts in penang Malaysia. In *Ocean and Coastal Management* (Vol. 181). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104899>
- Anwar Maun, M. (2009). *The Biology of Coastal Sand Dunes*. Oxford University Press Inc. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198570356.001.0001>



- Arens, S., & Wiersma, J. (1994). The Dutch foredunes - inventory and classification. *Journal of Coastal Research*, *10*, 189–202.
- Bossard, V., & Nicolae Lerma, A. (2020). Geomorphologic characteristics and evolution of managed dunes on the South West Coast of France. *Geomorphology*, *367*. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2020.107312>
- Brodie, K. L., & Spore, N. J. (2015). FOREDUNE CLASSIFICATION AND STORM RESPONSE: AUTOMATED ANALYSIS OF TERRESTRIAL LIDAR DEMS. In W. Ping, R. Julie D, & C. Jun (Eds.), *The Proceedings of the Coastal Sediments 2015*.
- Bryant, D. B., Bryant, M. A., & Grzegorzewski, A. S. (2017). *Erosion of Coastal Foredunes: A Review on the Effect of Dune Vegetation*.
- Cabrera, L. L., Hernández-Cordero, A. I., Viera, M., Cruz, N., & Hernández-Calvento, L. (2013). Characterization of a foredune in an arid zone: Maspalomas (Gran Canaria). *Geo-Temas*, *14*(VII Jornadas de Geomorfología Litoral), 107–110.
- Ciccarelli, D., Pinna, M. S., Alquini, F., Cogoni, D., Ruocco, M., Bacchetta, G., Sarti, G., & Fenu, G. (2017). Development of a coastal dune vulnerability index for Mediterranean ecosystems: A useful tool for coastal managers? *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *187*, 84–95. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2016.12.008>
- Cornwall Council. (2016). *Cornwall Beach & Dune Management Plans-Constantine Bay*.
- Davidson-Arnott, R. (2013). Coastal sand dunes. In *An Introduction to Coastal Processes and Geomorphology* (pp. 228–279). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511841507.010>
- de Almeida, L. R., Silva, R., & Martínez, M. L. (2022). The relationships between environmental conditions and parallel ecosystems on the coastal dunes of the Mexican Caribbean. *Geomorphology*, *397*. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2021.108006>
- de Jong, B., Keijsers, J. G. S., Riksen, M. J. P. M., Krol, J., & Slim, P. A. (2014). Soft engineering vs. a dynamic approach in coastal dune management: A case study on the North Sea barrier Island of Ameland, the Netherlands. *Journal of Coastal Research*, *30*(4), 670–684. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-13-00125.1>
- Doody, J. P. (2013). *Sand Dune Conservation, Management and Restoration* (Vol. 4). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-4731-9>

- Elko, N., Brodie, K., Stockdon, H., Nordstrom, K., Houser, C., Mckenna, K., Moore, L., Rosati, J., Ruggiero, P., Thuman, R., & Walker, I. (2016). Dune management challenges on developed coasts. In *Shore & Beach* (Vol. 84, Issue 1).
- García Mora, M. R. (2000). *Vulnerabilidad de los sistemas dunares costeros del Golfo de Cádiz*. Universidad de Sevilla.
- Garcia-Lozano, C., Pintó, J., & Roig-Munar, F. X. (2020). Set of indices to assess dune development and dune restoration potential in beach-dune systems on Mediterranean developed coasts. *Journal of Environmental Management*, 259. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109754>
- Garcia-Lozano, C., Roig-Munar, F. X., Santana-Cordero, A. M., Martí-Llambrich, C., & Pintó, J. (2022). MANAGEMENT OF COASTAL DUNES ON THE CATALAN AND ON THE VALENCIAN COMMUNITY SHORELINES (SPAIN). *Geographical Research Letters*, 48(2), 363–376. <https://doi.org/10.18172/cig.5175>
- Garcia-Morat, M. R., Gallego-Fernandez', I. B., Williams+, A. T., Garcia-Novo', F., & Air, : J: (2001). A Coastal Dune Vulnerability Classification. A Case Study of the SW Iberian Peninsula. *Journal of Coastal Research*, 17(4), 802–811.
- Hesp, P. (1988). Morphology, dynamics and internal stratification of some established foredunes in southeast Australia. *Sedimentary Geology*, 55(1–2), 17–41. [https://doi.org/10.1016/0037-0738\(88\)90088-7](https://doi.org/10.1016/0037-0738(88)90088-7)
- Hesp, P. (2002). Foredunes and blowouts: initiation, geomorphology and dynamics. *Geomorphology*, 48, 245–268. [www.elsevier.com/locate/geomorph](http://www.elsevier.com/locate/geomorph)
- Kidd, Rod., & New South Wales. Department of Land and Water Conservation. (2001a). *Coastal dune management: a manual of coastal dune management and rehabilitation techniques*. The Dept.
- Kidd, Rod., & New South Wales. Department of Land and Water Conservation. (2001b). *Coastal dune management: a manual of coastal dune management and rehabilitation techniques*. The Dept.
- Kindermann, G., & Gormally, M. J. (2013). Stakeholder perceptions of recreational and management impacts on protected coastal dune systems: A comparison of three European countries. *Land Use Policy*, 31, 472–485. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.08.011>

- Lemauviel, S., Gallet, S., & Rozé, F. (2003). Sustainable management of fixed dunes: Example of a pilot site in Brittany (France). *Comptes Rendus - Biologies*, 326(SUPPL. 1). [https://doi.org/10.1016/s1631-0691\(03\)00056-8](https://doi.org/10.1016/s1631-0691(03)00056-8)
- Lithgow, D., Martínez, M. L., & Gallego-Fernández, J. B. (2015). The “ReDune” index (Restoration of coastal Dunes Index) to assess the need and viability of coastal dune restoration. *Ecological Indicators*, 49, 178–187. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.10.017>
- Marinas, D. I., Ballesteros Pelegrín, G. A., Balibrea, J. S., Moreno, P. G., & Serrato, F. B. (2020). Evaluation of the coastal vulnerability index in the Manga del Mar Menor (Murcia, Spain). In *Anales de Geografía de la Universidad Complutense* (Vol. 40, Issue 2, pp. 373–392). Universidad Complutense Madrid. <https://doi.org/10.5209/AGUC.72979>
- Ministerio del Ambiente de Ecuador. (2020). *MANEJO INTEGRADO DE ESPACIOS MARINOS Y COSTEROS DE ALTO VALOR PARA LA BIODIVERSIDAD EN EL ECUADOR CONTINENTAL*.
- Ministerio del ambiente PERÚ. (2021). *GUIA METODOLÓGICA PARA LA FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO INTEGRADO DE LAS ZONAS MARINO COSTERA*.
- Muñoz-Vallés, S., & Cambrollé, J. (2014). Successes and failures in the management of coastal dunes of SW Spain: Status analysis nine years after management decisions. *Ecological Engineering*, 71, 415–425. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.07.042>
- Pagán, J. I., Bañón, L., López, I., Bañón, C., & Aragonés, L. (2019). Monitoring the dune-beach system of Guardamar del Segura (Spain) using UAV, SfM and GIS techniques. *Science of the Total Environment*, 687, 1034–1045. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.186>
- Paixão, R. (2013). *CARACTERIZAÇÃO MORFO -ECOLÓGICA DO SISTEMA DUNAR DE PENICHE -BALEAL* (Vol. 95).
- Pellón, E., de Almeida, L. R., González, M., & Medina, R. (2020). Relationship between foredune profile morphology and aeolian and marine dynamics: A conceptual model. *Geomorphology*, 351. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2019.106984>
- Peña-Alonso, C., Fraile-Jurado, P., Hernández-Calvento, L., Pérez-Chacón, E., & Ariza, E. (2017). Measuring geomorphological vulnerability on beaches using a set of

- indicators (GVI): A tool for management. *Journal of Environmental Management*, 204, 230–245. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.08.053>
- Post, J. C., & Lundin, C. G. (1996). *GUIDELINES FOR INTEGRATED COASTAL ZONE MANAGEMENT*.
- Power, J., McKenna, J., MacLeod, M. J., Cooper, A. J. G., & Convie, G. (2000). Developing Integrated Participatory Management Strategies for Atlantic Dune Systems in County Donegal, Northwest Ireland. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 29(3), 143. [https://doi.org/10.1639/0044-7447\(2000\)029\[0143:dipmsf\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1639/0044-7447(2000)029[0143:dipmsf]2.0.co;2)
- Psuty, N. (2008). The Coastal Fore-dune: A Morphological Basis for Regional Coastal Dune Development. In *Coastal Dune* (Vol. 171, pp. 11–27).
- Reis, J., Stojanovic, T., & Smith, H. (2014). Relevance of systems approaches for implementing integrated Coastal Zone management principles in Europe. *Marine Policy*, 43, 3–12. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2013.03.013>
- Saengsupavanich, C., Chonwattana, S., & Naimsampao, T. (2009). Coastal erosion through integrated management: A case of Southern Thailand. *Ocean and Coastal Management*, 52(6), 307–316. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2009.03.005>
- Scarelli, F. M., Sistilli, F., Fabbri, S., Cantelli, L., Barboza, E. G., & Gabbianelli, G. (2017). Seasonal dune and beach monitoring using photogrammetry from UAV surveys to apply in the ICZM on the Ravenna coast (Emilia-Romagna, Italy). *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 7, 27–39. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2017.06.003>
- Schmid, B. M., Williams, D. L., Chong, C. S., Kenney, M. D., Dickey, J. B., & Ashley, P. (2022). Use of digital photogrammetry and LiDAR techniques to quantify time-series dune volume estimates of the Keeler Dunes Complex, Owens Valley, California. *Aeolian Research*, 54. <https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2021.100764>
- Thia-Eng, C. (1993). Essential Elements of Integrated Coastal Zone Management. In *Ocean & Coastal Management* (Vol. 21).
- Vallejo, I., Ojeda, J., & Malvarez, G. C. (2006). Characterization and classification of the beach-dune system of the Doñana National Park, Southern Spain. *Proceedings) Spain Journal of Coastal Research*, 48, 112–117. <https://www.researchgate.net/publication/266293925>

Vega de Seoane, C., Gallego Fernández, J., & Pascual, C. (2007). Manual de restauracion de dunas costeras. *Dirección General de Costas*.

# ANEXOS

## Anexo A Guía de descripción, medición y calificación de indicadores y una plantilla modificada de evaluación

Negative Elements	Descripción del Indicador	Descripción de las unidades	Descripción del Método	Limitaciones y Recomendaciones
<b>Infraestructura temporal</b>	Infraestructuras que se encuentran de forma temporal, por unas horas o por una temporada sobre las dunas costeras (móviles y estables). Estas infraestructuras perjudican las dunas, eliminan la vegetación e interrumpen el flujo de sedimentos hacia la duna	El indicador se evalúa según el tipo de estructuras temporales que se encuentran sobre las dunas (móviles y estables) otorgándole valores de 1 al 5 de acuerdo al sitio. Se asigna 1 si no existen ninguna estructura temporal, 2 si existen sillas y parasoles, 3 si hay tiendas de campaña, 4 si hay casas o cabañas montadas sobre pilotes y 5 si existen todas las estructuras antes mencionadas,	Se decidió utilizar la siguiente interpretación de los elementos, más ajustada al tipo de construcciones que se tienen en las playas ecuatorianas. 1)ninguna, 2)sillas playeras, 3)carpas, 4)carpas con hamacas, 5) Todas las anteriores. Por medio de la observación en campo y utilizando una ortofoto, se identifica las estructuras temporales existentes en la zona de dunas, también se puede utilizar el recurso de las entrevistas.	No habla de temporalidad de permanencia de estructuras móviles. No existen el mismo tipo de estructuras en Data de Villamil
<b>Infraestructura permanente</b>	Infraestructuras que se encuentran de forma permanente en la zona de dunas (incipiente y estables), para la construcción de las mismas se ha destruido, aplanado o rapado la duna y eliminado la vegetación por lo que interrumpen de forma perenne la dinámica de sedimentos del perfil.	El indicador se evalúa según el tipo de construcción permanente que existe sobre las dunas (estables o móviles) del área representativa de la playa seleccionada: Para 1: no existe ninguna infraestructura permanente sobre las dunas Para 2: existen vías o carreteras asfaltadas; Para 3: existen hoteles, restaurantes, casetas o cabañas construida de hormigón o madera; Para 4: existen puertos de hormigón armado. Para 5: existen todas las infraestructuras mencionadas anteriormente o como mínimo dos.	Por medio de la observación y utilizando una ortofoto, se identificó los tipos de estructuras permanentes existentes en la zona de dunas. Luego se procede a calificar.	Se debe tener en cuenta que las estructuras deben estar dentro de la zona de análisis y en la zona de dunas.
<b>Áreas de deflación debido a la red de caminos como porcentaje de anteduna</b>	Las áreas de deflación producto de caminos o senderos sobre las dunas móviles y estables. La erosión de los granos de arena debido al viento generan valles o huecos entre los distintos niveles de la duna, pudiendo llegar estos hasta el nivel freático; esto es conocido como deflación. El constante tránsito de personas o vehículos sobre las dunas elimina la vegetación lo que provoca la creación de áreas de deflación.	El indicador se evalúa de acuerdo a los distintos rangos de porcentaje relativo de las áreas de deflación debido a la red de caminos sobre la duna. Pudiendo ser 1 si no existen red de caminos en las dunas, 2 si el porcentaje de las áreas de caminos es menor a 5%, 3 si el porcentaje está entre 5% y 25%, 4 si el porcentaje está entre 25% y 50% y 5 si el porcentaje es mayor a 50%.	Utilizando Qgis y el raster de la ortofoto se identifican las redes de caminos, se procede a dibujar polígonos delineando los caminos para luego calcular las áreas y el porcentaje relativo con respecto a las antedunas.	Existen caminos que no se pueden identificar desde imágenes satelitales o ortofotos por esto es necesario complementar los datos del análisis GIS con las observaciones en campo
<b>Desestabilización por pisoteo y sobrepastoreo</b>	La desestabilización de las dunas producida por el pisoteo o el pastoreo intenso durante largos periodos lo que provoca pérdida de vegetación y posteriormente una zona de deflación.	El indicador se evalúa de acuerdo a los distintos rangos de porcentaje relativo de las áreas de desestabilización debido al pisoteo y sobrepastoreo sobre la duna. Pudiendo ser 1 si no existen desestabilización, 2 si el porcentaje de desestabilización es menor a 5%, 3 si el porcentaje está entre 5% y 25%, 4 si el porcentaje está entre 25% y 50% y 5 si el porcentaje es mayor a 50%.	Se decidió diferenciar este indicador de la siguiente manera: representa un primer estado de una zona de deflación sobre la duna, cuando la vegetación se ve degradada por el pisoteo son llegar a formar un hueco evidente. La identificación de las áreas de deflación primero se las realiza en campo, observando el sitio de análisis y haciendo preguntas a los lugareños. Luego, en el laboratorio se utiliza Qgis y el raster de la ortofoto se procede a dibujar polígonos delineando los sitios que se identificaron, finalmente se calculan las áreas y el porcentaje relativo con respecto a las antedunas.	El indicador es confuso puesto que no se especifica qué es la desestabilización y en que se diferencia con la deflación. No hay un método para poder medir la desestabilización puesto que el concepto hace alusión a un proceso y tampoco menciona las evidencias para poderlo observar en campo.
<b>Pérdida y degradación de la vegetación</b>	El disturbio sobre las dunas elimina la vegetación, disminuye la cobertura vegetal y densidad de especies reduciendo la biodiversidad.	El indicador se evalúa de acuerdo a los distintos rangos de porcentaje de pérdida de vegetación sobre la duna. Pudiendo ser 1 si la duna está completamente vegetada, 2 si el porcentaje de pérdida de vegetación es menor a 5%, 3 si el porcentaje está entre 5% y 25%, 4 si el porcentaje está entre 25% y 50% y 5 si el porcentaje es mayor a 50%.	El método de evaluación comienza con una caminata en campo identificando las zonas donde hay parches sin vegetación, donde las plantas han sido eliminadas o quemadas. Luego en Qgis se dibujan polígonos que encierren estas zonas y se procede a calcular su porcentaje con respecto a la zona de dunas.	El indicador no precisa qué es la pérdida de vegetación, cuáles son las causas y si depende del tiempo, es decir pérdida de cobertura vegetal en un periodo de tiempo. Se menciona la pérdida y degradación de una forma muy general lo que también podría comprender las zonas de cálculo de otros indicadores como: desestabilización por pisadas y deflaciones por redes de caminos.
<b>Presencia de plantaciones de árboles y especies exóticas (% del sistema dunar cubierto)</b>	Presencia de plantaciones de árboles y especies exóticas en el sistema dunar bajo análisis, estas plantaciones modifican procesos ecológicos como la sucesión y también los ciclos de nutrientes, agua y carbono.	El porcentaje de duna cubierta por las plantaciones de árboles y plantas exóticas es la unidad del indicador y se evalúa de acuerdo al rango que se encuentra este porcentaje. Pudiendo ser 1 si no hay vegetación exótica, 2 si existen árboles aislados, 3 si el porcentaje está entre 5% y 25%, 4 si el porcentaje está entre 25% y 50% y 5 si el porcentaje es mayor a 50%	Se realiza una caminata en campo determinando si en el sistema de dunas existe este tipo de vegetación, o, en el caso de que las plantaciones se puedan notar en la ortofoto, entonces en Qgis se identifican las áreas y se las bordean con polígonos. Se calcula el porcentaje relativo con respecto a las antedunas.	Puesto que se utilizó el Plan de Manejo de ANRPV para identificar cuáles son las especies exóticas de la zona, se recomienda contar con un biólogo experto para corroborar resultado de investigación y ampliar conocimientos del área.
<b>Presión por visitantes y vehículos sobre duna</b>	Presión por visitantes y vehículos en la zona de dunas, donde la vegetación y los propágulos son destruidos lo que genera un decrecimiento en la biodiversidad, fragmentación y erosión	El indicador se califica con 1 si no hay vehículos ni visitantes. Con 2, si la presión es baja; es decir hay senderos de pisadas. Con 3 si la presión es media; hay senderos de vehículos no definidos. Con 4, la presión es alta y hay construcción de caminos o calles definidos para personas. Con 5 si hay presión muy alta y existen calles o vías definidas para vehículos.	El indicador se calcula en dos partes; con entrevistas, para determinar la frecuencia de las personas y los vehículos que ocurren sobre el sistema dunar; y, en campo, para observar el rastro que dejan los vehículos y personas.	Dificultad en las entrevistas para indicar la zona específica (sistema dunar de análisis) de donde se quiere obtener información. Se tiene que tener en cuenta que este indicador evalúa el pisoteo de persona y vehículos en general no solo de turistas.
<b>Presión por pisoteo de ganado</b>	Presión por pisoteo del ganado en la zona de dunas, donde la vegetación y los propágulos son destruidos lo que genera un decrecimiento en la biodiversidad, fragmentación y erosión	El indicador se mide de acuerdo a su intensidad. Tomando valor de 1 si no existe la presión por pisoteo de ganado; 2 si la presión es baja y se observan algunas huellas en las dunas; 3 si la presión es media si existen senderos indefinidos; finalmente, 4 si la presión es alta y se observan senderos definidos.	El indicador se calcula con entrevistas, para determinar si existe el tránsito de ganado sobre el sistema dunar y cuál es su frecuencia. Luego en campo, para observar los rastros del pastoreo de animales.	Dificultad en las entrevistas para indicar la zona específica (sistema dunar de análisis) de donde se quiere obtener información.
<b>Extracción de arena</b>	Extracción de arena de las antedunas por el hombre, esto produce pérdida de sedimentos en el montículo, desestabilización y erosión.	El indicador mide si existe esta actividad de extracción o no en las dunas del sitio de análisis. Toma el valor de 1 si no hay y 2 si es lo contrario	Se determina por medio de entrevistas a los moradores del sitio de estudio, para saber si actualmente se realiza esta práctica en la zona de dunas	El indicador determina si se realiza la práctica más no la frecuencia de esto en el tiempo. Es importante precisar en las entrevistas si la extracción es por minería o para nivelar las dunas.
<b>Descarga de agua a la playa</b>	Descarga de agua en la playa producto de actividades humanas y urbanización. Esto produce contaminación en la zona, degrada la vegetación por lo que altera el ciclo de nutrientes.	El indicador mide si existe esta actividad de descargas de aguas en el sitio de análisis. Toma el valor de 1 si no hay y 2 si es lo contrario	Se determina por observación del sitio de estudio si hay tubos de descarga de aguas y también por medio de entrevistas a los moradores del sitio de estudio.	No especifica el origen del tipo de agua de descarga en la playa, de esto dependería el grado de contaminación del sistema dunar.

<b>Infraestructura permanente en las dunas fijas</b>	Infraestructura permanente sobre la parte de la anteduna fija. Vegetación es destruida y la dinámica de sedimentos alterada	Este indicador mide la densidad de infraestructuras permanentes en las dunas fijas del área de estudio, las unidades están en número de estructuras por cada kilómetro. Se le asigna el valor de 1 si no existen infraestructuras permanente en dunas fijas; 2 si hay 1 por cada km; 3 si hay de 2 a 5 infraestructuras por cada km; 4 si hay más de 5 por km.	Se decidió que las unidades de medida son el número promedio de estructuras permanentes por cada kilómetro lineal de zona de dunas fijas en toda la playa de estudio o por lo menos en un kilómetro de playa donde se encuentre contenida el área de análisis. Primero se reconocen cuáles son las zonas de dunas fijas o estables en la playa y luego las estructuras permanentes ubicados sobre este espacio. Finalmente se promedia de acuerdo con la longitud total de la playa.	No especifica la forma en que se debe medir el indicador y además es confuso con el subcriterio, Factores Endógenos, puesto que sugiere un análisis únicamente del sistema dunar del sitio en cuestión y no de la playa en general.
<b>Infraestructura permanente en las dunas móviles</b>	Infraestructuras que se encuentran de forma temporal, por unas horas o por temporada sobre las dunas móviles. Estas infraestructuras perjudican las dunas, eliminan la vegetación e interrumpen el flujo de sedimentos hacia la duna	Este indicador mide la densidad de infraestructuras temporarias en las dunas móviles del área de estudio, las unidades están en número de estructuras por cada kilómetro. Se le asigna el valor de 1 si no existen infraestructuras permanente en dunas fijas; 2 si hay 1 por cada km; 3 si hay de 2 a 5 infraestructuras por cada km; 4 si hay más de 5 por km.	Se determinó las unidades de medida como número promedio de estructuras móviles por cada kilómetro lineal de costa en toda la playa de estudio o por lo menos en un kilómetro de playa donde se encuentre contenida el área de análisis. Mediante entrevistas a la comunidad se determina la cantidad de estructuras móviles, la zona en la que se ubican y también el espaciamiento entre ellos para las distintas épocas del año.	No especifica la temporalidad de las estructuras móviles (horas, días, meses) tampoco discrimina entre épocas (temporada húmeda y seca). Las entrevistas a la comunidad no son muy precisas en cuanto a la zona y el espaciamiento por lo que se recomienda realizar visitas en distintas épocas para observar la forma en que se ubican las estructuras móviles
<b>Infraestructura temporal en las dunas móviles</b>	Infraestructura permanente sobre la parte de la anteduna móvil. Para la construcción de estas la vegetación es destruida, desestabilización, pérdida de biodiversidad y la arena queda expuesta al movimiento.	Este indicador mide la densidad de infraestructuras permanentes en las dunas móviles del área de estudio, por cada km. Se le asigna el valor de 1 si no existen infraestructuras permanente en dunas fijas; 2 si hay 1 por cada km; 3 si hay de 2 a 5 infraestructuras por cada km; 4 si hay más de 5 por km.	Se decidió que las unidades de medida son el número promedio de estructuras permanentes por cada kilómetro lineal de zona de dunas móviles en toda la playa de estudio o por lo menos en un kilómetro de playa donde se encuentre contenida el área de análisis. Primero se reconocen cuáles son las zonas de dunas móviles o incipientes en la playa y luego las estructuras permanentes ubicados sobre este espacio. Finalmente se promedia de acuerdo con la longitud total de la playa.	No especifica la forma en que se debe medir el indicador y además es confuso con el subcriterio, Factores Endógenos, puesto que sugiere un análisis únicamente del sistema dunar del sitio en cuestión y no de la playa en general.
<b>Proximidad a sitios turísticos</b>	Proximidad de los sitios turísticos cercanos a la zona de estudio, estos pudiendo estar en la playa así como también en los asentamientos adyacentes, tierra adentro. Este factor ejerce una potencial sobrepresión sobre el sistema dunar	El indicador se mide en unidades de kilómetro de distancia hasta los sitios turísticos de la playa de estudio, se condere de acuerdo al rangos de distancia. Teniendo un valor de 1 si los sitios turísticos se encuentras a más de 10km; 2 si están entre 10 y 5 km; 3 si se encuentran a menos de 5 km	Se determina por medio de entrevistas guiadas a los moradores del sitio de estudio cuales son los sitios turísticos más cercanos. Para luego con mapas satelitales y herramientas GIS se calcular la distancia entre sitio de análisis y el turístico.	No especifica cuál es la concurrencia mínima de visitantes para los sitios turísticos identificados, y qué tipo de destino son playeros o no playeros.
<b>Dragado de Lagunas</b>	Dragado de canales en la zona adyacente a al sitio de análisis. Esto modifica el flujo del agua y la dinámica de sedimentos en el perfil activo playa-duna.	El indicador mide si existe o no el dragado de canales en el sitio de análisis, más no la frecuencia de esto en el tiempo.	Se determina por medio de encuestas o entrevistas a los moradores del sitio de estudio	Se recomienda que las preguntas estén dirigidas a la población que se encuentran justo detrás de las dunas bajo análisis
<b>Dinámica de olas y sedimentos que pueden modificarse</b>	Modificación de oleaje y dinámica de sedimentos a causas de estructuras costera de protección o estabilización de orillas en el sitio de análisis. Estructuras que foman parte de la infraestructura gris y rígida que dificulta la capacidad de respuesta dinámica de la playa.	El indicador se mide de acuerdo al tipo de estructura costera que existe en la zona de estudio, toma un valor de 1 si no hay en el lugar alguna estructura; 2 si hay rompeolas supergidos costa afuera; 3 si hay muros de escolleras o paredes de protección; 4 si hay groins o jetties para estabilizar canales de acceso o erosión; finalmente; 5 si existen dos o más estructuras mencionadas anteriormente.	Por medio de la observación y utilizando una ortofoto, se identificó las estructuras de protección costera existentes en la zona de estudio. Luego se procede a calificar.	Se recomienda inspeccionar primero la playa en general y luego el sitio de evaluación.
<b>Dinámica de sedimentos interrumpida</b>	Interrupción completa de la dinámica de sedimentos a causas puertos . Un puerto, comprende un conjunto de estructuras de hormigon y piedra que quitan la capacidad de respuesta dinámica de la playa.	El indicador se mide con respecto a la existencia o no de una interrupción de sedimentos a causa de un puerto en la zona de estudio. Valorando con 1 si no hay presencia y con 2 si sí hay	Por medio de la observación y utilizando una ortofoto, se identificó si está la presencia de un puerto en la zona de estudio. Luego se procede a calificar.	La categoría de puerto es muy amplia y pueden haber la presencia de muelles de hormigon en la costa que interrumpen la diámica costera.
<b>Elementos positivos</b>	<b>Descripción del Indicador</b>	<b>Descripción de las unidades</b>	<b>Descripción del Método</b>	<b>Limitaciones y Recomendaciones</b>
<b>Ancho de la playa seca (m)</b>	El ancho de la playa seca es la logitud entre la línea de agua y el comienzo de la duna primaria. Evidencia de que existe una fuente de sedimentos y un fetch suficiente para que el viento actue en la formación de dunas	El indicador mide la logitud de la playa seca de la sección transversal de la playa bajo análisis. Se evalúa con 1 si el ancho es mejor de 5m; con 2, si tiene entre 5 y 9 m; con 3, si tiene entre 10 a 15 m; con 4 si tiene más de 15 metros.	Se determinó para la zona de estudio que el ancho de la playa seca comienza desde la berma hasta el inicio de la zona de dunas incipientes o embrionarias, se delimitaron estas áreas mediante la observación en campo y se las midió haciendo usos de perfiles costeros levantados con nivel óptico.	No se determina cuales son los límites de la playa seca. Dificultad en determinar cuáles son las dunas incipientes, se debe determinar la altura mínima para que puedan ser identificadas como tal.
<b>Transporte de sedimentos hacia la anteduna</b>	El transporte de sedimentos hacia la duna es generado por el flujo de viento tierra a dentro y la arena de la playa adyacente.	El indicador mide la evidencia de la intensidad del transporte de sedimentos hacia la duna, se evalua con 1 si el transporte es bajo y no se observa vegetación enterrada; con 2, si el transporte es medio y en la superficie de las hojas hay arena; con 3, si el transporte es alto y hay vegetación enterrada.	Se determinó donde están las zonas de antedunas y dunas incipientes, en el campo. Se inspeccionó por medio de la observación si existe evidencia del movimiento de sedimentos hacia las dunas, si hay plantas sepultadas o arena en las hojas. Se documentó con fotografías.	En la zona existen muy pocas especies de plantas pioneras y estabilizadoras y en alguna de ellas por la forma de las hojas, muy angostas, no se puede determinar si hay rastro de sedimentos en las hojas.
<b>Longitud relativa de anteduna (% de duna intacta)</b>	Logitud de anteduna relativa al sitio de análisis indica si existe una fragmentación local de la duna, entendiendase como fragmentación a los montículos aislados dispersos en lugar de una duna paralela a la costa con cresta lineal y continua.	El indicador se mide con respecto al porcentaje de longitud de cordón dunar intacto con respecto al sitio de estudio. Se califica con 1 si en el sitio de estudio no existe anteduna; 2 si el porcentaje de duna intacta es menor a 29%; 3 si el porcentaje se encuentra entre 30 y 49%; 4 si el porcentaje se encuentra entre 50 y 79%; 5 si el porcentaje es mayor a 80%	Se determinó que una duna intacta es que existe montículos de arena con una cresta lineal, continua si está completamente vegetada y sin fragmentación debido factores antropogénicos (caminos, senderos, eliminación de vegetación y aplanamiento de dunas). Se determinó la longitud, paralela a la línea de costa, de las zonas de dunas transgredidas para luego restarla de la logitud total del área de estudio, por medio de ortofoto y luego se corroboró con un inspección en campo	No se especifica qué es una anteduna intacta. Dificultad para decidir la transgresión de una zona de forma logitudinal puesto que en la misma inciden distintas áreas de las antedunas (móviles y fijas)
<b>Orientación de la línea de costa a las olas dominantes</b>	Orientación de la línea de costa con las olas dominantes, esta se relaciona con el estado morfodinámico de la playa. Es importante para el transporte litoral de sedimento marino y los que se depositan en la cara de la playa.	El indicador se mide de acuerdo al tipo de ola que rompe en la zona de surf. Para la clasificación se asigna 1, si la ola es surging; 2, si la ola es collapsing; 3, si es plugging y 4, si es spilling.	Se determina mediante la observación de olas que rompen frente a la zona de evaluación, por un periodo de 6 horas y mediciones cada 30 minutos.	La forma en que rompen las olas en la playa dependen también de la estacionalidad, el factor época y tiempo no están considerados.



<b>Tamaño de Grano (mm)</b>	Diametro de tamaño de grano medio sobre la anteduna. Esta variable influye en la construcción de dunas, puesto que una adecuada fuente de arena de tamaño lo suficientemente pequeño, el viento es capaz de transportarlo.	Se evalúa de acuerdo al rango del tamaño de grano medio del sedimento. Se califica con 1 si el sedimento es fino y el diametro está entre 0.06-0.2 mm; 2 si es medio y 0.2-0.63 mm; 3 si el grueso y 0.63-2.0 mm.	Se recoge el sedimento superficial de la anteduna de la parte del barlovento, frente de la duna hacia el mar, desde el pie hasta la cresta. Aproximadamente se recogió 200 gramos y en laboratorio se procedió al tamizado.	No se especifica la zona de la anteduna en donde se debe tomar sedimento (pie, cresta, barlovento o sotavento). Dificultad en indentificar cuales son as parte del barlovento en la zona de estudio debio a numerosos coordones de crestas no tan pronunciadas.
<b>Fuentes de suministro de sedimentos cercanas</b>	La fuente de provisión de sedimentos es importante para la regeneración de dunas costeras, evidencia la llegada de sedimentos por acción de transporte litoral, corrientes y mareas hasta la cara de la playa lo que a su vez propicia la formación de dunas.	Se evalúa la existencia de una fuente cercana de sedimentos, con 1, si no hay, y 2, si sí hay.	La cercanía de la fuente de sedimentos al sitio de estudio se determina de máximo 2km al norte y sur, esta fuente de sedimentos puede ser desembocadura de ríos, esteros, acantilados. Se lo determina con una caminata en los alrededores de la zona de análisis.	No precisa cual es la distancia de la cercanía a la que se refiere, de la fuente de sedimentos con respecto al sitio de estudio. Con el método propuesto solo se pueden identificar las fuentes de sedimentos continentales, y no las marinas.
<b>Dinámica eólica (m/s)</b>	Un flujo de viento con la dirección y velocidad suficiente es determinante en la formación dunar, el viento es el agente transportador del sedimento desde la playa hasta la duna.	Se califica de acuerdo a la velocidad del viento predominante en la zona de estudio. Obtiene el valor de 1 si la velocidad es menor a 5 m/s; 2 si la velocidad está entre 5-10 m/s y con 3, si es mayor a 10 m/s	Se realizó mediciones de velocidad de viento insitu cada 30 minutos por un periodo de 6 horas con un anemómetro digital, los valores registrados se los promedian. La estación de medición se la ubicó en el centro sitio de estudio, desde la berma a 1.5 metros de altura aproximadamente.	El indicador no discrimina entre la estacionalidad de los viento del sitio. El periodo de medición de vientos es muy corto por cuestión de tiempo en la realización del proyecto y no representa los vientos promedios diarios. Se recomiendan utilizar serie de tiempo de un año para deterinar la velocidad promedio y su estacionalidad.
<b>Orientación de la costa en relación con los vientos dominantes</b>	La orientación de la línea de costa con respecto a la dirección de los vientos dominantes determina si habrá un transporte efectivo de los grano de arena hacia la parte alta de la playa para generar dunas.	Se evalúa con 1 si los vientos predominantes al sitio de estudio son paralelos es decir la dirección es de 0° con respectoa la linea de costa; por el contrario, es 2 si los vientos dominantes son perpendiculares; forman un ángulo de 90°.	Se realizó mediciones de dirección de viento insitu cada 30 minutos por un periodo de 6 horas con un anemómetro digital, los valores registrados se los promedian. Se considera paralelo si el ángulo entre el viento y la costa es menor que 45° y mayor o igual a 0°: El viento es perpendicular si el ángulo es mayor a 45° y menor o igual a 90°	No hay rango de valores para poder calificar de formo más precisa, no todos los vientos que inciden en la costa son perpendiculares o paralelos
<b>Especies pioneras</b>	Las plantas pioneras son las que se ubican lo más cerca del mar, sobreviviendo al ambiente hostil de la costa y son importantes puesto que a su alrededor se acumulan los sedimentos formando las dunas embrionarias en la playa.	Se evalúa la presencia de especies nativas vegetales o estabilizadoras sobre las dunas, se califica 1 si no existen en el sitio de estudio; 2 si son esporádicas; 3 si son abundantes	La evaluación se la realiza en campo, primero se deben distinguir las zonas de las dunas donde se desarrollan este tipo de vegetación, que son playa seca y dunas incipientes, si bien pueden crecer en zonas más internas, los lugares clases son las dunas primarias de la zona de estudio. Una vez identificados los espacios se verifica la existencia de plantas y que tan abundantes son.	Dificultad de identificar los distintos espacios de dunas primarias en campo, donde que las diferencias entre cada una son pequeñas. No hay disponibilidad de recursos y estudios que permitan realizar la identificación de vegetación dunar. Se recomienda contar con un biólogo experto para corroborar resultado de investigación y ampliar conocimientos el área.
<b>Especies nativas y estructuras de dunas</b>	Tipo de vegetación ubicada en la anteduna cuya estructura propicia el desarrollo dunas, además la existencia de estas especies para la recuperación de la vegetación nativa.	Se evalúa la presencia de especies nativas vegetales o estabilizadoras sobre las dunas, se califica 1 si no existen en el sitio de estudio; 2 si son esporádicas; 3 si son abundantes	Se realiza la inspeccion en campo, primero se distingue la zona dunar donde se desarrollan las plantas constructoras, que son principalmente las antedunas fijas, tambien pueden crecer en area incipiente incipiente. Una vez identificados los espacios se verifica la existencia de plantas y que tan abundantes son.	Dificultad de identificar los distintos espacios de dunas primarias en campo, donde que las diferencias entre cada una son pequeñas. No hay disponibilidad de recursos y estudios que permitan realizar la identificación de vegetación dunar. Se recomienda contar con un biólogo experto para corroborar resultado de investigación y ampliar conocimientos el área.
<b>Fuentes de propágulos (Distancia a la fuente más cercana en km)</b>	Los propágulos son la forma de reproducción vegetativa asexual de la plantas, los propágulos de la misma ecorregión deben ser utilizados para la revegetación del sistema	Se valora la cercanía de fuentes de propágulos al área de estudio, se asigna un valor de 1 si la fuente se encuentra a más de 100 km; 2, si está entre 51 y 100 km; 3, si esta entre 20 y 50 km; finalmente 4, si es menor a 20 km.	Se identifican por medio de imágenes satelitales la existencia de estas fuente de propágulos y se calcula la distancia hasta el sitio de estudio.	Se recomienda contar con un biólogo experto para corroborar resultado de investigación y ampliar conocimientos el área.
<b>Especies endémicas</b>	La consideración del endemismo en la vegetación de la zona de estudio es vital para la conservación ecológica y evolutiva de las especies, además de que las mismas pueden estar en potencial amenaza	Se cuantifica con el minimo valor, 1, si hay ausencia de estas especies ; con 2, si hay presencia.	Se realizó investigación bibliografica para detrmnar si en la zona de análisis habitan especies endémicas. Dado que, el área se encuentra dentro del Area Nacional de Recreación Villamil Playas (ANRVP) se hizo uso de su plan de manejo.	No hay estudios disponibles dirigidos a la caracterización de especies de flora nativas, amenazadas y endémicas de la zona de estudio
<b>Especies de alta prioridad</b>	Las especies de prioridad mayor llaman la atención del ente público y de intervenciones financieras.	Se califica con el mínimo valor, 1, si hay ausencia de estas especies o; con 2, si hay presencia.	Se realizó investigación bibliografica para detrmnar si en la zona de análisis habitan especies endémicas. Dado que, el área se encuentra dentro del Area Nacional de Recreación Villamil Playas (ANRVP) se hizo uso de su plan de manejo.	No hay estudios disponibles dirigidos a la caracterización de especies de flora nativas, amenazadas y endémicas de la zona de estudio
<b>Áreas protegidas cercanas que podrían representar fuentes potenciales de propágulos (km)</b>	Las áreas protegidas cercanas al sitio de análisis son muy importantes ya que pueden ser una potencial fuente de propágulos ayudando a la revegetación de las dunas en la playa.	Se valora el indicador de acuerdo con la distancia que existe entre el sitio más cercano protegido que represente una fuente potencial de propágulos y el área en cuestión. Si la distancia es mayor de 100km, se califica con 1; si es está entre 51 y 100 km, con 2; si está entre 20 y 50, con 3; si es menos de 20km, con 4.	Mediante investigación se identifican los sitios protegidos del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador ,SNAP, luego se calcula la distancia del sitio más cercano	Se recomienda contar con un biólogo experto para corroborar resultado de investigación y ampliar conocimientos el área.
<b>Patrimonio cultural: Distancia a los sitios del patrimonio natural y cultural (km)</b>	Las costas han sido habitadas desde hace milenios por lo humanos y en ellas hubieron importantes asentamientos. Por tanto los vestigios de estas notables culturas yacen en las playas o cerca de ellas.	Se determina la distancia a sitios denominados como patrimonio cultural. Si la distancia es mayor de 100km, se califica con 1; si es está entre 51 y 100 km, con 2; si está entre 20 y 50, con 3; si es menos de 20km, con 4.	A través de investigación bibliográfica se indentificaron los lugares de patrimonio cultural tanquible de la costa ecuatoriana, principalmente sitios arqueológicos y museos de vestigios de culturas precolombinas. De diaculó la distancia del más cercano hasta el sitio de estudio.	Se recomienda contar con un arqueólogo experto para corroborar resultado de investigación y ampliar conocimientos el área.
<b>Recreación (Distancia de sitios turísticos distintos al sitio de estudio)</b>	El turismo representa un rubro muy grande en la economía, la playa es uno de los destinos preferidos en este ámbito. Los sitios turísticos ubicados cerca del área de análisis repercuten en la concurrencia de los visitantes al lugar de evaluación.	El indicador evalúa la distancia del sitio de análisis a otras áreas turísticas, se califica con 1 si este último está a más de 100 km; 2 si está entre 51 y 100 km; 3 si está entre 20 y 50 km y con 4 si es menos de 20 km.	Mediante entrevistas guiadas a la población del area de análisis se preguntó por los sitios turísticos más cercanos a Data de Villamil, entre ellos los destinos playeros y no playeros.	No especifica si son sitio turísticos playeros o dentro de la ciudad. Tampoco cuanta concurrencia deben de tener dichos sitios para ser catalogados como turísticos.

## Anexo B Encuestas a la comunidad para la evaluación

### EVALUACIÓN DE ÍNDICE REDUN

1) Qué **tipos estructuras** se ubican sobre las dunas (parte alta de la playa) temporada alta y baja?

Sillas playeras    Carpas    ~~Carpas con hamacas~~

2) Cuántas estructuras y en qué distancia sobre duna móvil:

Ninguna    1/km    2- 5 /km    >5/km

3) Existe tránsito de **ganado** sobre la duna, con qué intensidad, qué temporadas?

4) Existe tránsito de **personas** sobre la duna, con qué intensidad, qué temporadas?

5) Existe tránsito de **vehículos** sobre la duna, con qué intensidad, qué temporadas?

6) Existe **extracción de arena** de las dunas

7) Existe **descarga aguas** a la playa

8) **Sitios turísticos más cercanos** a este sector de Data de Villamil, playeros y no playeros

9) **Servicio de Protección:** Cuando hay un oleaje fuerte o un Niño, al mar inunda la primera línea de construcciones? Con que frecuencia?

~~Ninguna~~    Sporadic    Frecuente

10) **Servicio paisajístico:** Cuanto visitante al año reciben en este sector de Data de Villamil, en temporada alta, baja, fines de semana entre semana?

Bajo    Medio    Alto

### Anexo C Planillas de características litorales con LEO

Ubicación de la zona:		Fecha:												Latitud:	-2.7009528
Lugar de observación:		Fase lunar:												Longitud:	-80.3309885
		Observador:												Orientación (°):	128I-52D
		Proyecto:													
		10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	:	PROMEDIO	Observaciones
CORRIENTE LITORAL	Horas	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	:	PROMEDIO	Observaciones
	Espacio (m)	32.4	22.2	18.6	18.6	17.4	24	20.4	3.6	8.4	3.6	6		15.93	:
	Tiempo (s)	130	128	46	30	44	59	66	54	72	32	37		63.45	:
	Dirección*	I	I	I	I	I	I	I	D	I	D	I		I	:
	Velocidad (m/s)	0.249	0.173	0.404	0.62	0.395	0.407	0.309	0.067	0.117	0.113	0.162		0.27	:
	Corriente de resaca	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO		NO	:
	Ancho de zona de surf	8	10	10	10	8	15	12	30	20	12	20		14.09	:
	Distancia L.A. al flotador (m)	51	48	42	39	33	30	19.2	20.4	18	18	16.8		30.49	:
	Distancia L.A. a rompiente	54	49.5	45	40.5	36	32	21.2	21.9	19.5	23	21.8		33.13	:
	Distancia desde I.P. a L.A.	24	24	25.8	22.8	24.6	24	18	8.4	11.4	6	4.2		17.56	:
VIENTO	Velocidad	4.8	4.4	4.4	4.6	4	4.1	4.3	4.2	4.1	4.6	4.6		4.37	:
	Dirección	195	220	215	230	219	240	230	250	220	255	280		232.18	:
OLAS	Ortogonal	140	140	145	140	130	129	135	135	138	135	135		136.55	:
	Tipo**	S-P	S-P	S-P	S-P	S-P	S-P	S-P	S-P	S-P	S-P	S-P		S-P	:
	Periodo***	73	57	85	116	120	94	102	106	83	119	133		98.91	:
	Periodo/10	7.3	5.7	8.5	11.6	12	9.4	10.2	10.6	8.3	11.9	13.3	0	9.07	:
N° de observación		Alturas (cm)													
	1	90	70	50	50	80	50	50	80	50	50	50		60.91	:
	2	95	50	70	70	120	70	80	80	90	60	50		75.91	:
	3	95	80	70	100	90	90	90	50	50	40	80		75.91	:
	4	90	80	80	120	100	90	90	80	20	30	90		79.09	:
	5	100	90	90	100	80	70	30	90	10	30	50		67.27	:
	6	50	50	60	90	100	50	20	90	20	80	40		59.09	:
	7	50	90	30	70	80	20	50	100	90	110	60		68.18	:
	8	80	110	50	90	80	50	50	50	80	115	40		72.27	:
	9	90	100	80	50	50	50	70	50	50	100	80		70.00	:
	10	90	90	90	80	50	80	50	80	30	80	100		74.55	:
	Promedio	83	81	67	82	83	62	58	75	49	69.5	64		70.32	:

