

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

**E**l área de estudio comprende la Bahía de Luperón, ubicada en la costa Norte de la República Dominicana, en la Provincia de Puerto Plata, en el Municipio Luperón. En particular, se estudiaron todos los ecosistemas costeros y marinos incluidos en su lóbulo occidental, desde la Cañada La Alhorrada en su extremo Suroeste, hasta la zona oceánica adyacente, en su extremo Noreste.

Debido a que la región terrestre del entorno de la Bahía de Luperón resultaba demasiado extensa para estudiarla totalmente, se seleccionó un área de aproximadamente 46,500 m<sup>2</sup> al Sur de la bahía, que puede considerarse representativa de las condiciones geomorfológicas y ecológicas generales de la región. Esta área se encuentra enmarcada en un polígono cuyas coordenadas UTM/NAD-27 son: 295165 E/2201085 N, 295484 E/ 2201085 N, 295484 E / 2200546 y 295165 E / 2200546 N, en la cual se realizaron básicamente las investigaciones ecológicas terrestres (Fig. 2.1).

### CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA

#### HIDROLOGÍA Y CLIMA

Se colectó información climatológica e hidrométrica relevante a la región de interés proveniente de las Estaciones Climáticas del Aeropuerto La Unión, La Isabela y las Estaciones Termoplumiométricas de Imbert, Altamira y Luperón, en Puerto Plata. A partir de la información recopilada: a) se realizó el análisis espacio temporal de la precipitación para diferentes períodos de retorno, b) se determinó la Evapotranspiración Potencial y el Balance de Humedad, c) se evaluó la distribución anual de la temperatura y e) se hizo un análisis de las características del viento (velocidad y dirección) y su permanencia. Además, se realizaron algunas valoraciones de la situación regional a la luz del cambio climático, a partir de los criterios que ofrecen Limia (2001) y Herrera y Betancourt (2001) para la República Dominicana.

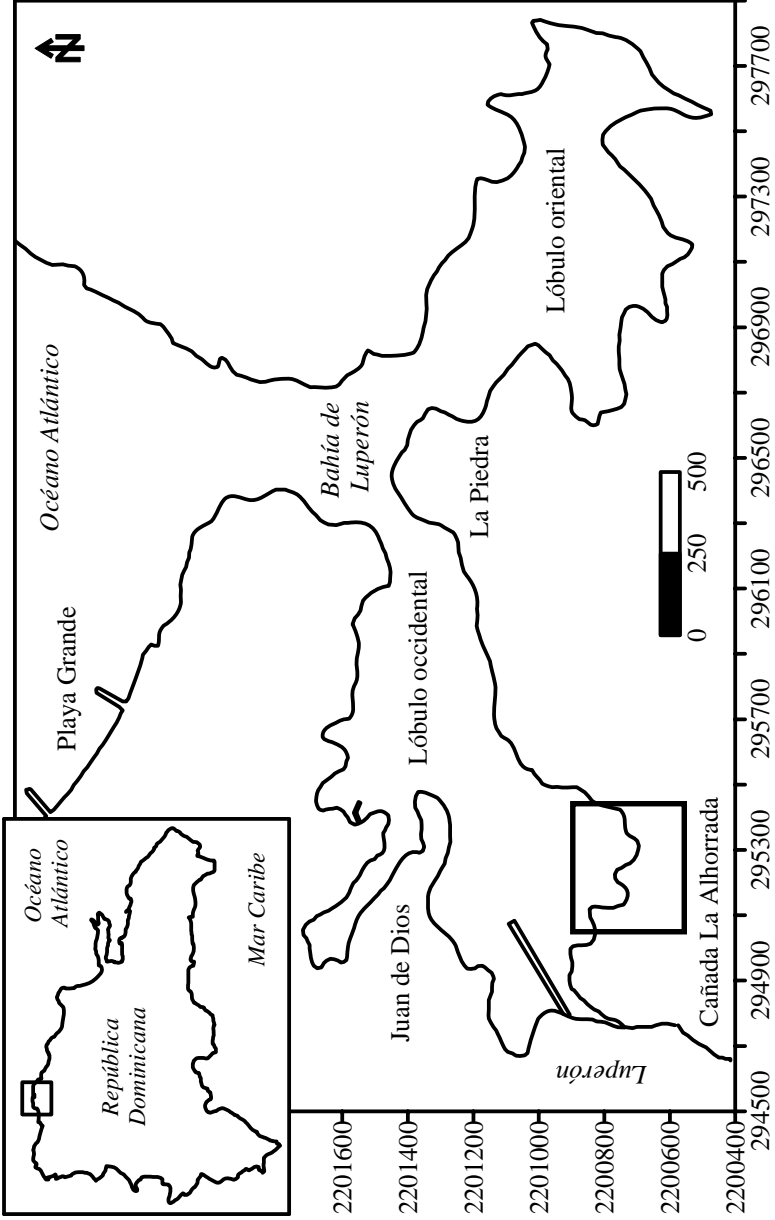


Fig. 2.1. Bahía de Luperón, en la plataforma Noroeste de la República Dominicana. El presente estudio se realizó solo en el lóbulo occidental. El rectángulo indica el área terrestre estudiada.

En la región de estudio se identificaron los cauces, las retenciones superficiales presentes y las zonas con alto potencial de erosividad ante la presencia de las precipitaciones. Debido a que la región no cuenta con cauces importantes de régimen permanente, no existe hasta el momento ningún tipo de medición de caudales, por lo que fue preciso recurrir a la estimación de los mismos mediante la utilización del modelo de simulación hidrológica “Avenidas”, basado en el método del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos, conocido como el método del número de la curva CN (SCS, 1972).

Considerando que el curso de agua superficial más relevante en el lóbulo occidental de la Bahía de Luperón es la Cañada La Alhorrada (Fig. 2.1), se realizó una inspección de su cauce para determinar sus características ambientales y sus fuentes contaminantes. Además, se tomaron muestras de agua superficial para determinar algunos parámetros físicos, químicos y microbiológicos en dos estaciones: el puente frente al Puesto Militar (Estación 12: Coordenadas UTM 294818 E/ 2200918 N) y el puente frente al Cementerio (Estación 13: Coordenadas UTM 294762 E/ 2200589 N) a unos 590 m aguas abajo del punto anterior. Los parámetros considerados fueron: conductividad, pH, sulfatos, nitratos, nitritos, amonio, fosfatos, calcio, sodio, magnesio, carbonato, cloro, sólidos totales sedimentables, sólidos totales disueltos, alcalinidad, Demanda Química de Oxígeno (DQO), aceites/grasas y parámetros microbiológicos (coliformes totales, coliformes fecales y *Pseudomonas*). Todos los análisis fueron realizados en los laboratorios del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDHRI) a excepción de los aceites y grasas que fueron realizados en el laboratorio de la Universidad INTEC. Se emplearon técnicas estándares de análisis de agua (APHA, 1995).

## **GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA COSTERA Y MARINA**

Como base para la descripción de la geología costera y marina del lóbulo occidental de la Bahía de Luperón se realizó la interpretación del mapa geológico de la República Dominicana (escala 1:250 000) elaborado por el Instituto Cartográfico Militar,

el mapa hidrogeológico del INDHRI y las ortoimágenes Spot (1:50 000). Teniendo en cuenta el predominio de depósitos sedimentarios del Cuaternario en el área, la caracterización geológica se completó con un muestreo de sedimentos superficiales en once estaciones (Fig. 2.2) que cubrieron todo el interior del lóbulo occidental de la bahía y la zona de plataforma próxima. Las muestras fueron tomadas directamente con un tubo de muestreo tratando de realizar la menor perturbación posible de la superficie de los sedimentos. La caracterización de los sedimentos se orientó a lograr una descripción del área, así como a evaluar la dinámica de deposición y transporte como parte del funcionamiento integral del sistema costero. Para ello, se analizó la distribución espacial de los materiales y su correspondencia con el sistema general de corrientes. Todas las estaciones de colecta fueron georeferenciadas, utilizando un GPS (Sistema de Posicionamiento Global) MAGELLAN-315, en el sistema de coordenadas Universales Transversas de Mercator (UTM), referidas al NAD 27 para la región del Caribe.

Para el análisis de la granulometría, en el caso de las arenas, las muestras fueron secadas, pasadas por tamices (4760, 2000, 1000, 500, 250, 125, 62 y 37 micrones) y pesadas. La caracterización de los sedimentos se realizó con la transformación a unidades phi ( $\phi$ ) propuesta por Krumbein (1934), que viene dada por la relación:  $\phi = -\log_2 d$ , lo que es equivalente a:  $2^{-(\phi)} = d$ , en las cuales  $d$  es el diámetro del sedimento en mm. Utilizando la representación gráfica de la distribución acumulativa del peso por fracciones granulométricas en unidades phi, se determinaron como parámetros estadísticos la mediana, la media, la desviación estándar, la asimetría y la curtosis. De acuerdo con su diámetro medio, las muestras fueron clasificadas por la escala de Wentworth y la Clasificación Unificada de Suelos.

En las muestras con altos contenidos de arcillas y limos, se diferenciaron los porcentajes de material según el diámetro de la malla (mm) por donde escapan las diferentes fracciones, que se categorizan como: a) grava (76.2 a 4.76), b) arena gruesa (4.76 a 2.00) c) arena media (2.00 a 0.42), d) arena fina (0.42 a 0.074), e) limo (0.074 a 0.005) y f) arcilla (< 0.005).

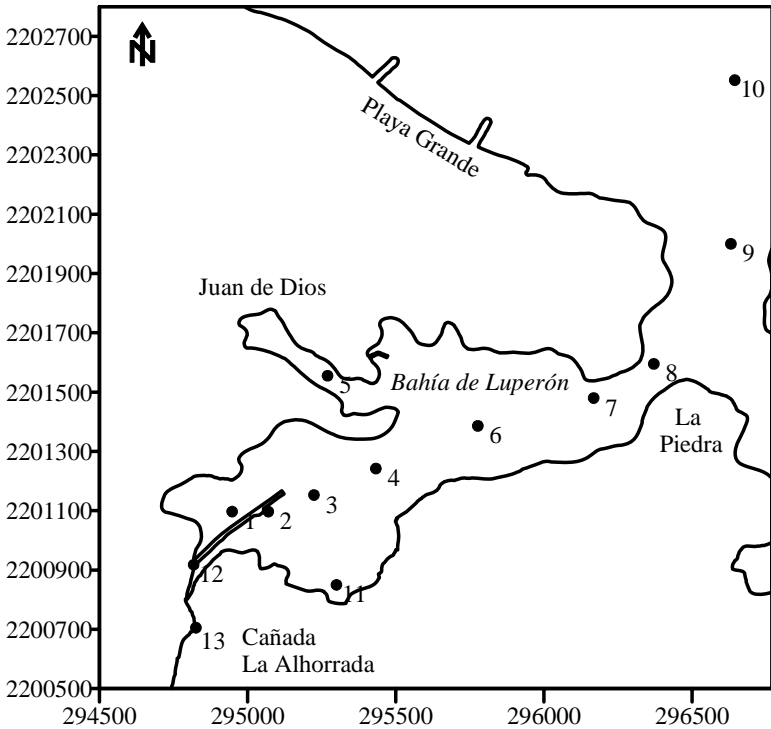


Figura 2.2. Red de estaciones en la Bahía de Luperón y el área costera y marina que sirvieron de base a los muestreos sedimentológicos, hidroquímicos y ecológicos. Se han incluido las estaciones de muestreo en la Cañada La Alhorrada mencionadas en el apartado de hidrología.

A partir de la caracterización espacial de los sedimentos se realizó una valoración integral del funcionamiento dinámico del área, considerando las velocidades de corrientes estimadas con modelos numéricos de circulación y mediciones directas con cuerpos de deriva. Se tuvieron en cuenta los criterios de varios autores en relación con las velocidades de corrientes críticas para el inicio del movimiento de las partículas sedimentarias, si bien el esquema inicial de dinámica de sedimentos se realizó a partir de Hjulstrom (1939). Así, se resumieron las corrientes capaces de provocar la movilización y transporte de los sedimentos y las condiciones en que se produce su deposición, lo que da como resultado la distribución espacial actual de los materiales sueltos.

## **BATIMETRÍA**

La información batimétrica proviene básicamente de la Carta Náutica de Puerto Blanco de Luperón del Instituto Cartográfico Militar, en escala 1:10,000. Debido a que los dragados periódicos provocan cambios notables en la topografía del fondo, en aquellos puntos en que fue necesario se rectificó la profundidad con una Ecosonda Portátil SCUBAPRO Modelo PDS-2, con alcance de 100 m. Se realizó un modelo batimétrico digital (MBD) a partir de datos puntuales en coordenadas (x,y,z) obtenidas mediante georeferenciación en el campo y/o ubicación de profundidades en la Carta Náutica.

## **MAREAS**

En la predicción de la marea se emplearon los constituyentes armónicos simples de Puerto Plata, calculados a partir de los registros históricos de marea y reportados en la Tabla de Marea de los Grandes Puertos del Mundo (No. 540) del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Marina de Francia. Para el cálculo final de las predicciones se utilizó el programa WXTide32 de 1998 y los resultados fueron corroborados mediante observaciones directas en el lugar durante las campañas oceanográficas. A partir de los pronósticos de marea, se calculó la corriente generada por este fenómeno astronómico.

## **CARACTERIZACIÓN HIDRODINÁMICA**

La dinámica del lóbulo occidental de la Bahía de Luperón está gobernada por factores tanto de carácter regional como local, que como resultado de una compleja interacción determinan los patrones de circulación del agua y el intercambio de masa y energía con el océano. Por esta razón, para describir con mayor exactitud la dinámica de la bahía se consideraron cuatro tipos de corrientes: a) corrientes asociadas a los cambios del nivel del mar por las mareas, b) corrientes generadas por el oleaje de aguas abiertas, c) corrientes generadas por el oleaje local y d) corrientes debidas a la transferencia de la energía del viento.

## **Corrientes de marea**

Para predecir la magnitud y dirección de las corrientes de marea se utilizó el Modelo Numérico Espacialmente Integrado para Canales Hidráulicos (ACES, 1992)<sup>1</sup>. No se consideraron los aportes de agua dulce de la Cañada La Alhorrada por ser irrelevantes en comparación con los volúmenes de intercambio de agua que se producen a través del canal. Para la aplicación y ajuste del modelo se consideraron cinco tipos de datos de entrada: a) datos generales que describen la configuración del sistema y datos temporales, b) geometría del canal, descrita a partir de sus secciones transversales y su localización en forma tabular, c) condiciones de frontera en aguas abiertas (fundamentalmente las variaciones del nivel del mar a partir de las predicciones tabuladas de los constituyentes armónicos de la marea), d) condiciones de frontera en la bahía (área y factor de forma), excepto los ingresos adicionales de agua dulce provenientes de la cañada y e) localización de los sitios para el cálculo de la velocidad de la corriente y la descarga resultante de la simulación. Como convenio para definir los parámetros de la simulación, el canal se dividió en celdas discretas en forma de una rejilla de flujo formada por canales y secciones transversales (Fig. 2.3).

La geometría del canal y las condiciones de frontera de la bahía se determinaron sobre la carta RD 131 a escala 1: 10 000, verificando los datos con mediciones georeferenciadas de la profundidad. Las variaciones del nivel del mar debidas a la marea se seleccionaron de las predicciones del programa TIDES desarrollado por Nautical Software Inc., utilizando los datos de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) y el CHS (Canadian Hydrographic Service).

---

<sup>1</sup> Método numérico diseñado para casos en que los niveles del agua fluctúan uniformemente a través de la bahía y el volumen de agua almacenado en el canal (entre la marea alta y baja) es despreciable comparado con el prisma de agua que se mueve a través del canal y es almacenado en la bahía, consideraciones válidas para el lóbulo occidental de la Bahía de Luperón.

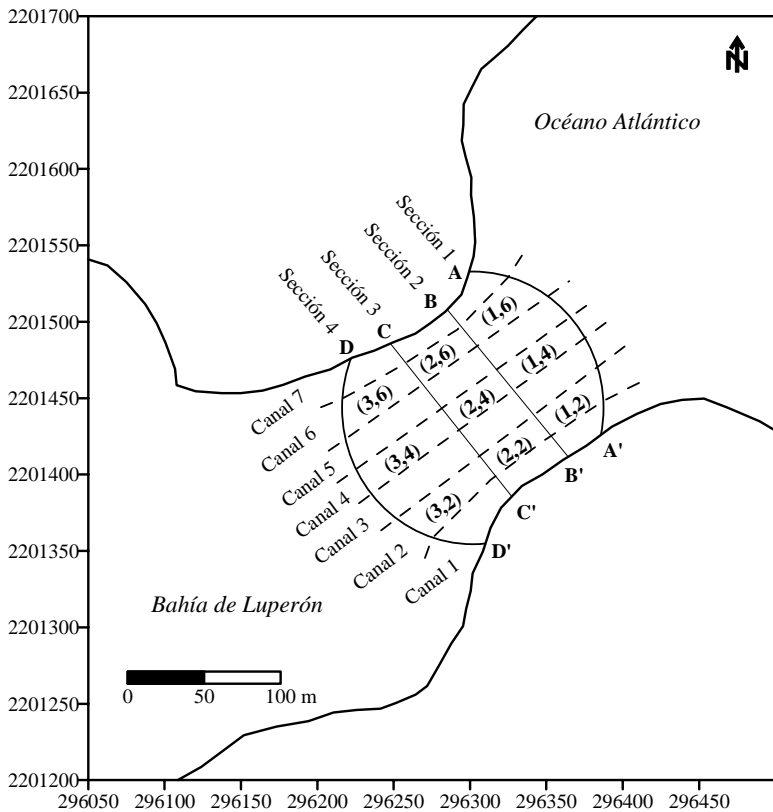


Figura 2.3. Secciones y canales para el cálculo de la velocidad de las corrientes de marea en la boca del lóbulo occidental de la Bahía de Luperón.

Se consideraron siete canales de flujo (Fig. 2.3) y cuatro secciones transversales (Fig. 2.4), con coeficientes de pérdida por flujo y reflujo de 4.0000 y 1.0000, respectivamente, valores de  $C_1$  y  $C_2$  de 0.037770 y 0.000667, respectivamente y un área estimada para la bahía de 735,569.55 m<sup>2</sup>. Además, se consideraron tres condiciones: a) llenante tipo (flujo máximo), b) vaciante tipo (reflujo máximo) y c) día promedio (flujo y reflujo habitual), tomando como fechas de comienzo: diciembre 5, noviembre 6 y agosto 5 del 2002, respectivamente. En todos los casos la hora de comienzo de la simulación fue las 12:00 a.m., el paso de tiempo de 60 segundos, la longitud de la simulación de 24 horas y el intervalo de tiempo tabular de salida de 30 minutos (Fig. 2.5).

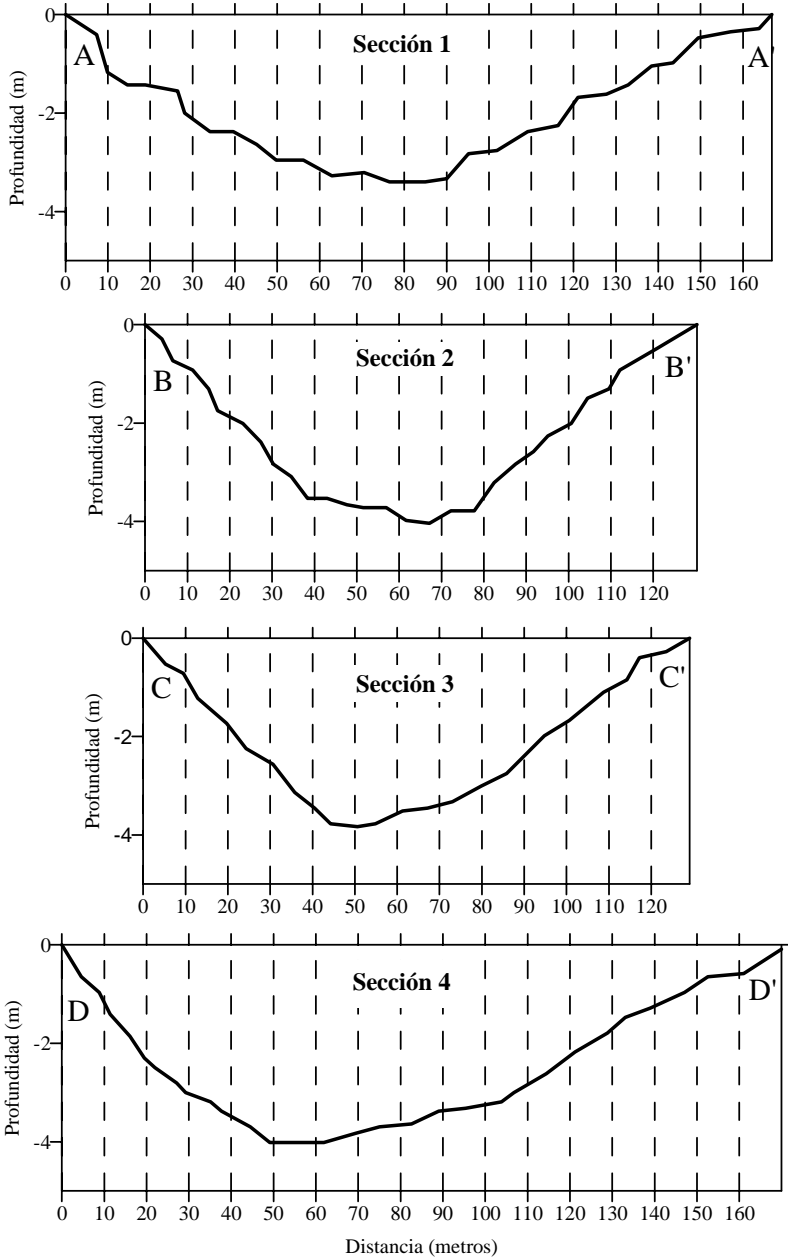


Figura 2.4. Secciones para el cálculo de la velocidad de las corrientes de marea en la boca del lóbulo occidental de la Bahía de Luperón.

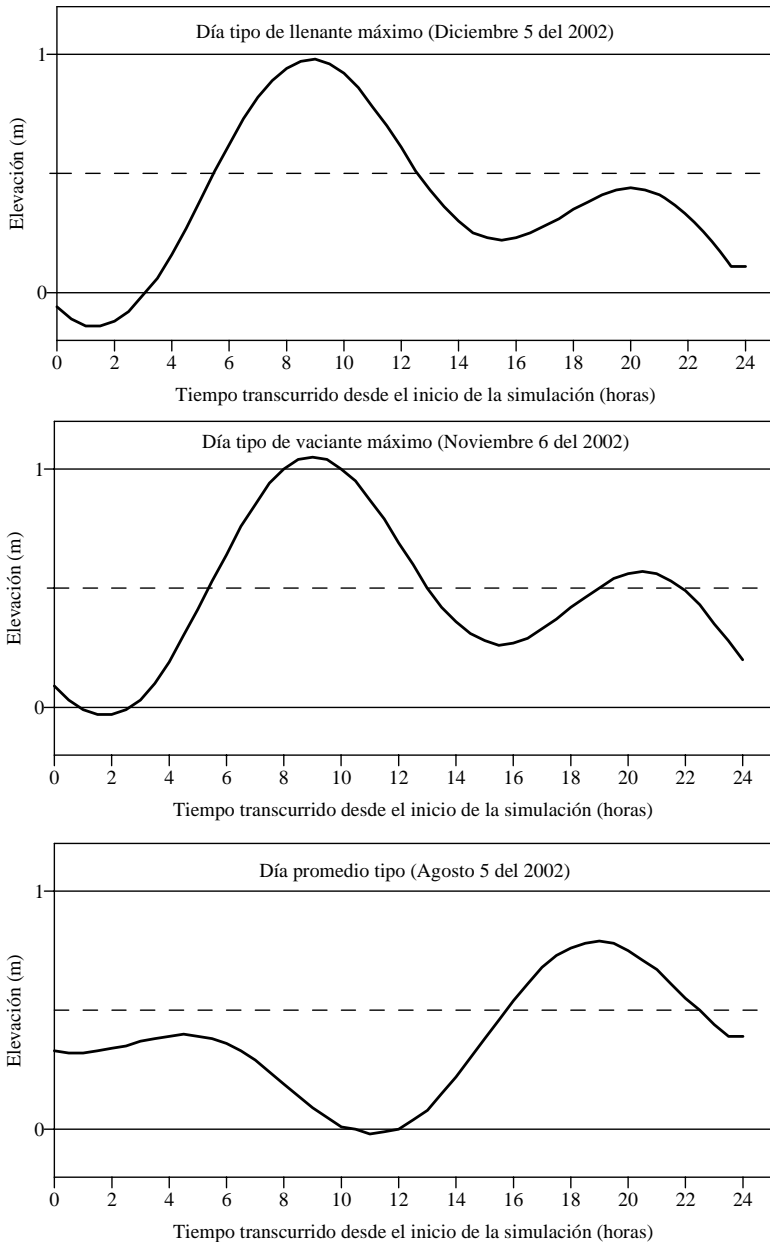


Figura 2.5. Días tipo para el cálculo de la velocidad de las corrientes de marea en la boca del lóbulo occidental de la Bahía de Luperón.

## **Corrientes generadas por el oleaje de aguas abiertas**

En la caracterización inicial del oleaje en aguas abiertas se utilizaron las estadísticas del Global Wave Statistics, reportadas para el Área 33 de la región del Atlántico, que resumen el comportamiento a largo término del oleaje a partir de una descripción direccional completa del período y la altura de las olas, en términos de probabilidad de no excedencia. También incluyen un resumen estacional del oleaje por rumbos, en el que se considera tanto el oleaje de tipo *Sea* como *Swell*, entendiéndose por *Sea* el oleaje provocado por el viento local y *Swell*, a las olas formadas a grandes distancias y que al llegar al área de interés ya no están bajo la influencia del viento que las originó.

Dado que en aguas someras las olas sufren una serie de transformaciones en sus principales características (como altura y dirección de propagación), para evaluar la incidencia efectiva del oleaje oceánico en el interior de la bahía se realizó una simulación matemática a escala general de la transformación de las ondas. Para los cálculos se empleó una rejilla de profundidades generada a partir de la interpolación de los datos batimétricos con el programa SURFER versión 8.0 de la Golden Software Inc.

Sobre la matriz de profundidades interpoladas se realizó la simulación de la propagación de las olas empleando el programa REFDIR 10 desarrollado en el Centro de Estudios de Puertos y Costas (CEPYC) del Ministerio de Obras Públicas y Transporte de España, que considera los efectos de disipación de energía, fricción de fondo, ruptura del oleaje, interacción con las corrientes y oleaje irregular. Como resultado se presentan los planos de isoagitación (líneas de igual altura de ola) y frentes de onda para condiciones habituales y extremas.

Se prestó atención especial a la penetración de la energía por la boca de la bahía y su posible influencia sobre el área interior. Conociendo las principales características de las olas que son capaces de penetrar en el lóbulo occidental de la bahía, se estimó también la velocidad del transporte de masa superficial. Para ello,

se utilizaron las formulaciones derivadas de la teoría de oleaje de segundo orden de Stokes para ondas de amplitud finita.

### **Corrientes generadas por el oleaje local**

Además de evaluar el papel del oleaje oceánico, también se hizo un análisis detallado de la formación de olas en el interior de la propia bahía. Para los cálculos se empleó el método propuesto en el ACES (1992), desarrollado por el Departamento de la Armada del Centro de Investigaciones de Ingeniería Costera de los Estados Unidos y que mejora el procedimiento descrito en el SPM (1984).

Utilizando los datos de vientos de la Estación Climática de La Unión, en Puerto Plata, se calculó el viento equivalente a 10 metros de elevación bajo condiciones de estabilidad neutral y coeficiente de arrastre ( $C_D$ ) constante. Teniendo en cuenta las particularidades de la bahía, para la simulación se consideró un fetch restringido por una geometría compleja y en las ecuaciones de crecimiento de la ola se consideraron profundidades someras incluyendo el efecto de la fricción del fondo, según ACES (1992).

La definición de las condiciones de contorno para determinar el fetch en el interior de la bahía, se realizaron de acuerdo a los convenios propuestos en el ACES (1992). Para la determinación del fetch efectivo se utilizó la carta RD 131 a escala 1:10 000. Los pronósticos de oleaje se ajustaron con observaciones de la altura y el período de la ola en el lugar y simultáneamente con las observaciones se realizaron mediciones de la velocidad y dirección del viento local. Finalmente, al igual que para el caso del oleaje de aguas profundas, también se estimó la velocidad del transporte de masa superficial empleando la teoría de oleaje de segundo orden de Stokes para ondas de amplitud finita.

### **Corrientes debidas a la transferencia de la energía del viento**

Además de las corrientes generadas por el oleaje, se consideró el movimiento de la capa superficial del agua como resultado de la transferencia de energía en la superficie de contacto entre la

atmósfera y el océano. Este movimiento de masa se produce en la misma dirección del viento y con una ligera desviación hacia la derecha de la dirección de movimiento en el Hemisferio Norte, como consecuencia de la fuerza de Coriolis. En la estimación de estas corrientes se utilizaron los criterios propuestos por el SPM (1984), sustentados en experimentos de laboratorio y mediciones de campo. Según los resultados presentados por la mayoría de estos autores, la velocidad de la capa de agua superficial alcanza un movimiento equivalente al 2 ó 3 % de la velocidad del viento. Para los cálculos se utilizaron los datos de viento de la Estación Climática de La Unión, en Puerto Plata.

Luego de evaluar las corrientes generadas por cada una de las fuerzas que actúan en la bahía, se definió el sistema dinámico general. Para verificar los resultados de la modelación y conocer el comportamiento de la corriente real se realizaron experimentos con cuerpos de deriva. Los flotadores fueron diseñados de manera que ofrecieran una resistencia mínima al viento para que su movimiento estuviera controlado solamente por la masa de agua. Los cuerpos fueron lanzados desde una pequeña embarcación bajo diferentes condiciones de marea, viento, oleaje y distancias de la costa.

La velocidad y dirección de desplazamiento se registró con un GPS Magellan 315, a intervalos de tiempo regulares y simultáneamente se midió la velocidad y dirección del viento, además de apreciar visualmente la altura de las olas (Tabla 2.1) con referencia a la Escala de Beaufort. Los resultados de las mediciones directas de la velocidad y dirección de las corrientes sirvieron de base para las simulaciones, según los modelos de ACES (1992).

## **OCEANOGRAFÍA QUÍMICA Y CALIDAD DEL AGUA**

Se efectuaron dos campañas oceanográficas con el interés de obtener un panorama de la situación hidroquímica general y de calidad de agua de la bahía y la zona costera y marina inmediata, durante dos fases del ciclo de marea. La primera campaña se realizó el día 5 de agosto de 2002, abarcando desde las 7.15 a. m. hasta las 10.16 a. m., coincidiendo con el vaciante de la marea.

*Apuntes ecológicos para la conservación de la Bahía de Luperón*

Tabla 2.1. Datos de los experimentos con cuerpos de deriva realizados en diferentes condiciones de marea y vientos, como parte del estudio del patrón de corrientes en la descripción ambiental de la Bahía de Luperón. Condición relativa del viento (V): A. Ausente, M: Moderado, F. Fuerte. Situación de la marea (Ma): B: Bajamar, P. Pleamar. La dirección del viento fue siempre E-NE.

Día/Mes	Inicio	Final	UTM E	UTM N	Ma	V
5/8	7:26 a.m.	9:58 a.m.	295083	2201086	B	A-M
5/26	7:45 a.m.	8:29 a.m.	295461	2201293	P	M
9/16	9:00 a.m.	10:46 a.m.	296180	2201496	P	M
9/16	9:27 a.m.	10:55 a.m.	296321	2201562	P	M
9/ 16	9:27 a.m.	10:54 a.m.	296321	2201562	P	M
9/ 17	4:36 p.m.	6:03 p.m.	296330	2201521	P	M- F
9/ 17	4:36 p.m.	5:59 p.m.	296330	2201521	P	M- F
9/ 17	4:36 p.m.	6:02 p.m.	296330	2201521	P	M- F
9/ 17	4:36 p.m.	6:01 p.m.	296330	2201521	P	M- F
9/ 17	4:36 p.m.	6:01 p.m.	296330	2201521	P	M- F
11/ 1	7:28 a.m.	7:50 a.m.	295112	2201102	B	A-M
11/ 1	7:28 a.m.	7:50 a.m.	295112	2201102	B	A-M
11/ 1	7:57 a.m.	8:38 a.m.	295285	2201204	B	A-M
11/ 1	7:57 a.m.	8:38 a.m.	295285	2201204	B	A-M
11/ 1	8:43 a.m.	9:19 a.m.	295721	2201361	B	A-M
11/ 1	8:43 a.m.	9:19 a.m.	295721	2201361	B	A-M
11/ 1	9:23 a.m.	9:51 a.m.	296037	2201366	B	A-M
11/ 1	9:23 a.m.	9:51 a.m.	296037	2201366	B	A-M
11/ 1	10:02 a.m.	11:39 a.m.	296401	2201598	B	A-M

La segunda campaña oceanográfica se realizó el día 16 de septiembre de 2002, abarcando desde las 7.15 a. m. hasta las 10.16 a. m., coincidiendo con el llenante de la marea. En ambas campañas, se muestrearon once estaciones fijas georeferenciadas (Fig. 2.2), donde se realizaron mediciones de varios parámetros, según se describe seguidamente.

La transparencia del agua se estimó por el método del Disco Secchi; la temperatura se midió con un termómetro oceanográfico con precisión de 0.1°C, tras la aclimatación del equipo en la muestra de agua; la salinidad se determinó por el método

de titulación de Mohr-Knudsen y el oxígeno disuelto (OD) se determinó por el Método Iodométrico de Winkler con la modificación de la Azida Sódica. La Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ) se estimó por la diferencia de los valores de OD en muestras incubadas en oscuridad, durante cinco días a temperatura ambiente (entre 27 y 30°C) en frascos herméticos.

Empleando cintas para calidad de agua (“water quality test strips”) de la HACH (2001) se evaluaron las concentraciones superficiales de los siguientes nutrientes, cuyos intervalos de variación se indican entre paréntesis: nitrógeno de nitrito (0, 0.15, 0.3, 1, 1.5 y 3 mg/l), nitrógeno de nitrato (0, 1, 2, 5, 10, 20 y 50 mg/l), nitrógeno de amonio (0, 0.25, 0.5, 1, 3 y 6 mg/l) y fósforo de fosfatos (0, 5, 15, 30 y 50 mg/l). Cualitativamente, a través de su olor o por la presencia de películas oleosas en la superficie del agua, se evaluó la contaminación por hidrocarburos, aplicando para ello los criterios de estándares narrativos propuestos por Herrera y Betancourt (2003).

En algunas estaciones se tomaron muestras de agua superficial para análisis de aceites y grasas, que fueron realizados en el Laboratorio de la Universidad INTEC. Como marco normativo para comparar los valores obtenidos de los diferentes parámetros físicos y químicos se emplearon los estándares para aguas costeras de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARN, 2001).

## **CARACTERIZACIÓN BIÓTICA**

### **DEFINICIÓN Y CARTOGRAFÍA DE ECOSISTEMAS**

Para la definición de ecosistemas y ambientes terrestres, costeros y marinos se consideraron los resultados de todos los muestreos ecológicos que suministraron información sobre: a) su ubicación, extensión y características físicas, b) su distribución espacial, c) la interrelación de sus asociaciones bióticas, d) su estructura y composición específica -cualitativa y cuantitativa y e) la presencia de algunas especies características.

Estas observaciones fueron complementadas y/o precisadas con las fotos aéreas disponibles, cartas náuticas y mapas topográficos. Todas las estaciones de colecta y sitios de observación fueron georeferenciadas utilizando un GPS (Sistema de Posicionamiento Global) MAGELLAN-315 y quedaron referidas al sistema de coordenadas Universales Transversas de Mercator (UTM), NAD-27 para la región del Caribe. A partir de los datos de UTM se elaboró un mapa de ecosistemas y ambientes -con sus correspondientes zonas ecológicas- tanto de la zona terrestre estudiada como de todo el lóbulo occidental de la Bahía de Luperón. Esta cartografía temática se realizó con el Programa SURFER 8 de la Golden Software Inc. y la misma sirvió de apoyo tanto a la caracterización del ambiente biótico como a las valoraciones acerca de la situación de los mismos.

## **FLORA Y FAUNA TERRESTRES**

Se delimitaron todos los ecosistemas y ambientes terrestres presentes en el área seleccionada y en cada uno de ellos se realizó un inventario exhaustivo de la flora, la herpetofauna (anfibios, lagartos y reptiles) y la avifauna. Se consideraron estos dos últimos grupos por su relevancia en este tipo de ambientes y su valor bioindicativo para caracterizar –directa o indirectamente- la situación ecológica global.

Para el inventario de la flora se hicieron transectos longitudinales de 4 m de ancho en toda el área terrestre de estudio. En particular, para evaluar la vegetación ribereña asociada a la Cañada La Alhorrada se recorrieron unos 500 m aproximadamente a lo largo de su curso, hasta la desembocadura en la Bahía de Luperón. En esos transectos se anotaron y/o colectaron todas las especies de plantas vasculares presentes. Para hacer más completo el inventario florístico se incluyeron en éste todas las especies observadas fuera del área de muestreo efectivo que no estuvieran registradas en el mismo. La mayor parte de las plantas fueron identificadas en el propio terreno. Otras fueron colectadas y clasificadas taxonómicamente mediante las claves publicadas por Liogier (1985; 1995; 1996) y Rodríguez (1998).

Los nombres comunes utilizados corresponden, en lo posible, a las denominaciones que las plantas reciben en la zona, de acuerdo a Peguero y Clase (2002) y al Diccionario Botánico de Nombres Vulgares de La Española (Liogier, 2000). Algunos criterios de distribución corresponden a Hager y Zanoni (1993). La información botánica fue organizada en una tabla que presenta alfabéticamente las familias, géneros y especies; los nombres comunes, los tipos biológicos, el estatus biogeográfico y el ambiente donde la especie fue observada.

En la colecta de datos de la herpetofauna se realizaron varios viajes de muestreo en los cuales se efectuaron recorridos diurnos y nocturnos a lo largo de cada tipo de ecosistema, identificando *in situ* todas las especies y anotando el número de individuos observados durante el trayecto. Algunas identificaciones fueron verificadas con la guía de campo de Henderson *et al.* (1984). También se realizaron consultas con algunos moradores locales sobre algunas especies factibles de estar presentes, pero difíciles de visualizar con el método de recorridos.

En el inventario de la avifauna se usó la técnica de censo de búsqueda intensiva (Ralph *et al.*, 1994). Se recorrió el área de interés, tratando de penetrar en los lugares que se consideraron importantes y preferidos por alguna especie en particular. Para las especies acuáticas, que buscan su alimento en espacios abiertos formando grandes grupos, se identificaron los comederos y luego se utilizó la técnica de observación fija para anotar y escuchar todas las especies presentes.

Para las observaciones de los individuos se usaron binoculares marca Cannon, 7 x 35 modelo WP- 75° y observaciones directas. El trabajo tuvo una duración de dos días, y una noche, desde la 07:00 hasta la 22:00 horas. Para estimar la abundancia relativa se asumió la categoría de especies comunes para aquellas que se hallaron representadas con más de cinco individuos, y especies raras a las que se encontraron cinco o menos individuos. Para la clasificación de las especies se consultó el AOU (1998). Colateralmente, a través de entrevistas al azar, se colectó

información sobre la historia de la ornitofauna en el lugar, algunas especies en particular y los posibles impactos a los que han sido sometidas dichas especies.

## **FLORA Y FAUNA COSTERA Y MARINA**

Se definieron todos los ecosistemas costeros y marinos presentes en el lóbulo occidental de la Bahía de Luperón. La zona costera del borde de la bahía y parte de su área costera externa fue evaluada mediante recorridos paralelos a la costa, tratando de cubrir la mayor parte del área de interés. Durante las observaciones y el muestreo ecológico se describieron las características físicas de los ecosistemas costeros, su extensión, así como las especies dominantes de la flora y la fauna. En el ecosistema de manglar las observaciones incluyeron la flora y la fauna, tanto del suelo del manglar como de sus raíces.

En la zona marina, la región del estudio comprendió el lóbulo Oeste, desde el interior de la bahía hasta la zona costera externa, donde se ubicaron once estaciones básicas, tratando de cubrir la mayor extensión posible (Fig. 2.2). Alrededor de cada una de las estaciones se realizaron observaciones y muestreos ecológicos cualitativos mediante buceo con snorkel –libres o con el método de remolque– en un radio de al menos 50 m; y desde la embarcación en un radio de al menos 500 m. Esto último fue posible solo a partir de la Estación 8, pues la gran turbidez en el interior de la bahía impidió la observación de los cambios del fondo desde la propia embarcación y limitó en ocasiones el buceo directo. Por ello, fue necesario recurrir al método de rastreo para coleccionar los organismos del fondo, empleando una rastra manual y tamices con malla de 1 mm.

Todos estos métodos permitieron establecer los límites aproximados de los diferentes ecosistemas y ambientes marinos y describir sus características físicas como el tipo de sustrato (macrovegetación, fondos mixtos, arena o roca) y su extensión, las especies dominantes del macrofitobentos y el macrobentos de epifauna y su grado relativo de abundancia, dominancia o cobertura.

En particular, en la Estación 10 se realizó una campaña de buceo profundo con SCUBA en el borde de la plataforma, donde se evaluó la composición cualitativa de la fauna y flora macrobentónica, su abundancia y cobertura, así como la influencia de las aguas de la bahía sobre las condiciones ecológicas y ambientales de la pendiente arrecifal. El recorrido abarcó las Coordenadas UTM 296290 E/ 2202393 N y 296284 E/ 2202393 N, que comprende una profundidad desde 5 a 30 m.

Los grupos taxonómicos involucrados en los muestreos litorales y sublitorales fueron básicamente fanerógamas, macroalgas, esponjas, celenterados, equinodermos, crustáceos, moluscos y peces. La mayor parte de los ejemplares fueron identificados *in situ*, aunque en los casos dudosos se realizaron colectas para identificación en el laboratorio y las muestras fueron preservadas con formol al 10% neutralizado. Para la identificación de los diferentes grupos taxonómicos se emplearon claves, guías de campo o monografías sobre fanerógamas marinas (Den Hartog, 1970), algas (Wynne, 1998; Littler y Littler, 2000; Betancourt y Herrera, 2001a), esponjas (Hooper, 1995), octocoralios (Bayer, 1961), corales (Zlatarski y Martínez-Estalella, 1982; Humann, 1993), anémonas (Correa, 1964; Herrera y Betancourt, 2002), moluscos (Warmke y Abbot, 1962), equinodermos (Hendler *et al.*, 1995) y peces (Eschmeyer, 1998; FishBase, 2002).

## **ESPECIES AMENAZADAS**

Con el interés de brindar criterios acerca del posible grado de vulnerabilidad o amenaza de cualquiera de las especies reportadas para la región, las listas de flora y fauna obtenidas en los inventarios de la biodiversidad terrestre, costera y marina fueron confrontadas con las listas establecidas por Convenciones Internacionales, que definen algún grado de amenaza o vulnerabilidad a nivel mundial. Para tal fin, se consultaron los Apéndices de la Convención para el Comercio Internacional de Especies de la Flora y la Fauna (CITES, 2003) y la Lista Roja de especies de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (UICN, 2003).

## **PESCA LOCAL**

Se obtuvo información histórica sobre la situación del sector pesquero en Luperón a través de los trabajos de Fisheries Development Limited (1980) y Colom *et al.* (1994), la cual fue complementada y actualizada durante el presente estudio a través de encuestas grupales o con informantes claves y talleres con la Asociación de Pescadores de Luperón. Desde el punto de vista pesquero, la información obtenida concierne a: sitios de desembarco, aspectos económicos, áreas de pesca, métodos y artes de pesca y recursos pesqueros. Para éstos últimos, se realizaron muestreos en los sitios de desembarco, donde las capturas fueron identificadas en lo posible al nivel de especie (anotándose también los nombres comunes locales) y subdivididas según su pertenencia al complejo ecológico fluvial/lagunar, del litoral estuarino, arrecifes coralinos o aguas oceánicas.