



SEA

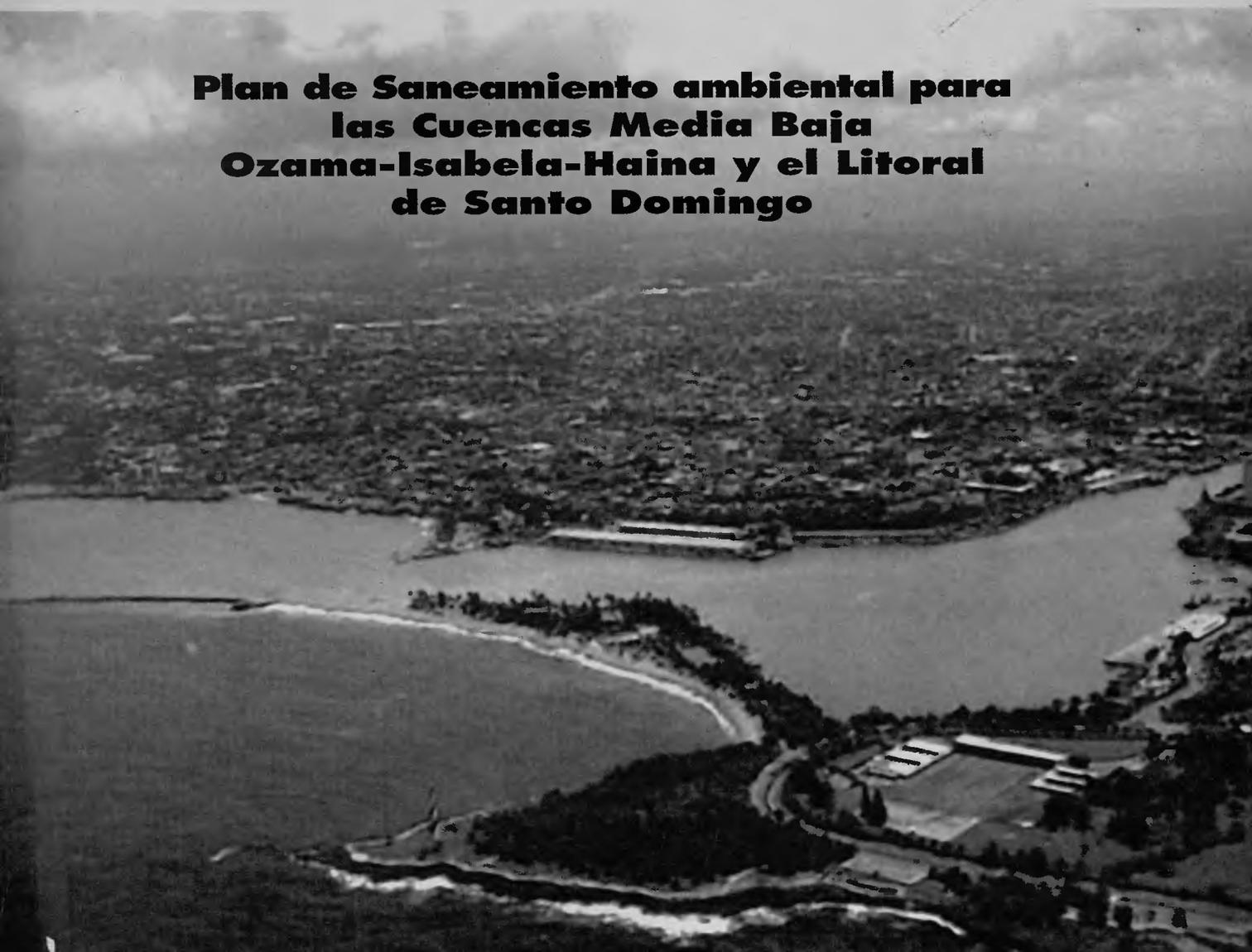


PACM

Secretaría de Estado de Agricultura  
Sub-secretaría de Recursos Naturales Programa Ambiental Costero-Marino

# PLANIFICACION Y MANEJO AMBIENTAL DEL LITORAL DE SANTO DOMINGO

**Plan de Saneamiento ambiental para  
las Cuencas Media Baja  
Ozama-Isabela-Haina y el Litoral  
de Santo Domingo**





SEA



PACM

**SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA**  
Sub-secretaría de Recursos Naturales-Programa Ambiental Costero-Marino

# Planificación y Manejo Ambiental del Litoral de Santo Domingo

**Plan de Saneamiento ambiental  
para las Cuencas Media Baja Ozama-Isabela-Haina  
y el Litoral de Santo Domingo**

Auspiciado

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente  
y  
Agencia Internacional para el Desarrollo

Asesorado

Centro de Ingeniería y Manejo Ambiental de Bahías y Costas

Reg. 2005-600

Donado por Lic. Hector Martínez, 2005



SECRETARÍA DE ESTADO DE AGRICULTURA

SUBSECRETARÍA DE RECURSOS NATURALES

# Planificación y Manejo Ambiental del Litoral de Santo Domingo

Este libro de texto es el resultado de un proceso de consulta y participación con los actores locales, nacionales e internacionales y el apoyo de la comunidad internacional.

1999

Primera edición

Secretaría de Estado de Agricultura  
Sub-Secretaría de Recursos Naturales  
Programa Ambiental Costero-Marino

Título:  
Planificación y Manejo Ambiental del Litoral de Santo Domingo

Impresión:  
Editora Alfa & Omega  
José Contreras No.69  
Tels:532-5577/78  
Santo Domingo, Rep. Dom.

BIBLIOTECA **AGN**

006009

006009

**INSTITUCIONES DE CONTRAPARTIDA NACIONAL**

**SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA**

**Subsecretaría de Recursos Naturales  
Programa Ambiental Costero Marino**

**SECRETARIA DE ESTADO DE LAS FUERZAS ARMADAS**

**Marina de Guerra  
Instituto Cartográfico Militar**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SANTO DOMINGO**

**Instituto de Física y Ciencias Nucleares  
Depto. de Parasitología y Microbiología  
Centro de Investigaciones de Biología Marina**

**INSTITUTO DOMINICANO DE TECNOLOGIA INDUSTRIAL**

**División de Acuáticos y Medio Ambiente**

**SECRETARIA DE SALUD PUBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL**

**Laboratorio Nacional  
Saneamiento Ambiental**

**CORPORACION DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS**

**Depto. de Planificación  
Laboratorio de Calidad de Agua**

**INSTITUTO NACIONAL AGUAS POTABLES Y ALCANTARILLADOS**

**Depto. de Planificación  
Laboratorio de Calidad de Agua**

**INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS HIDRAULICOS**

**Depto. de Hidrología  
Depto. de Planificación**

**DIRECCION NACIONAL PARQUES**

**OFICINA NACIONAL DE PLANIFICACION**

**COMISION DE SANEAMIENTO ECOLOGICO**

**CONSEJO PARA LA PROTECCION DE LA ZONA COSTERA**

## **RELACION DE AUTORES**

**SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA  
SUBSECRETARIA DE RECURSOS NATURALES-PROGRAMA AMBIENTAL  
COSTERO-MARINO**

### **COORDINADORA NACIONAL**

**Gladys A. Rosado, M. Sc.**

### **ASISTENTES TECNICOS**

**Adriana Bueno, M.Sc.**

**Ing. Genaro Reynoso**

**Lic. Nancy Valdez**

### **PARTICIPANTES POR COMPONENTES**

#### **DINAMICA DE LAS AGUAS Y SEDIMENTOS**

##### **ASESORES**

**Lic. René García**

**Lic. Antonio Villasol**

##### **ASISTENTES TECNICOS**

**Juan Rodríguez**

**Ramón Rodríguez**

**Arlenne Martín**

**Félix Solar**

#### **CENTRO DE INVESTIGACIONES DE BIOLOGIA MARINA**

**Diego V. Rivas, M.Sc.**

**Gladys A. Rosado, M.Sc.**

**Lic. Héctor Ramírez**

#### **INSTITUTO DE FISICA Y CIENCIAS NUCLEARES**

**Miledys Alberto M. Sc.**

**Lic. Bélgica Naut**

#### **MARINA DE GUERRA**

**Capitán de Navío Frank Gómez**

**LABORATORIO DE SUELO**

**Lic. Paulino de la Cruz**

**INSTITUTO CARTOGRAFICO MILITAR**

**Capitán de Navío César Batista V.**

**Mayor E.N. Ramón Severino**

**Mayor E.N. Oscar J. Polanco**

**COMPONENTE DE LA CALIDAD DEL ECOSISTEMA**

**ASESORES ENCARGADO**

**Humberto González Ph. D.**

**Lic. Jesús Beltrán**

**ASISTENTES TECNICOS**

**Fernando Ruiz**

**Arlenne Martín**

**Lorenzo Vega**

**Hortencia Mancebo**

**Ramón Rodríguez**

**Félix Solar**

**Reinaldo Regadera**

**Mercedes Borges**

**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE BIOLOGIA MARINA**

**Diego V. Rivas G., M.Sc.**

**Gladys A. Rosado, M.Sc.**

**Lic. Héctor Ramírez**

**INSTITUTO DE FISICA Y CIENCIAS NUCLEARES**

**Miledys Alberto M. Sc.**

**Lic. Bélgica Naut**

**DEPTO. PARASITOLOGIA Y MICROBIOLOGIA**

**Lic. Mildred Disla**

**LABORATORIO NACIONAL**

**Lic. Raquel López**

**Lic. Pilar Scarborough**

**Lic. Sonia Saturria**

**Lic. Bertilia de la Rosa**  
**Lic. Angela García**  
**Lic. Miguelina Garabito**

**CARATERIZACION DE FUENTES CONTAMINANTES**  
**ASESOR**

**Ing. Miguel Espinosa**

**ASISTENTES TECNICOS**

**Felix Palacios, M.Sc.**  
**Ing. Martha Valdés**  
**Lic. Fernández Ruiz**  
**Ing. Orleans García**  
**Lic. Martha Ramírez**  
**Lic. Ibis Torres**  
**Ing. Manuel Becerra**  
**Ing. Ana Tur**  
**Lic. Lorenzo Vega**

**INSTITUTO DOMINICANO DE TECNOLOGIA INDUSTRIAL (INDOTEC)**

**Lic. Teresa Colón**  
**Carmen Duval Ph. D.**  
**Lic. Luisa Comprés**  
**Lic. Rafaelina Vargas**  
**Lic. Carmelina Acosta**  
**Lic. Josefina Gómez**  
**Lic. Francisco Bonifacio**  
**Tec. Isidro Familia**

**CORPORACION DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADOS DE SANTO**  
**DOMINGO (CAASD)**

**Lic. Mercedes Rodríguez**  
**Lic. Cesar Pérez**  
**Lic. Argentina Alcántara**  
**Lic. Abraham Adames**

**INSTITUTO NACIONAL DE AGUAS POTABLES Y ALCANTARILLADOS**  
**(INAPA)**

**Lic. Trinidad Medrano**  
**Lic. Nidia Ramírez**  
**Lic. Rafael Calderón**  
**Lic. Margarita Morillo**  
**Lic. Elsa Villegas**

**INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS HIDDRAULICOS (INDRHI)**

**Ing. Olmedo Racero**  
**Ing. Francisco Febrillet**  
**Lic. Agustina García**  
**Ing. Teófilo Zaiter**  
**Ing. Misael Martínez**  
**Téc. Eduviges Brito**

**COLABORADORES**

**Lic. Venecia Alvarez**  
**Yocasta Valenzuela, Ph.D.**  
**Ing. José Miguel Martínez**  
**Cart. Richard Ramírez**  
**Cart. Tomás Montilla**  
**Tec. Bertilia Montás**  
**Lic. Marina Mariano**  
**Lic. Dilcia Báez**  
**Ing. Agron. Rosa Sánchez**  
**Gen. M. de G. Bienvenido Romero Cintrón**  
**Coronel M. de G. Radhamés Lora, Ph. D.**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCION.....</b>	<b>5</b>
1.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	5
<b>2. CARACTERIZACION AMBIENTAL.....</b>	<b>6</b>
2.1 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y CARACTERIZACIÓN GEOGRÁFICA.....	7
2.2 CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA.....	12
2.3 CARACTERIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA Y LOS SERVICIOS.....	14
2.3.1 <i>Suministro de agua potable.....</i>	14
2.3.2 <i>Recogida y disposición de las aguas residuales.....</i>	16
2.3.3 <i>Recogida y disposición de las aguas pluviales.....</i>	17
2.3.4 <i>Recogida de desechos sólidos y su disposición.....</i>	17
<b>3. DIAGNOSTICO AMBIENTAL.....</b>	<b>19</b>
3.1 USOS SOCIOECONÓMICOS ACTUALES.....	19
3.2 USOS SOCIOECONÓMICOS FUTUROS.....	21
3.2.1 <i>Descentralización administrativa.....</i>	22
3.2.2 <i>Usos futuros.....</i>	23
3.3 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL.....	31
3.3.1 <i>Dinámica de las aguas y sedimentos litorales.....</i>	32
3.3.2 <i>Calidad del ecosistema.....</i>	58
3.3.3 <i>Caracterización de las Fuentes Contaminantes.....</i>	85
<b>4. BASES PARA LA FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.....</b>	<b>127</b>
4.1 NORMAS AMBIENTALES.....	127
4.1.1 <i>Antecedentes.....</i>	127
4.1.2 <i>Punto de partida.....</i>	127
4.1.3 <i>Organigrama de la Secretaría de Estado de Agricultura.....</i>	132
4.1.4 <i>Situación legislativa actual.....</i>	133
4.1.5 <i>Directrices de las principales medidas adoptadas en materia ambiental.....</i>	134
4.2 DEFINICIÓN DE LAS ESTRATEGIAS.....	139
4.3 BASES PARA EL DISEÑO DEL PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL.....	141
4.3.1 <i>Control de la calidad del litoral y su evolución.....</i>	141
4.3.2 <i>Control de la calidad de las fuentes contaminantes y su evolución.....</i>	143
4.3.3 <i>Revisión y control de las inversiones.....</i>	150
4.3.4 <i>Cronograma de ejecución.....</i>	151
4.4 ELEMENTOS PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE CONTINGENCIA.....	152
<b>5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>162</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Ubicación geográfica de la zona de estudio .....	6
Figura 2.2 Valores medios mensuales de lluvia en Santo Domingo. (Oficina Nacional de Meteorología) .....	7
Figura 2.3 Precipitaciones máximas promedio en Santo Domingo. (Oficina Nacional de Meteorología) .....	8
Figura 2.4 Temperaturas medias del aire en Santo Domingo. (Oficina Nacional de Meteorología) .....	8
Figura 2.5 Vientos medios mensuales en Santo Domingo. (Oficina Nacional de Meteorología) .....	9
Figura 3.1 Red de estaciones oceanográficas en el litoral de Santo Domingo.....	32
Figura 3.2 Distribución de las temperaturas superficiales en el litoral de Santo Domingo durante agosto de 1997.....	34
Figura 3.3 Distribución espacial de la salinidad superficial en el litoral de Santo Domingo. (A): 1995 y (B):1997.....	35
Figura 3.4 Distribución espacial de la densidad superficial en el litoral de Santo Domingo. (A): 1995 y (B):1997.....	36
Figura 3.5 Distribución espacial de la transparencia del agua en el litoral de Santo Domingo en agosto de 1997. ....	37
Figura 3.6 Color de las aguas el litoral de Santo Domingo durante agosto de 1997. ....	38
Figura 3.7 Mediciones puntuales de corrientes en las zonas aledañas a los ríos Ozama y Haina. (A): superficie (B): a 5 metros de profundidad.....	40
Figura 3.8 Experimentos con cuerpos de deriva en el litoral durante septiembre de 1995. (A): Haina (B): Ozama. ....	41
Figura 3.9 Experimentos con cuerpos de deriva en el litoral durante agosto de 1997. (A): Haina (B): Ozama. ....	41
Figura 3.10 Red de estaciones para la dinámica de sedimentos en la zona litoral.....	49
Figura 3.11 Red de estaciones para la caracterización de la calidad ambiental.....	59
Figura 3.12 Relación entre nutrientes para cada una de las áreas de estudio.....	64
Figura 3.13 Comportamiento de los hidrocarburos en los sedimentos. ....	71
Figura 3.14 Cromatograma de HC totales en sedimentos del litoral de Santo Domingo.....	72
Figura 3.15 Proporción de los principales grupos del fitoplancton en superficie (A) y fondo (B).....	73
Figura 3.16 Concentración del fitoplancton en superficie (A) y fondo (B) por estaciones.....	74
Figura 3.17 Composición porcentual de los principales grupos del fitoplancton en superficie (A) y fondo (B) por estaciones. ....	76
Figura 3.18 Valores del Índice de Diversidad de Shannon para el fitoplancton en superficie (A) y fondo (B).....	77
Figura 3.19 Dendrograma de afinidades para las distintas estaciones de acuerdo a la composición del fitoplancton. ....	78
Figura 3.20 Concentraciones del zooplancton y fitoplancton en superficie para las distintas estaciones.....	80
Figura 3.21 Valores del Índice de Diversidad de Shannon para el zooplancton por estaciones.....	82
Figura 3.22 Dendrograma de afinidades para las distintas estaciones de acuerdo a la composición del zooplancton.....	83
Figura 3.23 Concentraciones de parámetros evaluados de la cañada La Zurzay la alcantarilla de la cervecería Presidente. ....	94
Figura 3.24 Aportes de cargas contaminantes de la cañada La Zurza la cervecería Presidente y el ingenio Ozama. ....	96
Figura 3.26 Cargas contaminantes aportadas por las principales alcantarillas. ....	99
Figura 3.27 Comportamiento superficial del oxígeno disuelto en el Río Ozama. ....	100
Figura 3.28 Comportamiento superficial del oxígeno disuelto en el Río Haina. ....	101
Figura 4.1 Red de muestreo para evaluar la calidad del agua.....	142
Figura 4.2 Red de estaciones de muestreo para evaluar las fuentes de emisión .....	144

## INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Coordenadas de las estaciones oceanográficas posicionadas por GPS. ....	33
Tabla 3.2: Temperaturas medias (°C) de las aguas en el litoral de Santo Domingo. ....	35
Tabla 3.3: Salinidad media (%) del agua en el litoral de Santo Domingo. ....	36
Tabla 3.4: Densidad media (kg.m <sup>-3</sup> ) del agua en el litoral de Santo Domingo. ....	37
Tabla 3.5: Componentes principales de las corrientes resultantes en el litoral de Santo Domingo. ....	39
Tabla 3.6: Componentes principales de las corrientes de marea en el litoral de Santo Domingo. ....	39
Tabla 3.7: Contenido de arenas y limos + arcillas en los sedimentos del litoral. ....	52
Tabla 3.8: Resultados geoquímicos de los sedimentos superficiales del litoral de Santo Domingo. ....	53
Tabla 3.9: Resultados hidroquímicos de la zona litoral. ....	62
Tabla 3.10: Resultados hidroquímicos del Río Ozama. ....	63
Tabla 3.11: Resultados hidroquímicos del Río Haina. ....	63
Tabla 3.12: Resultados de la matriz de correlación múltiple en toda el área de estudio. ....	65
Tabla 3.13: Concentraciones de coliformes fecales ( NMP.100ml <sup>-1</sup> ) en el litoral de Santo Domingo. ....	65
Tabla 3.14: Valores medios de coliformes fecales (NMP.100mL <sup>-1</sup> ) en las zonas de baño del litoral de Santo Domingo. ....	66
Tabla 3.15: Esporas de <i>Clostridium perfringens</i> (NMP.g de sedimentos <sup>-1</sup> ) en el litoral de Santo Domingo. ....	67
Tabla 3.16: Concentración de metales pesados (µg.g <sup>-1</sup> ) en sedimentos del litoral de Santo Domingo. ....	67
Tabla 3.17: Plaguicidas organoclorados (ng.L <sup>-1</sup> ) en las aguas superficiales del litoral de Santo Domingo. ....	69
Tabla 3.18: Hidrocarburos disueltos y dispersos (ug.L <sup>-1</sup> ) en aguas superficiales del litoral de Santo Domingo. ....	69
Tabla 3.19: Hidrocarburos totales (µg.g <sup>-1</sup> materia seca) en sedimentos recientes del litoral. ....	70
Tabla 3.20: Comportamiento de hidrocarburos totales en sedimentos en distintos puntos del planeta. ....	71
Tabla 3.21: Especies del fitoplancton identificadas <sup>(1)</sup> . ....	75
Tabla 3.22: Entidades del zooplancton encontradas en el área. ....	79
Tabla 3.23: Concentración por estaciones de las principales entidades del zooplancton. ....	81
Tabla 3.24: Parámetros evaluados y tipo de aforo utilizados en las principales industrias alimenticias. ....	87
Tabla 3.25: Parámetros evaluados y tipo de aforo utilizados en las principales industrias químicas. ....	87
Tabla 3.26: Muestreos y aforo de las principales alcantarillas. ....	90
Tabla 3.27: Estaciones de muestreo en los ríos Ozama y Haina. ....	92
Tabla 3.28: Concentraciones medias de parámetros evaluados en las industrias entre 1994 y 1996 (mg.L <sup>-1</sup> ). ....	94
Tabla 3.29: Cargas contaminantes promedios aportadas por las principales fuentes (kg.día <sup>-1</sup> ). ....	95
Tabla 3.30: Concentraciones promedios de parámetros evaluados en las alcantarillas entre 1994 y 1996 (mg.L <sup>-1</sup> ). ...	97
Tabla 3.31: Valores promedios de las principales cargas aportadas por las alcantarillas (kg.día <sup>-1</sup> ). ....	98
Tabla 3.32: Parámetros promedios de la calidad del agua en el Río Haina. ....	102
Tabla 3.33: Cargas promedios evaluadas en las estaciones del Río Haina. ....	103
Tabla 3.34: Metales pesados en sedimentos de los ríos Ozama y Haina (1995). ....	103
Tabla 3.35: <i>Clostridium perfringens</i> en sedimentos de los ríos Ozama y Haina (1995). ....	103
Tabla 3.36: Cargas contaminantes promedios (t.día <sup>-1</sup> ) de los principales parámetros evaluados en los ríos Ozama y Haina en 1997. ....	105
Tabla 3.37: Cargas aportadas por el Río Haina evaluadas en la estación del puente el 6 de Noviembre en 1995. ....	106
Tabla 3.38: Cargas contaminantes promedios evaluadas en las principales fuentes contaminantes (kg.día <sup>-1</sup> ). ....	107
Tabla 4.1: Vigilancia ambiental en fuentes contaminantes al litoral de Santo Domingo. ....	145

## 1. INTRODUCCION.

La Secretaría de Estado de Agricultura, a través de la Subsecretaría de Recursos Naturales (SURENA), punto focal de proyectos sobre medio ambiente en el país luego de la Reunión de la Cumbre de la Tierra, celebrada en Brasil en 1992, desarrolla junto a instituciones nacionales gubernamentales y privadas el proyecto "Planificación y Manejo Ambiental del litoral de Santo Domingo". Este proyecto se realiza con los auspicios de las Naciones Unidas a través del Plan de Acción del Caribe (PAC), y la asesoría técnica del Centro de Ingeniería y Manejo Ambiental de Bahías y Costas (CIMAB) de Cuba.

El Plan de Colaboración y Asistencia Técnica para este proyecto fue preparado por una Misión del CIMAB, que visitó Santo Domingo del 14 al 21 de febrero de 1993. Las actividades se iniciaron con un Seminario - Taller, organizado por la Subsecretaría de Recursos Naturales (SURENA) y el Instituto Dominicano de Tecnología Industrial (INDOTEC) del 18 al 21 de mayo de 1993. En dicho seminario, se definieron las actividades y potencialidades de cada una de las instituciones participantes, formándose tres grupos de trabajo responsables de los estudios de campo y laboratorio. La coordinación general quedó a cargo de la SURENA, que sería el enlace con la UCR-CAR del PNUMA y el CIMAB [1]. Durante 1994, se realizó un ejercicio de entrenamiento al personal Dominicano por especialistas del CIMAB para la caracterización de fuentes contaminantes urbanas e industriales (primera campaña de Fuentes).

En febrero de 1995, se firmó la Carta de Acuerdo entre la Secretaría de Estado de Agricultura y el CIMAB, así como un Acuerdo Multinstitucional entre todas las instituciones dominicanas involucradas, fijándose los compromisos específicos de cada una.

A partir de mayo de 1995 se inició formalmente la Caracterización de las principales fuentes de contaminación, los Estudios sobre la dinámica de las aguas y los sedimentos y el Diagnóstico de la calidad de las aguas de la zona litoral.

### 1.1 Objetivos del proyecto.

Entre los objetivos fundamentales del Proyecto están preparar las bases para elaborar un Plan de Manejo Ambiental para la zona litoral de la ciudad de Santo Domingo, de forma tal que permita trazar las estrategias necesarias para la solución a los problemas derivados de la contaminación urbano-industrial en los ríos y aguas del litoral, así como establecer una estructura técnico-organizativa para abordar y evaluar esta problemática en el resto del país en un futuro [2].

Los objetivos inmediatos del proyecto están dirigidos a garantizar las bases metodológicas y diseñar el programa de investigaciones que posibilite la creación de una base informativa suficiente para acometer un diagnóstico y posteriormente desarrollar las acciones para el saneamiento ambiental del entorno hídrico. De acuerdo a ello, el programa de investigaciones esta encaminado a dar respuesta a los siguientes aspectos:

- Inventario y caracterización de las fuentes contaminantes.
- Calidad de las aguas y sedimentos de los ríos y zona litoral.
- Dinámica de las aguas y sedimentos del litoral.
- Análisis objetivo-costos de las soluciones propuestas.

La colaboración técnica se implementó en tres fases:

- Fase inmediata, correspondiente a 1993 y tendiente a la preparación del inventario y caracterización de las fuentes contaminantes.
- Fase mediata, correspondiente al período 1994-1995, tendiente a establecer la calidad de las aguas y la dinámica del ecosistema.
- Fase extendida, correspondiente a 1995-1996, donde se definirán las bases para un Plan Maestro y donde ya pudieran estar listas algunas medidas correctoras.

Esta programación por dificultades financieras no se cumplió en las fechas establecidas, culminando la última etapa en 1998 con el cumplimiento de los objetivos previstos, teniendo una significativa participación los especialistas y las instituciones participantes, destacándose la Subsecretaría de Recursos Naturales de la Secretaría de Agricultura (SURENA), el Instituto Dominicano de Tecnología Industrial (INDOTEC), el Instituto Cartográfico Militar (ICM), la Corporación de Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo (CAASD), el Instituto Nacional Dominicano de Recursos Hídricos (INDRHI), la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD) con la participación del Centro de Biología Marina (CIBIMA) y los Institutos de Física, Química y Agronomía, la Marina de Guerra, Instituto Nacional de Agua Potable y Alcantarillado (INAPA), la Secretaría de Salud Pública y el Ayuntamiento del Distrito Nacional; las cuales dieron facilidades en sus laboratorios y apoyaron con personal técnico para que fuera posible la ejecución de los trabajos de campo y la localización de la información bibliográfica disponible.

La participación y apoyo de la Marina de Guerra, como presidente de la Comisión a cargo de la implementación del Decreto 112-95 sobre protección de las zonas costeras ha sido determinante en la solución de las dificultades encontradas, particularmente con los muestreos de los vertidos industriales.

Fue decisivo también el trabajo de la SURENA, la cual coordinó todas las acciones realizadas en este proyecto. Es importante destacar para la culminación de esta etapa del proyecto, la valiosa colaboración de la UCR-CAR-PNUMA, con sus orientaciones técnico-organizativas que contribuyeron a la exitosa ejecución del programa de investigación; así como otras instituciones no gubernamentales que apoyaron significativamente para que el proyecto tuviese una feliz culminación.

## 2. CARACTERIZACION AMBIENTAL.

### 2.1 Delimitación del área de estudio y caracterización geográfica.

La República Dominicana se localiza en la parte oriental de la Isla La Española (Fig. 2.1), ocupando las dos terceras partes de su superficie, posee una extensión de 48 744 km<sup>2</sup> y presenta una longitud máxima en el sentido Este - Oeste de 390 km., con un ancho máximo desde Cabo Isabela en el Norte hasta Cabo Beata en el Sur igual a 265 km. Sus costas tienen una longitud de 1576 km. Sus límites naturales son: por el Norte el Océano Atlántico, por el Sur el Mar Caribe, por el Este el Canal de la Mona que la separa de Puerto Rico y por el Oeste la República de Haití, con la que tiene unos 315 km. de frontera.

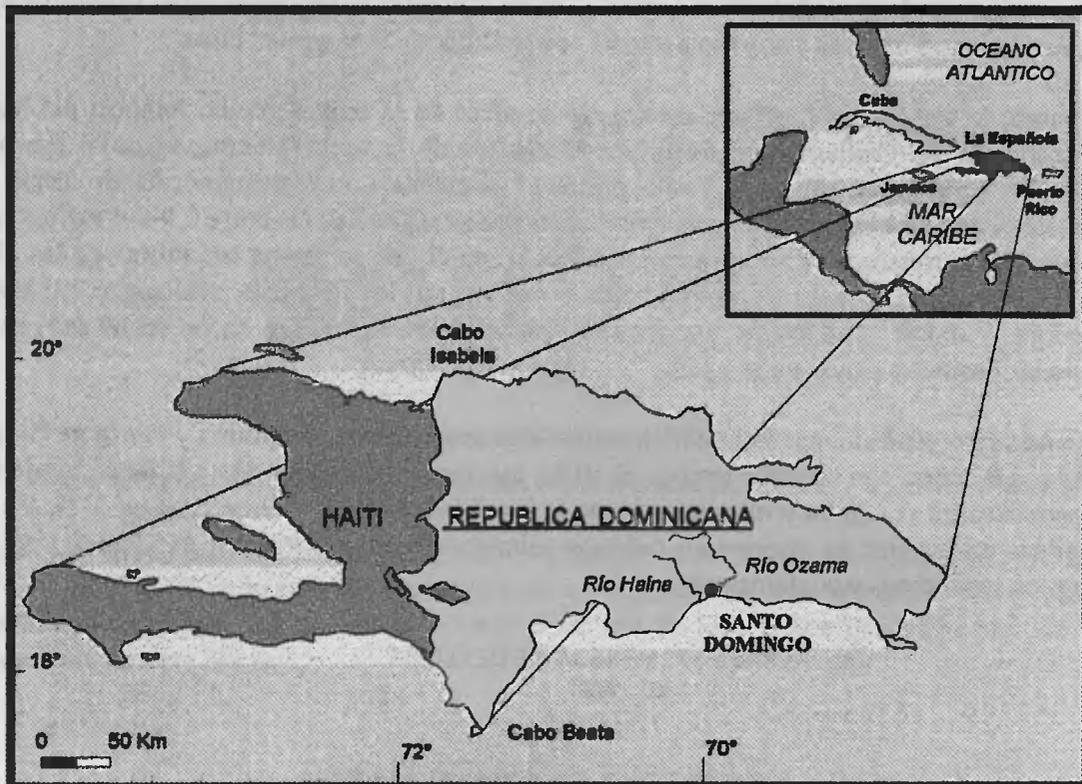


Figura 2.1 Ubicación geográfica de la zona de estudio

La República Dominicana está dividida políticamente en 30 provincias y el Distrito Nacional que se encuentra en la capital; este tiene actualmente una población de más de 2.5 millones de habitantes, de los cuales el 71.0 % es de procedencia urbana, y el 29.0 % restante es de inmigrantes rurales y de otras nacionalidades. La mayor incidencia de la población extranjera procede de Haití.

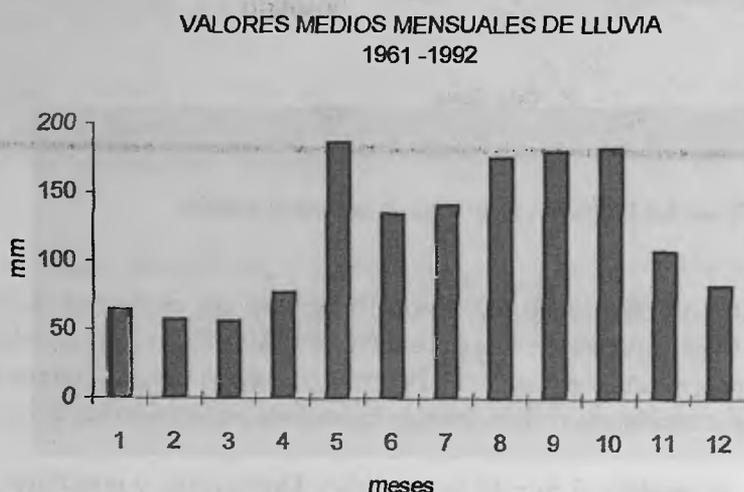
Su capital Santo Domingo, se localiza al Sur de la República Dominicana y constituye el principal centro urbano, industrial y comercial del país, su población de más de 2.5 millones de habitantes representa más del 31.5 % de la población total del país (estimada en 1993 como de 7 621 000 habitantes), la tasa de crecimiento poblacional de la ciudad se estima en un 6%, su área urbanizada se extiende a lo largo del litoral con el Mar Caribe por 20-25 km., ocupando una superficie de 220 km<sup>2</sup>.

Cuenta con más de 95 barrios, cruzados por más de 4000 km. lineales de calles y avenidas. Esta ciudad está caracterizada por su gran extensión, lo que complica y encarece el costo de los servicios necesarios para mantener una vida adecuada para sus habitantes.

La zona de estudio del Proyecto tiene una longitud de 9 Km de litoral y esta delimitada por los ríos Ozama al Este y el Haina al Oeste. En las márgenes de estos ríos y en la zona litoral están ubicadas las principales infraestructuras y actividades económicas, entre ellas: comercio, industrias, actividades portuarias y agropecuarias. Al litoral llegan sin un tratamiento adecuado gran parte de los residuales líquidos generados por la ciudad, tanto industriales como domésticos, los cuales están expuestos a la acción de las corrientes marinas y son rápidamente redistribuidos a lo largo del litoral.

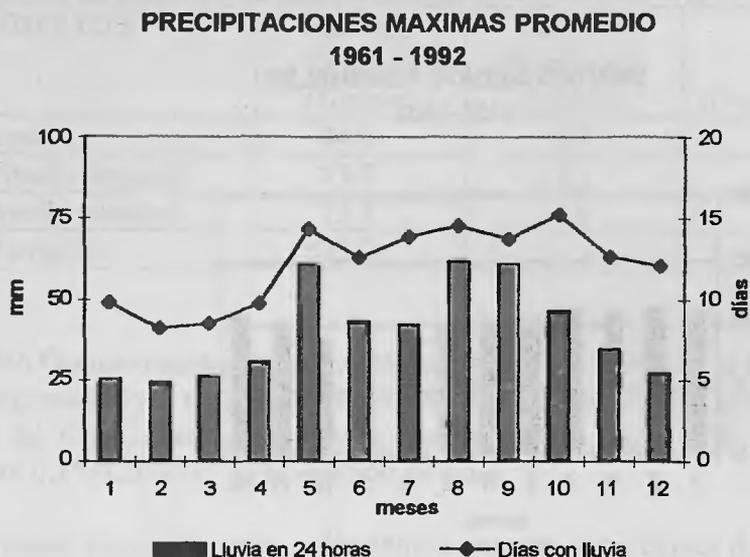
Desde el punto de vista natural, el área de estudio se ubica en la región geomorfológica del llano costero Suroriental del Caribe, sobre formaciones cársicas de la terraza marina arrecifal (terracea seboruco de 2 a 7 metros de altura), la que se encuentra sometida a un régimen normal de oleaje de región Sureste donde las alturas de las olas frecuentemente alcanzan valores entre 0.9-2.4 metros, así como un régimen extremo, durante episodios ciclónicos, en el que se estima las alturas de las olas iguales a 11.3 metros con un período de retorno de 100 años, por lo que puede catalogarse esta zona de alta energía y donde predominan los procesos abrasivos-erosivos que en la actualidad están destruyendo las pequeñas playas entrampadas que existen en el litoral.

El relieve submarino presenta una batimetría irregular con una estrecha plataforma y fuerte pendiente perpendicular a la costa, con un valor medio del 10 %, que aumenta en dirección a la localidad de La Caleta, donde alcanza el 20 % y disminuye hacia la localidad de Costa Verde para un 5 %. En la desembocadura de los ríos se encuentran cañones submarinos que constituyen excelentes vías de escape para los sedimentos y contaminantes.



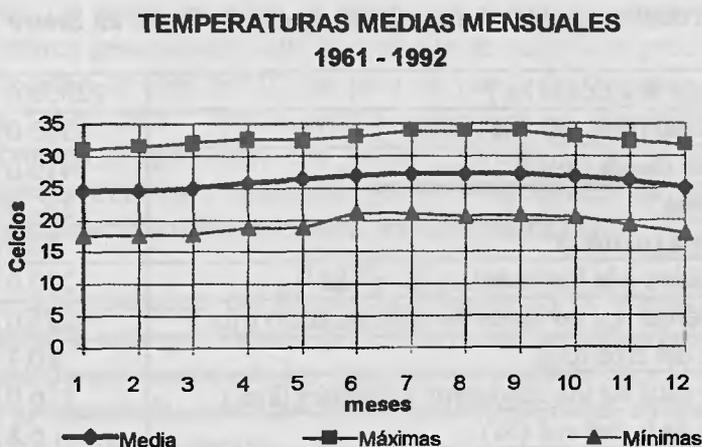
**Figura 2.2 Valores medios mensuales de lluvia en Santo Domingo. (Oficina Nacional de Meteorología)**

La región presenta un clima tropical con dos estaciones de lluvia bien definidas (Fig. 2.2), una de seca que se extiende desde noviembre hasta abril con valores medios mensuales de 60 mm y otra de lluvias desde mayo a octubre con valores medios mensuales de 160 mm. En la figura 2.3 se muestra el promedio mensual de las lluvias máximas caídas en 24 horas, así como el promedio mensual de días con lluvia.



**Figura 2.3** Precipitaciones máximas promedio en Santo Domingo. (Oficina Nacional de Meteorología)

Las temperaturas medias del aire presentan un péndulo medio anual que oscila entre los 24°C y los 27°C (Fig. 2.4); la influencia de los nortes no es significativa con relación a los cambios de las temperaturas del aire, pero si inciden en la dirección de los vientos que adquieren entonces una mayor componente Norte.



**Figura 2.4** Temperaturas medias del aire en Santo Domingo. (Oficina Nacional de Meteorología)

Excepto en los períodos ciclónicos, los vientos son regulares tanto en fuerza como en dirección. Se trata de vientos Alisios, que presentan una dirección del primer cuadrante de octubre a marzo y del segundo cuadrante de abril a septiembre. La velocidad media de los vientos (Fig. 2.5) varía entre 9 y 12 km.h<sup>-1</sup> a lo largo del año, sin embargo las velocidades máximas fluctúan de 9 a 25 km.h<sup>-1</sup> desde diciembre hasta febrero y desde junio hasta agosto; el resto de los meses no exceden los 18 km.h<sup>-1</sup>.

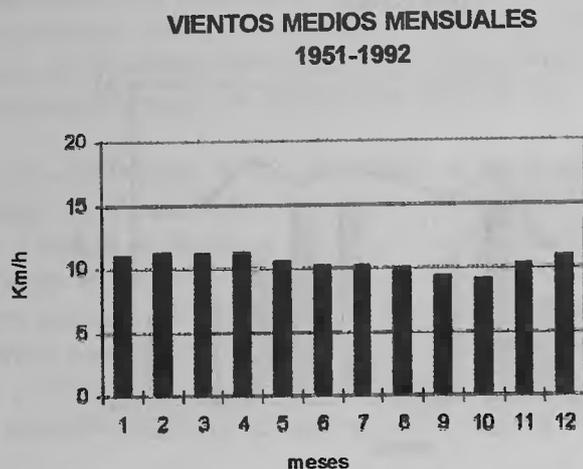


Figura 2.5 Vientos medios mensuales en Santo Domingo. (Oficina Nacional de Meteorología)

El volumen de lluvias caídas en Santo Domingo están estimados en 42 millones de metros cúbicos al año de los cuales el 50 % se infiltra. Una parte va hacia los ríos, la cual arrastra grandes cantidades de materiales sólidos flotantes, que son transportadas por estos observándose las mismas a más de 4 km. de la línea de costa, principalmente las del Río Ozama. El resto de las aguas de lluvias van directamente a la zona litoral, a través de los drenajes pluviales del sistema de alcantarillado [3].

**Datos de referencia relativos a la descarga de las aguas de lluvia en Santo Domingo.**

Superficie de la ciudad (ha.)	22000.0
Longitud total de la red vial (km.)	2500.0
Lluvia anual media (mm)	1410.0
Días de lluvia	142.4
Lluvia crítica (m.mh <sup>-1</sup> )	80.0
Caudal relativo a la lluvia crítica (L. s <sup>-1</sup> .ha <sup>-1</sup> )	220.0
Areas cubiertas por las redes del alcantarillado ( ha.)	2225.0
Porcentaje del área total	10.1
Desarrollo total de los conductos existentes (km.)	136.0
Porcentaje de la red vial (%)	6.8
Número de imbornales	5042.0
Densidad de imbornales por km. (Imb. km <sup>-1</sup> )	37.0

El litoral recibe los aportes de los ríos Ozama y Haina. El caudal medio anual del Río Ozama es de  $49 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ , con  $23 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$  durante el período seco y  $60 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$  en el húmedo. El Río Haina aporta un caudal de  $9 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$  [4].

Otros datos significativos del Río Ozama [5] son:

DESCRIPCION	GASTO LIQUIDO ( $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ )		
	Estación Yabacao (Ozama)	Estación Palmarejo (Isabela)	Total (Desembocadura)
Gasto medio anual.	44.6	6.9	51.5
Gasto máximo medio mensual.	73.7	15.1	88.8
Gasto mínimo medio mensual.	15.4	1.8	17.2
Máximo caudal avenida.	675.0	-	-

El gasto mínimo del Río Ozama ocurre durante los meses de enero y febrero y el máximo durante el mes de agosto, correspondiéndose en ambos casos con el régimen de precipitaciones de Santo Domingo. Los flujos del Río Ozama, en su tramo urbano, oscilan entre  $0.05$  y  $0.1 \text{ m}.\text{s}^{-1}$  en la estación de seca, y entre  $0.15$ - $0.20 \text{ m}.\text{s}^{-1}$  en la estación lluviosa.

El litoral recibe importantes aportes de agua, sedimentos y basuras, procedentes de los ríos Ozama y Haina y de un grupo de alcantarillas con residuales líquidos urbano-industriales. En la cuenca urbana del Río Ozama se producen  $0.6 \text{ kg}$ . de basura por habitante cada día, lo que significa una generación de 480 toneladas de basura diariamente. Se estima que la basura doméstica vertida directamente o indirectamente al Río Ozama es de aproximadamente 90 000 toneladas por año [4].

En el litoral las corrientes superficiales son generadas básicamente por los vientos, y en particular por los vientos dominantes del Este que inducen una corriente general hacia el Oeste. Es posible también que el oleaje levantado por el viento contribuya en parte al desplazamiento de las masas de agua hacia el Oeste. De modo indicativo se puede considerar una corriente debida únicamente al viento, ya que se estima generalmente que la corriente de superficie generada por el viento es del 3 % al 5 % de la velocidad de este, por lo que para un viento de 10 nudos, resulta una velocidad de superficie de unos  $15$ - $25 \text{ cm}.\text{s}^{-1}$ . Esta corriente superficial en dirección Oeste es perfectamente identificable por la pluma de agua dulce del Río Ozama cuando sale al litoral. Esta pluma formada por sedimentos finos suspendidos y arrastrados por el río se aprecia por varios kilómetros a lo largo del litoral situado al Oeste de la desembocadura del Río Ozama [4].

Prácticamente en la desembocadura del Río Haina se encuentra el puerto comercial. También en el Río Ozama se encuentran algunos atraques, por lo que existe un tráfico bastante intenso de barcos en la zona; básicamente de portacontenedores, graneleros y petroleros, los cuales ya han afectado el medio en distintas oportunidades producto de derrames de petróleo, causando daños importantes en esas vías acuáticas y a la zona en general.

Además del uso urbano, portuario y comercial del litoral, también se explota la pesca artesanal y hasta fechas recientes este tuvo un uso recreativo con contacto primario, lo cual no es posible en la actualidad, en parte debido al deplorable estado de las playas como la de Güibia que era el balneario por excelencia de los capitalinos y en parte por los niveles de contaminación microbiológica de las aguas.

Sin embargo, el litoral está bordeado por el malecón y por el casco histórico de la ciudad, constituyendo una importante vía y centro de reunión de nacionales y extranjeros, donde tienen asiento los principales hoteles y centros nocturnos de la ciudad. Incluso en la zona del Río Ozama se encuentra enclavado un atraque para cruceros turísticos el cual presenta dificultades para su explotación producto de la intensa sedimentación aportada por el Río Ozama.

No obstante, en la actualidad se trabaja por parte de la Junta Nacional de Parques en el ordenamiento del litoral para alcanzar la categoría y denominación de Parque Nacional litoral de Santo Domingo, para lo cual se están desarrollando un grupo de actividades que se enlazan a este proyecto de manejo ambiental del litoral.

## **2.2 Caracterización socioeconómica.**

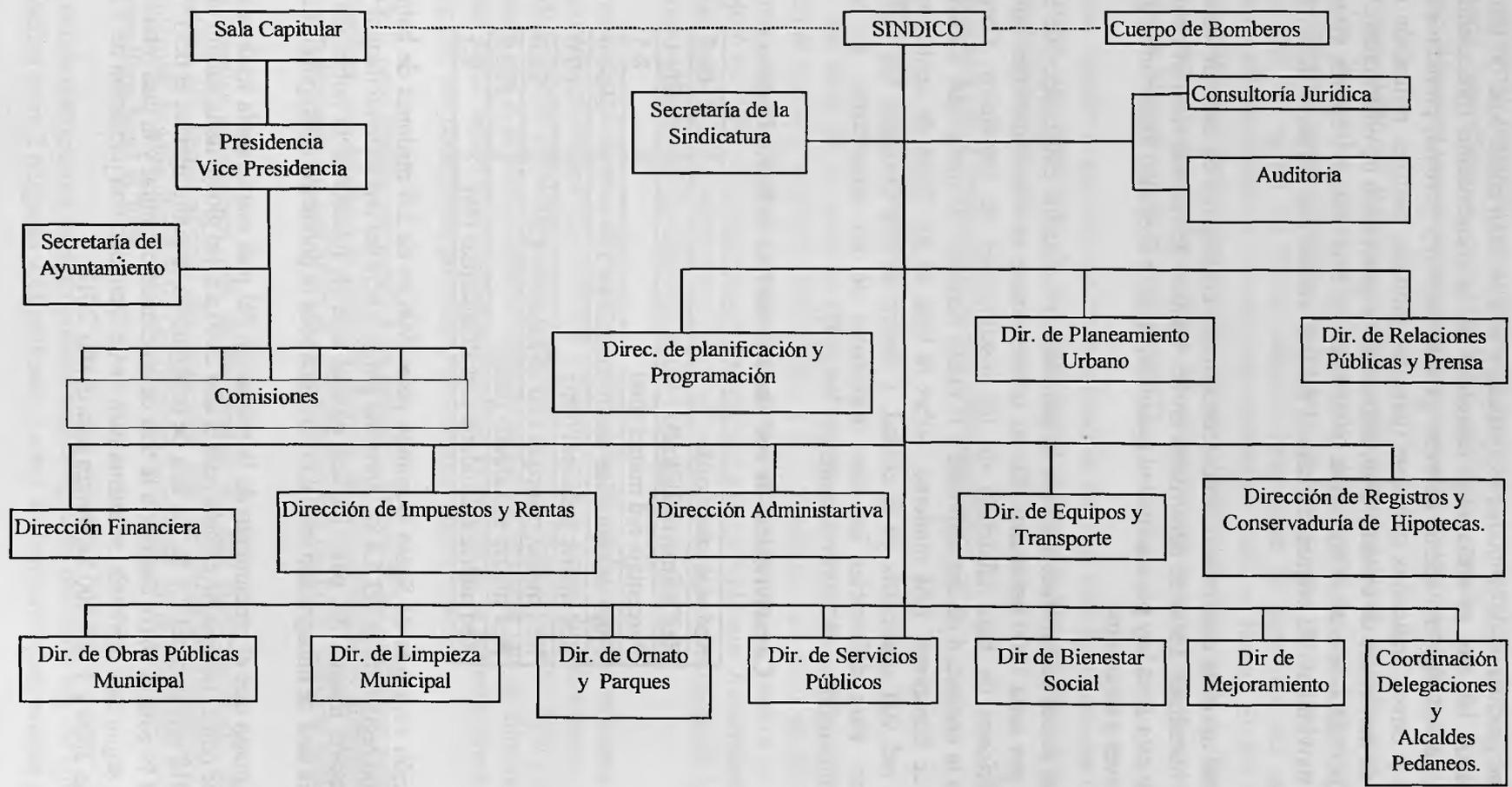
La ciudad de Santo Domingo, limita al Norte con la provincia de Monte Plata, al Este con San Pedro de Macorís, al Oeste con San Cristóbal y al Sur con el Mar Caribe.

El Río Ozama separa la ciudad en dos partes, siendo la parte Oeste la más desarrollada y la más poblada y que incluye además a la parte colonial. La capital desde la época colonial ha servido como: principal sede de gestión administrativa, principal centro de acopio y distribución, primer centro de influencia nacional, centro de la región sur, principal mercado, principal sistema de puertos y aeropuertos y así como principal región de concentración de industrias.

El Producto Bruto Interno de Santo Domingo es el 35 % del total y el 53 % del total urbano nacional. El intercambio regional con Santo Domingo desde el Norte y Sur-Oeste del país representa un 90 %; a esto se debe a que la ciudad tenga mayor crecimiento hacia el Oeste en su intercambio con el exterior [6].

La estructura actual del Ayuntamiento del Distrito Nacional (ADN) se basa en la Resolución (Manual de funciones) de la Sala Capitular número 9-A/ 85 del 22 de marzo de 1985, que define el organigrama del Ayuntamiento del Distrito Nacional (Fig. 2.6) y las competencias y responsabilidades de cada Director y de cada Departamento [7]. Existen 13 Direcciones: Obras Públicas Municipal, Planificación y Programación, Planeamiento Urbano, Relaciones Públicas y Prensa, Dirección Financiera, Administrativa, Equipos y Transporte, Registro Civil y Conservaduría de Hipotecas, Limpieza Municipal, Ornato Urbano y Parques, Servicios Públicos, Bienestar Social y Mejoramiento. De cada Dirección dependen dos o más Departamentos como se ilustra a continuación con el Organigrama del Ayuntamiento del Distrito Nacional (Fig. 2.6).

ORGANIGRAMA DEL AYUNTAMIENTO DEL DISTRITO NACIONAL



PLANIFICACION Y MANEJO AMBIENTAL DEL LITORAL DE SANTO DOMINGO

La actividad productiva de la ciudad es variada, y en ella están enclavadas las principales industrias del país, entre las que se encuentran industrias de la alimentación (procesadoras de alimentos, destilerías, cervecerías, mataderos de aves, ganado vacuno y porcino, productos del agro, ingenios azucareros y otros), industrias químicas (tenerías, pinturas, textiles, refinación de petróleo, etc.), industrias de materiales de construcción, industrias de generación de electricidad. También existe la actividad portuaria, la cual se encuentra ubicada en los ríos Ozama y Haina; siendo en este último, mayor el movimiento de buques. La capital del país cuenta con el mayor desarrollo de la actividad comercial.

La actividad agrícola está basada fundamentalmente en cultivos de caña de azúcar, cítricos, piña, viandas y hortalizas. Estas se desarrollan en las cuencas de los dos ríos; principalmente en la del Ozama. En esta zona hay poca actividad ganadera; aunque sí existen importantes granjas dedicadas a la cría de aves y de cerdos.

La red vial actual es satisfactoria para la cantidad de vehículos existentes, que en 1994 era de 80 vehículos por cada 1000 habitantes. En las intersecciones existen situaciones críticas determinadas por condiciones de baja eficiencia de las instalaciones de semáforos. Consecuentemente se manifiesta la necesidad de dar respuesta a la nueva demanda de movilidad, a través del aumento de servicios de transporte más moderno. Sobre la base de los flujos de vehículos, ha sido posible definir la red vial automotriz de la ciudad, y dentro de esta distinguir las vías principales y las secundarias. Para diferenciar las vías principales de las secundarias, se ha asumido como discriminante un flujo de 2400 vehículos por hora [7].

### Características de red vial automotriz de Santo Domingo.

Red vial total (km).	2500.0
Red matriz total (km).	211.0
Porcentaje red matriz total	8.5
Flujo de vehículos medio horario (v.h <sup>-1</sup> )	1961.0
Red matriz principal (km)	89.0
Red matriz principal con alcantarillas (%)	22.0
Red matriz secundaria (km)	122.0
Red matriz secundaria con alcantarillas (%)	9.5

La población estimada de Santo Domingo para 1996 es de 2.5 millones de habitantes. La tasa de crecimiento registrada es del 4.4 % , formada por el 2.9 % del crecimiento natural y por el 1.5 % , por la inmigración interna del país. La tasa natural está en relación a la población urbana residente, mientras la tasa de inmigración está en relación a toda la población de República Dominicana [8].

Se ha estimado que el crecimiento de la población del país mantenga la tendencia a disminuir muy lentamente con el tiempo, se calcula para el año 2000 a nivel global de la nación una tasa del 2.6 % y para el 2010 una tasa del 2.1 % . La tasa de inmigración se podrá fijar en el 0.35 % para el año 2000 y del 0.28 % para el 2010. Sumando la tasa de crecimiento natural y la tasa relativa a la inmigración calculada según esta hipótesis, se estima para Santo Domingo una población de 3 133 000 habitantes para el año 2000 y 4 261 000 habitantes para el año 2010.

La superficie territorial potencial para fines de asentamiento humano (excluyendo las áreas destinadas a usos específicos o para servicios generales) resulta ser de 25000 hectáreas aproximadamente. Se asume una densidad territorial promedio de 160 habitantes por hectárea [8].

A lo largo de la parte Oeste del Río Ozama, existen varios asentamientos de población que viven en barrios marginales, los cuales descargan directamente al río tanto sus residuales líquidos como sólidos. Aquí se observan grandes depósitos de basuras, las cuales van a parar al río o son arrastradas hacia el mismo por las aguas de lluvia, observándose sobre la superficie del agua grandes concentraciones de sólidos flotantes los que son arrastrados hasta el litoral. En los ríos Haina y Ozama ha desaparecido casi toda la vegetación en varios kilómetros a partir de la desembocadura, por lo que no se observan bosques de manglares. Ello significa que tanto la flora como la fauna están seriamente afectadas, al igual que en la zona litoral [5].

Otros factores que inciden negativamente en la calidad de los ríos son: las descargas de residuales líquidos industriales, los residuales de las actividades agrícolas y las aguas negras o servidas procedentes de la actividad humana.

## **2.3 Caracterización de la infraestructura y los servicios.**

### **2.3.1 Suministro de agua potable.**

A principio de los años 70, se inició la crisis del abastecimiento hídrico de la ciudad de Santo Domingo, debido al continuo aumento demográfico y a su expansión. La crisis se debió tanto a la producción de agua, con un déficit demanda-oferta en continuo aumento, así como a la distribución. La situación mejoró en 1990, con la entrada en función del sistema Valdesia. Actualmente el sistema de acueducto distribuye aproximadamente  $8.29 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , extrayendo agua de diferentes fuentes, tanto superficiales como subterráneas. La demanda actual es de  $11.29 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  [5].

La mayor problemática del sistema de abasto está determinada por la situación existente en la red de distribución. Actualmente existen unas 400 000 viviendas que se sirven de este sistema, pero existen barrios enteros densamente poblados que no disponen del servicio público. Esta falta cuantitativa de la red es enfrentada por la población abasteciéndose con pozos privados que se alimentan del nivel freático y en otros casos, como en las zonas más pobres, la población se conecta directamente a los conductos principales con conexiones precarias y sin ninguna organización.

La explotación de la capa freática por parte de los privados, es uno de los problemas potenciales más graves, si se considera que debido a la falta del sistema de alcantarillado en amplias zonas de la ciudad, la población descarga sus residuales al nivel freático por medio de cámaras sépticas y pozos filtrantes.

Las conexiones ilegales constituyen una de las causas del mal funcionamiento de la red de distribución existente. El uso irracional del agua hace que las pérdidas constituyan un notable porcentaje del volumen de agua distribuida. Las pérdidas se estiman en un 36 % del consumo real y en algunos sectores llega hasta al 70 %.

Actualmente la red de distribución de agua potable está compuesta por 2000 km. de conductos, con diámetros que oscilan entre 2 pulgadas y 48 pulgadas. La red de distribución en muchas partes puede

considerarse vieja y en la parte más antigua de la ciudad aún están funcionando las tuberías de hierro fundido del primer acueducto de Santo Domingo, construido en 1926. Los conductos más recientes son de PVC y acero liso, instalados a partir de 1960. En todo el sistema solo existen dos instalaciones de potabilización, que además no funcionan a pleno régimen. El resto de las aguas solo se tratan con adición de cloro.

Para suplir el déficit de agua de la red de distribución, se han construido alrededor de 22 500 cisternas con una capacidad de 181 500 m<sup>3</sup> y unos 8 000 pozos. Para la construcción de estos pozos, no existe ninguna reglamentación estatal o municipal. Los diámetros de los pozos varían de 4 pulgadas a 25 pulgadas y a profundidades que oscilan entre 60 pies y 230 pies. El consumo por persona se estima en unos 260-500 litros diarios.

### **2.3.2 Recogida y disposición de las aguas residuales.**

La ciudad de Santo Domingo no ha tenido sistema de recolección de aguas negras hasta 1927, cuando fue proyectado e instalado el sistema de alcantarillado en una zona limitada de la ciudad. Hasta entonces las aguas residuales eran evacuadas a través de letrinas o fosas sépticas, práctica actualmente aún en uso en sectores no servidos por el alcantarillado público [5].

Actualmente la red está compuesta por unos 380 km. de conductos y cuenta con unas 78 000 conexiones, lo cual significa que solo el 25 % de las viviendas pueden utilizar el servicio. La mayor parte de los sistemas de recolección descargan las aguas residuales en el Río Ozama y al litoral a través de 28 puntos de salida, sin ningún tratamiento. Solo las aguas negras de algunos sectores son tratadas por medio de 3 instalaciones de depuración.

La población que no es servida por el servicio de alcantarillado público dispersa sus aguas domésticas en alguna medida directamente en la capa freática por medio de pozos sépticos y pozos filtrantes.

Los conductos son casi totalmente en gres cerámico, concreto y PVC; los diámetros varían de 3 a 36 pulgadas. La red de conductos principales está conformada por unos 31 km. de conductos con diámetros de 10 pulgadas a 36 pulgadas, mientras que la longitud de la red secundaria es de 33.8 km. con conductos de diámetros 3 a 8 pulgadas.

La red de alcantarillado está estructurada sobre 35 sistemas independientes, de los cuales 5 gravitan sobre el Río Haina, 10 sobre el Ozama, al cual se estima que el caudal incorporado es de unos 10 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> de aguas negras, 13 van al litoral y 7 a fosas sépticas y pozos filtrantes.

El problema principal que concierne al sistema de alcantarillado es la falta de un programa de mantenimiento orgánico. Muchos conductos se obstruyen fácilmente debido a la excesiva sedimentación provocada por un bajo caudal y en algunos casos debido al difícil acceso al sistema. Hay conductos que se encuentran a más de 5 metros de profundidad. Otros problemas comunes, son causados por la rotura de algunos conductos por una incorrecta instalación, por raíces de árboles, etc.

La red principal del sistema de alcantarillado sirve a una población de unos 936 000 habitantes. Sin embargo, se estima que aproximadamente 159 700 viviendas en la ciudad están dotadas de fosos

sépticos y también se ha observado que en muchos casos donde existen los conductos, no todas las casas están conectadas.

Actualmente solo existen 4 plantas de tratamiento de residuales de aguas negras. La eficiencia de estas es muy baja. Si estuvieran funcionando correctamente, resolverían solamente una parte del problema, puesto que darían servicio a una población de 50 000 habitantes de las 620 000 residentes en la zona donde está presente la red de alcantarillado.

### **2.3.3 Recogida y disposición de las aguas pluviales.**

La ciudad de Santo Domingo está servida parcialmente por un sistema de alcantarillado pluvial que fue instalado para prevenir las inundaciones en ciertas zonas de la ciudad y donde el agua en algunas ocasiones ha llegado hasta los 1.2 metros de altura.

Otro sistema a menudo utilizado para la recolección y disposición de las aguas pluviales es el constituido por pozos filtrantes, que son construidos generalmente con las mismas características de los sistemas para la disposición de las aguas negras. Los sistemas existentes no resuelven todavía el problema, y muchas zonas aún están sujetas a inundaciones periódicas; además muchos colectores están dañados y sufren la falta de mantenimiento.

Parte de las aguas pluviales son colectadas por sistemas individuales, los cuales están formados por una cámara de recolección y por un pozo filtrante. Sus dimensiones están dadas en función del volumen a coleccionar y aproximadamente son de 30 m<sup>3</sup>, y su principal deficiencia es lo caro que resulta su limpieza y mantenimiento.

Los sistemas colectores del servicio público cubren aproximadamente el 30 % del área edificada. Al igual que los sistemas individuales su problema principal es el mantenimiento.

El sistema de alcantarillado pluvial está constituido por 45 sistemas, formado por unos 136 km. de tuberías y casi 5000 imbornales, que desaguan el aporte de una superficie de solo 2225 hectáreas de las 22 000 hectáreas de la superficie ocupada de Santo Domingo.

### **2.3.4 Recogida de desechos sólidos y su disposición.**

La ciudad de Santo Domingo tiene una generación de basuras diaria de 2300 toneladas métricas, esta problemática se agrava por la escasa disponibilidad de recursos para disponer de manera eficiente la misma. En las actuales condiciones, es indispensable contar con un programa de limpieza que garantice el mantenimiento de la higiene y la conservación del medio ambiente libre de contaminación que afecta la salud de la población [8].

La casi totalidad de la basura producida por las poblaciones, especialmente en las zonas urbanas de alta concentración poblacional, es recuperable; aunque la basura es diferente según sus zonas de procedencia, pero contiene en proporciones medias los productos siguientes: materia orgánica el 25 % (verduras, frutas, desperdicios de cocina, etc.); materias reconvertibles el 50 % (papeles, cartones, trapos, cueros, maderas, plásticos, etc.) y las materias inertes forman alrededor del 25% (piedras, vidrios, metales ferrosos y no ferrosos, losas, etc.). Esta clasificación utilizada en países

desarrollados, no se ajusta exactamente a Santo Domingo donde la basura tiene más alto contenido de desperdicios.

Composición de la basura procedente de diferentes asentamientos urbanos y zonas de la ciudad.

ZONA DE GENERACION	RESIDUOS DE ALIMENTOS (%)
Zona residencial de alto ingreso	11.6
Asentamiento de bajo a mediano ingreso	19.4
Asentamiento de bajo ingreso 1	18.3
Asentamiento de bajo ingreso 2	23.3
Mercados públicos	9.5
Hoteles	22.1
PROMEDIO	31.6

El sistema de recogida y descarga de los desechos sólidos en el Distrito Nacional pone en evidencia una insatisfacción general acerca del actual nivel de eficiencia del servicio. El método utilizado tradicionalmente en el país es la disposición mediante vertederos, lo que constituye una vía más simple, económica y directa para deshacerse de los desechos.

El Ayuntamiento del Distrito Nacional disponía de 5 vertederos como destino final de los desechos recogidos, los que presentaban un estado de organización desastroso. Las entradas a los mismos estaban intransitables, hecho que contribuía al deterioro de los equipos de transporte, reduciendo su vida útil hasta en un 50 %. Estos vertederos carecían de equipos para la disposición de la basura de manera organizada de forma que se evitara la contaminación de los sectores más cercanos.

Los vertederos están situados en: Guaricano otro, en la margen oriental del Río Haina al Oeste de la ciudad, San Isidro y por último el vertedero de Duquesa localizado al Norte de la ciudad. De estos 4, solamente está funcionando el último, puesto que el resto han sido cerrados por el exceso de contaminación ambiental y su proximidad a la población. Anteriormente existió otro vertedero en Cancino el que fue clausurado por los mismos problemas.

La política del Ayuntamiento del Distrito Nacional está dirigida a construir tres nuevos vertederos en el Distrito Nacional para localizar la disposición final de la basura en el Norte, en la parte Este, y en la parte Oeste de la ciudad, con el fin de garantizar un menor costo de transporte y mayor rapidez en la descarga.

Se ha discutido la instalación de un vertedero moderno que reúna las características propuestas por una misión técnica japonesa (JICA); el asentamiento seleccionado tendrá una capacidad mínima de aproximadamente 7.0 millones de m<sup>3</sup> para rellenar, de ellos 5.8 millones de m<sup>3</sup> de basura (4 millones de toneladas) y 1.2 millones de m<sup>3</sup> de tierra de recubrimiento, lo significaría una vida útil de 5 años. El área mínima para instalar un vertedero debe superar los 350 000 m<sup>2</sup>.

La ruta de recogida tiene varios criterios básicos como son: limitada por avenidas y calles principales, que incluya sectores enteros y no fraccionados, que los camiones sigan el sentido del tráfico de las vías establecidas, que la producción de basura en la zona no debe ser mayor de 40 toneladas métricas por día; debido a que la capacidad del camión compactador es 10 toneladas como promedio por viaje, lo cual implica que este estaría en capacidad de dar dos viajes al vertedero

en cada turno de trabajo y comenzarían los recorridos por las avenidas y sus paralelas y luego completar el rastreo por las transversales, evitando de esta manera pasar dos veces por el mismo lugar.

### 3. DIAGNOSTICO AMBIENTAL.

#### 3.1 Usos socioeconómicos actuales.

##### Conservación de la naturaleza.

El enorme desarrollo que ha experimentado la capital en los últimos años, ha erosionado las reservas ambientales todavía existentes en los alrededores del área urbanizada, lo que ha reseñado la exigencia de planificación adecuada tendente a salvaguardar la disponibilidad de áreas para el futuro de Santo Domingo y preservar el resto de los valores ambientales.

La zona de estudio presenta áreas extremadamente degradadas, tales como los tramos terminales y de los ríos Ozama y Haina, zonas de gran interés en cuyas márgenes, a pesar del impacto de los asentamientos y/o de las actividades humanas, pudieran conservarse algunos ecosistemas que merecen ser protegidos y catalogarse como una reserva natural [9].

En el Río Haina se conserva la vegetación ribereña de caobas, en la vertiente occidental de la cadena de colinas localizadas entre la cañada Guajimía y la carretera Sánchez, alrededor del antiguo vertedero del kilómetro 12. La caoba es un símbolo patrio, tan importante como el escudo, la bandera o la moneda nacional, pues desde 1957 es **La Flor Nacional** según el Decreto Presidencial 2944 de ese año.

Históricamente, el Río Haina ha sido la principal fuente de abastecimiento de agua para el consumo humano e industrial de la ciudad y sigue siendo la mejor alternativa para garantizar el suministro de este líquido vital de cara al nuevo siglo. Este servicio por si solo justifica todos los esfuerzos que el estado debe realizar para su conservación.

Para la conservación de esta zona, se ha creado el **Cinturón Verde**, que se configura como un área articulada con una extensión superficial de unas 14 000 hectáreas y que forma un arco de aproximadamente 50 km, desde la desembocadura del Río Haina hasta la base aérea de San Isidro, siguiendo los cursos fluviales que rodean la ciudad. Este cinturón esta concebido como un área de **Gestión Especial**, en la cual se podrán desarrollar actividades económicas y sociales de diversos tipos que sean compatibles con la protección ambiental, como son el bosque protector, productor y recreativo, la agricultura y el disfrute público para propósitos educativos, de esparcimiento y turismo, entre otros.

##### Uso Urbano.

Esta zona se encuentra densamente poblada tanto la zona litoral como ambas márgenes del Río Ozama, el cual divide la ciudad en dos partes, siendo la margen Oeste la más poblada y donde radica la parte más antigua de la capital.

En la zona litoral están localizados los barrios con mayor nivel económico, mientras que en las márgenes del Río Ozama la población en general es más pobre. La zona del Río Haina está poco poblada, existiendo algunos barrios de poco poder adquisitivo [9].

### **Uso industrial.**

Los principales complejos industriales están establecidos en la zona costera o sus proximidades, así como en las proximidades de las márgenes de los ríos, como es el caso de: ingenios azucareros, termoeléctricas, destilerías, mataderos y otras [6].

El desarrollo industrial es relativamente reciente, ya que comenzó a partir de la década del 60. Posteriormente surgió la necesidad de crear mecanismos de control, puesto que la eliminación de los residuos estaba afectando otros recursos también importantes para el desarrollo y para mantener la calidad de la vida. En este sentido se instituyó la Dirección General de Normas y Sistema de Calidad Dominicano (DIGENOR) y la Comisión Nacional de Saneamiento Ecológico. Este último tiene como funciones hacer cumplir las disposiciones de DIGENOR.

En el Distrito Nacional están identificadas 181 fuentes de contaminación, de las cuales 15 fueron caracterizadas. Además, fueron evaluadas 10 alcantarillas, 6 estaciones en el Río Ozama-Isabela y 4 estaciones en el Río Haina. En la República Dominicana se ha estimado el aporte de carga orgánica contaminante procedente de las industrias en unas 596 000 toneladas por año, expresadas como DBO<sub>5</sub>, de las cuales el 63.9 % (381 057 t.año<sup>-1</sup>) corresponden al Distrito Nacional.

### **Uso portuario.**

Esta actividad se realiza en las márgenes de los ríos Ozama y Haina. El puerto del Río Haina es el más importante del país. Aquí se descargan buques con manejo de combustibles, carga suelta, a granel y contenedores [6].

El puerto de Santo Domingo, está situado al mismo pie de la ciudad antigua, en el estuario del Río Ozama. El puerto se extiende aguas arriba hasta las instalaciones de la Corporación Dominicana de Electricidad. Este puerto no ha conocido jamás tráfico importante de mercancías, comparativamente con el puerto vecino de Haina. Este tráfico va a continuar disminuyendo por la transferencia hacia Haina de muelles y tecnología y por el acondicionamiento de este último. En el Ozama está el muelle de la Marina de Guerra en Sans-Souci. Actualmente existe un nuevo muelle que fue construido para recibir embarcaciones turísticas de gran porte [4].

### **Uso recreativo.**

En toda la zona litoral existe un gran número de instalaciones recreativas que son usadas tradicionalmente por nacionales y extranjeros. La franja de terreno próxima a la desembocadura del Río Ozama y conocida por El Malecón, es utilizada fundamentalmente en horario nocturno para el disfrute y recreación de la población.

### **Uso turístico.**

En la franja del litoral de la ciudad, están construidos la mayor parte de los hoteles que están dedicados al turismo nacional e internacional, también centros comerciales, restaurantes y otras instalaciones utilizadas por los turistas.

Otra zona importante es la zona estuarina Oeste del Río Ozama, en la cual se encuentra la parte colonial de la ciudad, muy frecuentada por los turistas por su valor histórico y sus bellezas arquitectónicas.

### **Uso pesquero.**

En la etapa actual, la actividad pesquera es muy pobre en la zona de estudio. Solo existe una pequeña cooperativa pesquera artesanal que radica en el Río Ozama con embarcaciones menores [6].

### **Uso agropecuario.**

Esta actividad se encuentra en las zonas de los ríos Ozama-Isabela y Haina; encontrándose la más importante en la cuenca del Haina.

Los cultivos más importantes son cítricos, caña de azúcar (la que ocupa mayores áreas), plátano, cacao, viandas y hortalizas, café, habichuelas, maíz y arroz.

La ganadería (incluyendo la porcina y la crianza de aves), junto con la caña de azúcar ocupa una parte importante de los territorios agrícolas [6][9].

El sector agropecuario es un elemento fundamental en la economía del país por su aporte en la alimentación, en la generación de empleos y divisas. En los últimos años ha existido una reducción en la producción.

A pesar del menoscabo que está sufriendo el sector en la economía nacional, esto no significa que esté disminuyendo su efecto negativo sobre los recursos suelo, agua y bosques, todo lo contrario, la falta de incentivos y el uso de tecnologías inadecuadas en el sector, han implicado un creciente proceso de erosión a lo largo de las cuencas. También las zonas sometidas a riego sufren deterioro del suelo (contaminación por biocidas, fertilizantes no biodegradables, pérdidas de caudales de los ríos, etc.)

### **Uso de suelos**

En la zona de estudio se desarrollan importantes actividades socioeconómicas para el Distrito Nacional. Estas áreas están ocupadas en un alto porcentaje.

### **3.2 Usos socioeconómicos futuros.**

En el Plan Director para el Desarrollo Urbano de la ciudad de Santo Domingo están suficientemente descritos los usos socioeconómicos futuros propuestos para la capital del país [8].

Este Plan Director en realidad se sustenta en la consolidación de esa estructura, trazada y profundizada en la solución de los aspectos fundamentales que solucionen los problemas de los servicios que debe ofrecer un conglomerado urbano con las características de la capital de la república.

El Plan Director es el resultado del trabajo conjunto de un grupo de organismos nacionales, con la participación de una misión del gobierno Italiano.

El Plan Director presenta la oportunidad de conocer la compleja realidad de la capital y contar con un instrumento para enfrentar su futuro, con una sistemática planificación de la ciudad, que hace posible una adecuada respuesta urbana, acorde a su historia, tradiciones y costumbres.

El plan define claramente las líneas de desarrollo fundamentales de la ciudad, integrando las sugerencias de la práctica urbanística y de la evolución natural de Santo Domingo, por lo que se puede definir como un **Plan Proceso**, en el cual los detalles serán estudiados de acuerdo a las necesidades, dentro del marco general de sus grandes espacios urbanos; por lo tanto se puede señalar como un instrumento orientador de las transformaciones del territorio, que la ciudad ha estado buscando para coordinar las iniciativas públicas e incentivar la iniciativa privada. El Plan Director se propone indicar las opciones de crecimiento de la ciudad, presentando soluciones para la reordenación de la existente, definiendo la recuperación de áreas deficitarias en servicios básicos urbanos, de acuerdo a los recursos disponibles y señalar las normas de control y uso del suelo que aseguren valores comunitarios estables y además crea las bases de un eficaz control institucional.

El Plan Director para el desarrollo urbano de la ciudad de Santo Domingo, presenta la planificación física y la correspondiente organización socio-administrativa, propuestas sobre modelos objetivos a ser logrados en el horizonte de largo plazo, por la ciudad y el Distrito Nacional. Así se aborda la descentralización administrativa, los aspectos de geografía urbana y la normalización de uso del suelo, el saneamiento de las aguas superficiales, la distribución urbana de los alimentos, el problema de los desechos sólidos, y el sistema de inspección de las construcciones.

### 3.2.1 Descentralización administrativa.

#### **Funciones de la ciudad y la administración de sus servicios.**

La buena administración de un conglomerado humano como es la ciudad de Santo Domingo y su ámbito de jurisdicción territorial, el Distrito Nacional, que ha tomado carácter de metrópolis nacional, debe sustentarse en la autosuficiencia económica del organismo que norma su funcionamiento y conduce a la prestación de los servicios que requiere la comunidad [8].

La estructura organizativa del Ayuntamiento del Distrito Nacional debe de adecuarse a esos objetivos, por lo que es de vital importancia realizar una descentralización de las funciones y actividades que le competen, para así permitir la participación de los ciudadanos en la solución de sus propios problemas, derivados de vivir en comunidad. Con este fin se propone la división del Distrito Nacional en 18 Minicabildos Urbanos y 9 Suburbanos, para establecer el Gobierno Municipal, por medio de unidades territoriales (Minicabildos) que faciliten el control y desarrollo de la ciudad, y al mismo tiempo que se proporcione la participación de la comunidad.

Esta organización busca desconcentrar las funciones de la Sede Principal, para que cada Minicabildo actúe como un Ayuntamiento en su zona, promoviendo la participación de la población en la dirección de los asuntos municipales. La administración de una ciudad de 2.5 millones de habitantes como Santo Domingo, desde un centro único, no es concebible modernamente desde el punto de vista de la técnica administrativa.

En esta nueva visión operativa del Ayuntamiento del Distrito Nacional, la participación del sector privado se constituye en un factor prioritario en la solución de los problemas de cada Minicabildo.

### ESQUEMA DE LOS MINICABILDOS



#### 3.2.2 Usos futuros.

El problema del crecimiento de la población de la ciudad de Santo Domingo en el lapso de tiempo para la cual se presupone pueda tener validez el presente plan significa no solamente tomar conciencia de todos los factores disponibles que atañen a la realidad urbana, sino también de los que se refieren al crecimiento demográfico global de la República Dominicana y de la distribución de la población en el territorio.

Se pretende recuperar una imagen urbana fuerte, que sea memoria de un pasado con profundas raíces en la cultura Hispánica y señal de un presente lleno de propuestas de vida nueva, dictadas por una unidad del pueblo.

Afrontar los temas que la planificación ha puesto sobre el tapete como la recuperación del centro histórico, la definición de un nuevo centro urbano, el espacio lleno de sugerencias como el Malecón, la reestructuración de los barrios marginados, la remodelación de los servicios públicos, significa un nuevo semblante de la ciudad que en el umbral de los años 2000 debe garantizar un futuro ordenado y armónico a su desarrollo.

La superficie territorial urbanizable para los fines de asentamiento humano resulta ser de 25 000 hectáreas aproximadamente, y por lo tanto se asume como dato guía para la planificación, una densidad territorial promedio de 160 habitantes por hectáreas y la superficie fijada a cada habitante es de 25 m<sup>2</sup>.

El Plan, partiendo de la capacidad de asentamiento asumida para los próximos años, localiza el desarrollo territorial de la ciudad mediante polos y directrices que el análisis del área metropolitana ha puesto en evidencia como ejes, ya consolidados del crecimiento urbano, y que por lo tanto deben considerarse prioritarios.

El Plan prevé tres **Polos de desarrollo**, que pueden configurarse como **ciudades satélites** estas son: Los Alcarrizos, al Norte de Santo Domingo; al Este, hacia el Aeropuerto Las Américas-Boca Chica y al Oeste hacia Haina-San Cristóbal. Esta última directriz, no obstante se trata de áreas externas al Distrito Nacional, asume un carácter de primordial importancia para los asentamientos industriales allí previstos y los aspectos ocupacionales consecuentes.

El Plan Director localiza 29 áreas homogéneas, cada una objeto de un Plan de Área. El Plan identifica así mismo una nueva delimitación del área urbanizada y comprende, por tanto, las futuras áreas de expansión y el Cinturón Verde, lugar del sistema de cuidado ambiental previsto para la ciudad de Santo Domingo, separando las áreas urbanas de aquellas de prevaeciente destino agrícola de baja densidad territorial.

Para fines de modernización del uso del suelo se han identificado los sectores siguientes: residencia, barrios marginados, industria y artesanía, comercio, servicios, turismo, agricultura, desarrollo portuario y servicios urbanos.

### **Residencia.**

El sector de la residencia deberá afrontar, dentro de las perspectivas de asentamiento operados por el Plan en el marco de los próximos 10 años, una necesidad de proyecto de cerca de 36 250 000 m<sup>2</sup> residenciales y una cobertura del asentamiento de cerca de 1 450 000 habitantes.

A esto se agrega una necesidad previa existente de difícil evaluación, pero no inferior al 30% de la cifra antes mencionada; es decir de los últimos 500 000 habitantes. Tales intervenciones deberán ser efectuadas en las áreas de complementación sujetas a reestructuración y en las áreas de expansión.

### **Barrios marginados.**

Estos representan amplias zonas incorporadas en el tejido mismo de la ciudad con su propia estructura consolidada con el transcurso del tiempo que no puede ignorarse, ya sea para la extensión territorial como para la densidad territorial que normalmente estos barrios presentan. El Plan Director considera la intervención en los barrios como uno de los puntos de mayor calificación, los cuales tienen un bajo perfil urbanístico y social.

El mejoramiento de los barrios marginados muchas veces ilegales, implica su definitiva incorporación a lo interno del tejido de la ciudad.

Los planes de áreas que incluyen barrios marginados en el momento de ponerse en ejecución el Plan Director, identificarán los específicos Proyectos Unitarios de Intervención. En estas áreas se ejecutarán proyectos de recuperación urbanística según modalidades y normas que se especificarán para cada proyecto, teniendo en cuenta las posibles indicaciones de las entidades y organizaciones locales, que podrán llegar a ser los efectivos operadores futuros.

Otro objetivo indispensable para un programa de recuperación de los barrios marginados, es la garantía y la seguridad de la posesión de la tierra por parte de los habitantes.

## **Industria y Artesanía.**

Los objetivos establecidos para el desarrollo residencial en el ámbito del área metropolitana determinan la necesidad de incentivar el sector productivo, creando dos grandes zonas industriales en conexión con las áreas de expansión.

La identificación de las nuevas áreas para el asentamiento industrial ha sido realizada en direcciones funcionales a las comunidades viales y en la hipótesis de un plan orgánico de transporte público, el cual prevé entre otros, la reestructuración y la prolongación de los ejes de ferrocarriles existentes.

Dentro de los nuevos polos industriales será necesario nuevas zonas francas, estructuradas y enlazadas con los mismos criterios del punto precedente.

## **Comercio.**

La administración del Plan Director deberá proveer a la formación de un programa específico para el comercio, dirigido a identificar ejes y áreas para la formación de centros de distribución al por mayor y al detalle, así como estructurar los asentamientos existentes con adecuadas zonas de servicios.

Particular importancia desempeña el sector de la distribución al por mayor de los productos agropecuarios provenientes del territorio agrícola y la formación de al menos tres **áreas de mercado**, las cuales se ubican en el Polo de desarrollo de la zona Norte, al Este en las proximidades de la base militar de San Isidro y al Oeste en el área limítrofe del nuevo asentamiento industrial de San Cristóbal.

## **Servicios.**

La tendencia de los servicios a colocarse de manera desordenada y anómala en el interior de las zonas que colindan con la ciudad Colonial, amenaza con deformar irreparablemente el tejido histórico todavía rico en notables detalles como son las zonas de Gazcue, San Carlos y Villa Francisca.

El Plan pretende preservar y recuperar esta realidad histórica particularmente significativa, y propone como alternativa la formación de un Centro Direccional, que empezando por las oficinas públicas ya colocadas en el entorno al Centro de los Héroes, vaya organizándose alrededor de los ejes viales de la avenida A. Lincoln y de la avenida W. Churchill hasta la confluencia con la avenida J.F. Kennedy. Se presenta también particularmente importante La Feria Ganadera, área dedicada no solo a las iniciativas del sector agropecuario, sino también a ferias y exposiciones de otros sectores productivos, asumiendo así el más amplio papel de centro permanente del comercio, de la industria y de la agricultura.

## **Turismo.**

El sector turístico que tiene que ver con el desarrollo económico del país, interesa marginalmente a la ciudad de Santo Domingo, ya que esta no ofrece razones para una prolongada permanencia

turística, el cual se dirige hacia las playas del Norte y Este del país. Sin embargo, la ciudad posee un notable potencial turístico que puede ser adecuadamente desarrollado.

Otro aspecto importante es la recalificación del área de designación especial hotelera frente al mar, a lo largo del Malecón, ya caracterizada por la presencia de muchos hoteles que pueden dar lugar a un tipo de **Turismo de negocio y cultural**, mucho más activo que el actual, capaz de valorizar y potenciar la zona.

Por último se plantea desarrollar un Proyecto específico de Área en la zona de Boca Chica, tomándose al mismo tiempo en consideración las implicaciones de carácter turístico con las de la residencia y de la producción local.

### **Agricultura.**

Para el sector agrícola que abarca una gran parte del territorio del Distrito Nacional, el Plan Director no fija líneas específicas de desarrollo. Propuestas adecuadas podrán ser desarrolladas por los entes encargados en tales sectores, coordinándolos donde sea necesario, según las indicaciones del Plan Director.

### **Desarrollo Portuario.**

El desarrollo en la actividad portuaria está dirigido fundamentalmente hacia el puerto de Haina. Aquí se desarrollaran nuevas y modernas tecnologías, se construirán nuevos atraques. En el estuario del Río Ozama está previsto el desarrollo de atraques para embarcaciones turísticas y algunos atraques para descargas de materias primas de algunas industrias.

Otra actividad importante a desarrollar en las márgenes del Río Ozama, es la creación de una zona franca para actividades comerciales.

### **Sistema de servicios urbanos.**

Entre los servicios urbanos de interés general se distinguen las infraestructuras que comprenden las hospitalarias, universitarias, culturales, grandes parques, jardines urbanos y áreas de protección ambiental, distribución de bienes y cementerios, los servicios básicos que comprende las redes de alcantarillado, pluviales, hídricas, energéticas y telecomunicaciones, las infraestructuras educativas (escuela preescolar, primaria, secundaria e institutos varios), las infraestructuras asistenciales (sanitarias de base y otras), las infraestructuras comunitarias (religiosas, culturales y sociales), y las infraestructuras de carácter recreativo (deportes, áreas verdes públicas).

El Plan de Servicios identifica la necesidad total de áreas e infraestructuras respectivamente para Servicios de Interés General y para Servicios de Área, de acuerdo con la capacidad teórica de asentamiento para 3.8 millones de habitantes que tendrá la ciudad, entre ellos se destacan:

DESCRIPCION	DENSIDAD (m <sup>2</sup> .hab <sup>-1</sup> )
Servicio hospitalario	0.72
Areas y estructuras para equipos universitarios	1.52
Areas para infraestructuras culturales	0.30
Areas Verdes	10.00
Areas para gran distribución (Mercados generales)	0.52
Areas para cementerios	1.00

### Cinturón Verde.

El patrimonio histórico-cultural que se ha heredado de la simbiosis de la cultura indígena y las civilizaciones europeas, ha sido reconocido por la UNESCO, al declarar la Zona Colonial de la ciudad de Santo Domingo como Patrimonio de la Humanidad o Sitio de Patrimonio Mundial.

Para ir al rescate del Patrimonio Mundial que con el paso del tiempo y las presiones que son propias del desarrollo, ha ido perdiendo las características originales con que fue celosamente conservado por los aborígenes; el Gobierno Dominicano ha sabido interpretar inteligentemente la necesidad de integrar la herencia histórica-cultural con el respeto que merece el entorno natural que lo rodea y ha creado el Cinturón Verde de la ciudad de Santo Domingo.

El Cinturón Verde, fue creado mediante el Decreto Presidencial . 183-93, es una amplia franja espacial que rodea el entorno urbano capitalino. Su creación obedece a la necesidad de regular el crecimiento horizontal de la ciudad y la expansión de los asentamientos en su periferia, para asegurar la protección y mejoramiento de los recursos y valores naturales existentes, con miras a garantizar la calidad del ambiente en el Distrito Nacional.

La conservación de todos los cursos de agua que pasan por la ciudad y los manantiales que los originan; la protección de amplias zonas de humedales conformadas por ríos, arroyos, lagunas, caños, manglares, vegetación palustre y bosques de galerías o ribereños; así como el restablecimiento y conservación in-situ de especies botánicas representativas del bosque **Húmedo Tropical** dentro del ámbito del Distrito Nacional tiene como finalidad hacer de Santo Domingo una ciudad ambientalmente bien protegida y en capacidad de brindarle a sus habitantes una amplia gama de servicios y oportunidades en el orden recreativo, educativo, turístico, deportivo y de regocijo espiritual, a la vez que se garantiza el mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales y se protege la biodiversidad.

La realización de este Parque Fluvial, permite asegurar el cuidado y el desarrollo de las restantes áreas de alto valor natural, particularmente en los manglares, los bosques húmedos tropicales, en las islas y en las zonas húmedas, auténticos bancos biogenéticos donde, hoy día, se encuentra la presencia de una avifauna muy variada. También será posible extender y racionalizar los recorridos a lo largo de los cursos de agua, realizando intervenciones arquitectónicas del paisaje y acelerar las operaciones de saneamiento de la capital degradadas [9].

Las funciones principales del Cinturón Verde son:

- Conservación Ambiental Integral.
- Conservar áreas naturales que sirvan de **Banco Genético** para las principales especies.
- Proteger las áreas destinadas a reservas naturales.
- Preservar todos los ecosistemas forestales, fluviales y lacustres existentes.
- Campos agrícolas experimentales.
- Mantener plantas de tratamiento de aguas negras.
- Disponer de áreas de relleno sanitario.
- Contener áreas recreativas, educativas, turísticas y deportivas.
- Mantener áreas residenciales de baja densidad.
- Proteger de manera especial los campos de pozos de agua que suministren ese líquido vital para el consumo humano e industrial.
- Conservación de la diversidad biológica en su más amplia expresión: material genético, especies de plantas, animales y microorganismos, así como el hábitat natural y ecosistemas donde viven.
- Brindar protección especial a uno de los sistemas de manglares, lagunas y humedales asociados más importantes del país.
- Favorecer la generación natural y la restauración de los ecosistemas forestales típicos del bosque tropical de la isla y la fauna asociada.
- Proteger de manera especial la avifauna migratoria nativa y endémica existente.
- Servir de laboratorio viviente permanente para la investigación científica y estudios académicos que puedan emprender las universidades nacionales y organismos especializados de carácter técnico o científicos.
- Garantizar las condiciones mínimas para la conservación de la flora y fauna acuáticas prácticamente desconocidas por la comunidad científica nacional.
- Brindar el espacio y las condiciones requeridas para el establecimiento y desarrollo de la Acuicultura.
- Ofrecer los atractivos paisajísticos y los elementos naturales que permitan el desarrollo ecoturístico del entorno natural que circunda la ciudad de Santo Domingo.
- Permitir la creación de áreas especiales para la educación ambiental, con senderos interpretativos, áreas silvícolas demostrativas, observatorios de especies endémicas de plantas y animales.
- Servir de pulmón verde para el principal asentamiento humano de la República Dominicana, la ciudad de Santo Domingo

El Cinturón Verde está conformado por 8 zonas ambientales definidas en la mayoría de los casos por cursos de agua. Este franja verde (143 314 800 m<sup>2</sup>) debe servir de pulmón para el principal asentamiento humano del país, que además de prever de oxígeno, sea la principal garantía para el saneamiento ambiental del mismo. El Cinturón Verde por si solo, representa 62.3 m<sup>2</sup> por habitante ciudadano. Esta proporción de área verde-habitante-ciudad, probablemente sea una de las más altas del mundo (París y Buenos Aires son dos de las ciudades con mayor espacio verde por habitante, y en ninguno de los dos casos sobrepasa los 14 m<sup>2</sup> por persona). Al Cinturón Verde debe sumársele las áreas del Jardín Botánico Nacional, del Parque Paseo de los Indios, del Parque Mirador Este y del Parque Zoológico Nacional.

El Cinturón Verde tiene entre sus objetivos principales, la reestructuración ambiental de las márgenes fluviales y el restablecimiento, donde sea posible, de la vegetación originaria. Debe comprender solo aquellos tramos fluviales todavía exentos de asentamientos humanos, también los tramos urbanos de los ríos Isabela y Ozama, donde al contrario se verifican asentamientos; generalmente de carácter marginal, también con fuerte densidad habitada. Este se limita actualmente a establecer la protección mínima indispensable de la franja costera fluvial expuesta a inundaciones, recomendando el desplazamiento desde esta franja, de la población en ella asentada.

El Cinturón Verde está definido principalmente por los ríos Haina, Isabela, Ozama, Cabón y Yabacao; además de los arroyos Guzman, Manzano, La Yuca, Dajao, Tosa y Cachón. Todos estos ríos y arroyos a su vez son alimentados por decenas de manantiales, arroyos y cañadas que desembocan a lo largo de sus cursos.

El rescate y la conservación del Cinturón Verde, requiere de una estrategia global de protección y desarrollo, que recoja todos los elementos sociales, políticos y técnicos envueltos, que se sustente en una voluntad política a los más altos niveles, que cuente con la aceptación de la sociedad beneficiada directamente y el apoyo decidido y permanente de los empresarios, los partidos políticos, las iglesias, los centros de enseñanza (colegios privados y públicos, universidades, centros de enseñanza superior y escuelas vocacionales)

Paralelamente se debe establecer una estructura técnica que sea capaz de darle respuesta oportuna a los problemas antes mencionados y encaminar con éxito las acciones que sean necesarias para que el Cordón Verde cumpla con los propósitos para los cuales fue creado. Es preciso establecer un orden de prioridades en las intervenciones, especialmente en las urgencias ambientales, que demandan acciones inmediatas.

### **Transporte terrestre.**

De acuerdo con la evaluación realizada, la red vial actual es satisfactoria para la cantidad de vehículos existentes. Se propone para la solución futura del transporte público, un sistema de tranvías, que pueda satisfacer aproximadamente la transportación diaria de 38 000 a 40 000 pasajeros (15-20 % en horas pico correspondiente a 10 000 pasajeros en dos direcciones). Estos tranvías estarán caracterizados por una velocidad comercial de 25 km.h<sup>-1</sup>, con frecuencia de paso de 3-4 minutos y capacidad de transportación de 200-300 pasajeros promedio.

La ruta será a lo largo de la avenida 27 de Febrero. Esta avenida está caracterizada por una sección muy amplia, que pudiera fácilmente contener la zona de doble carrilera de tranvía. El trazado de la línea del tranvía tiene una longitud total aproximada de 16 800 metros, con estaciones en origen y término y 23 paradas.

### **Saneamiento de las aguas superficiales.**

Solo el 10 % de territorio urbano de la ciudad de Santo Domingo, cuenta con alcantarillado pluvial, cubriendo este 2225 ha de las 22 000 ha que posee la ciudad. Este territorio cuenta con 45 sistemas de drenajes. Existen como soluciones posibles para el resto del territorio aproximadamente 20 000 pozos de drenaje.

Se plantea el empleo de emisarios submarinos ya que dadas las características de la costa que presenta fuertes pendientes, con las cuales se logran alcanzar diluciones iniciales elevadas y que a 2 ó 3 km del vertimiento se deben alcanzar los requisitos de calidad para contacto primario de 1000 NMP.100 ml<sup>-1</sup> de coliformes. Para mejorar la estética del lugar de vertimiento se aconseja utilizar desbaste de sólidos y decantación de materia en suspensión. Este tratamiento reduce en un 50% la DBO<sub>5</sub>, en un 20% los sólidos S.S.T y en un 10% los coliformes.

Para resolver los problemas del sistema de alcantarillado y drenajes pluviales se prevén las soluciones siguientes:

### Variante 1

Se ha realizado un estudio por MM Strutture De Infrastrutture Del Territorio SPA y ELC-Electroconsult SPA de Milano Italia, que contempla aspectos relativos a la solución de los problemas existentes tanto con las redes del alcantarillado pluvial como el sanitario; entre estos se encuentran el mantenimiento regular de las redes principales.

Para disponer las aguas negras en el mar será necesario al menos dos emisarios submarinos, uno en la parte Oeste y otro en la parte Este, con una longitud mínima de 3000 m y diámetros de 3.5 m y 2.3 m respectivamente. A los emisarios es necesario agregar la red de colectores y estaciones de bombeo para recolectar las aguas residuales de la ciudad y conducir las hasta los emisarios [8].

En el siguiente cuadro se muestra el costo estimado de los distintos objetos de obra propuestos

DESCRIPCION	COSTO (millones USD)
Emisarios	90
Pretratamiento	45
Red colectora	100
Estación de bombeo	5
Total	240

### Variante 2

En el estudio Auding [7] se plantea que no existe una separación clara entre las aguas residuales y pluviales, ya que se aprovecha cualquier alcantarilla para recoger vertidos, y que la red de grandes colectores solo sirve al 10% de la superficie ocupada, por lo que prácticamente hay que construir toda la red.

Una solución de alcantarillado separativa obligará a construir una doble red de colectores de aguas de lluvias y negras, que implicaría un rígido control para evitar conexiones de aguas que no tengan la misma procedencia. Se señala que las aguas negras no afectan significativamente el dimensionamiento de los colectores ya que estos son de segundo orden con relación a las aguas de lluvias. De esta forma una sola red permite cumplir la doble función de saneamiento y drenaje urbano. Los caudales de aguas negras deben ser tratadas antes de ser vertidos.

Esta solución no es indicada para el caso de los vertidos industriales fuertemente contaminados que transporta la cañada La Zurza ya que estos deben ser conducidos hacia una planta de tratamiento.

## Tratamiento y eliminación de los vertidos.

Deben ser eliminados al máximo los vertimientos de residuales a los ríos ya que estos requerirán límites admisibles muchos más rigurosos que si se descargan al mar.

### Solución propuesta.

Construir una red de colectores unitarios con capacidad suficiente para desaguar los caudales de agua de lluvia correspondiente a precipitaciones de corta duración y período de retorno de 10 años, más los caudales de aguas residuales completada con un sistema de colectores unitarios al río o al mar, que reciban los caudales de aguas negras que ellos transportan en tiempo seco o bien los caudales de aguas negras más un cierto caudal de dilución de aguas de lluvia.

Los caudales interceptados son conducidos por el sistema de interceptores a las estaciones de tratamiento.

La solución propuesta estaría integrada por :

1. Red secundaria de alcantarillado unitario.
2. Red principal de colectores unitarios y pluviales
3. Sistema de colectores concentradoras e interceptoras de aguas residuales
4. Estaciones de tratamiento
5. Emisarios submarinos

El caudal de aguas negras para el año 2020 se ha estimado en 417 L.hab<sup>-1</sup>.

Se proponen un total de 60 colectores unitarios principales y 3 colectores pluviales agrupados en 45 sistemas de drenaje urbano. De los 45 sistemas, 20 vierten al Mar Caribe, 16 al Río Ozama, 8 al Río Isabela y 1 al Río Haina. El caudal total evacuado es de 19.6 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>, aportándose 6.9 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> al mar, 5.6 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> al Río Ozama, 5.5 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> al Río Isabela y 1.7 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> al Río Haina.

Esta previsto que la solución propuesta sea ejecutada en dos fases. En la primera fase el efluente se evacua al mar a través de un emisario submarino. En la segunda fase, directamente al mar, evacuando por el emisario los fangos estabilizados. El emisario adoptado tiene un diámetro de 2.5 m y una longitud de 2000 m.

### 3.3 Identificación y evaluación del impacto ambiental.

Una de las recomendaciones del seminario-taller efectuado en 1993 en la ciudad de Santo Domingo, fue la de conformar 3 grupos de trabajo encargados de acometer las investigaciones básicas necesarias que permitieran la caracterización de la dinámica litoral, el diagnóstico de la calidad del ecosistema y el inventario y caracterización de las fuentes contaminantes; con vistas a tener los elementos suficientes para establecer una línea base ambiental de referencia para la elaboración de las bases de manejo ambiental del litoral de Santo Domingo.

### 3.3.1 Dinámica de las aguas y sedimentos litorales.

#### 3.3.1.1 Dinámica de las aguas.

#### METODOLOGIAS.

Para la caracterización oceanográfica del litoral de Santo Domingo se efectuaron dos campañas de estudio durante agosto de 1995 y 1997. En cada una de ellas se realizaron observaciones puntuales de temperatura y salinidad con ayuda de un termosalinómetro portátil MC-5, a base de las cuales se determinó la densidad condicional del agua. Adicionalmente, en estas estaciones se colectó información sobre la transparencia y color de las aguas, con ayuda de un disco Sechi y una escala colorimétrica Forell-Ulle.

La colecta de datos se efectuó en 14 estaciones a lo largo del litoral (Fig. 3.1), las que fueron posicionadas mediante GPS (Tabla 3.1).

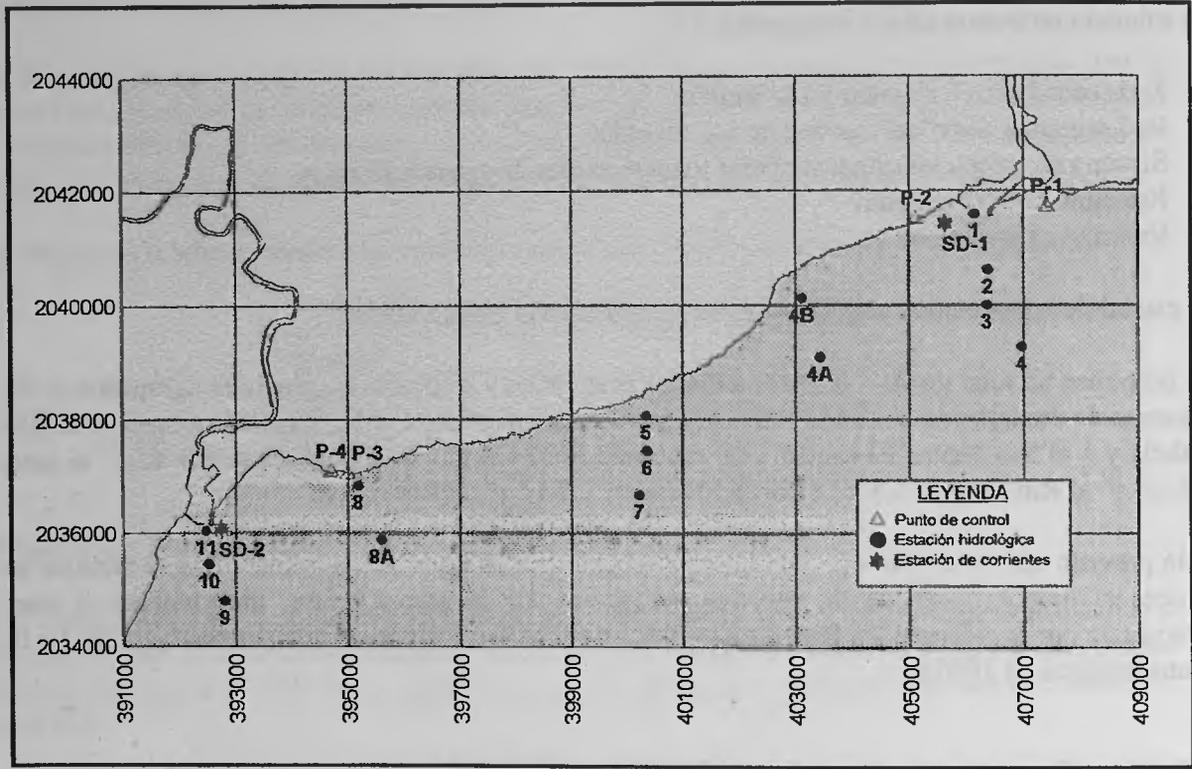


Figura 3.1 Red de estaciones oceanográficas en el litoral de Santo Domingo.

La información de las distintas variables fue procesada y representada gráficamente en cartas de distribución horizontal para el nivel de superficie, además se elaboraron los diagramas T-S-D para cada estación a fin de determinar la variación vertical de dichos parámetros.

Adicionalmente se instalaron simultáneamente dos estaciones boyeras fijas, provistas con dos correntógrafos autorregistratoros RCM-4 en cada una, los cuales quedaron ubicados en los niveles de 4 y 8 metros de profundidad durante 1995 y en los niveles de 3 y 9 metros de profundidad durante 1997. La estación SD-1 fue ubicada próxima a la desembocadura del Río Ozama y la SD-2 en la

desembocadura del Río Haina, por un período de tiempo que osciló entre 7 y 14 días. Cada equipo registró la información a intervalos de 20 minutos durante todo el período de estudio y además de la velocidad y dirección de las corrientes se obtuvieron los registros de la temperatura, salinidad y densidad condicional.

**Tabla 3.1: Coordenadas de las estaciones oceanográficas posicionadas por GPS.**

ESTACIONES	Coordenadas planas	
	X	Y
1	406149	2041590
2	406383	2040617
3	406361	2040000
4	406963	2039272
4A	403434	2039090
4B	403112	2040120
5	400333	2038067
6	400350	2037446
7	400210	2036667
8	395178	2036828
8A	395586	2035880
9	392798	2034798
10	392509	2035450
11	392461	2036040
SD-1	405648	2041410
SD-2	392756	2036060
PT-1 (FARO)	407414	2041720
PT-2 (SHERATON)	405128	2041508
PT-3 (HOTEL)	395008	2037050
PT-4 (HAINA)	394709	2037085

Esta información hidrológica obtenida por esta vía fue tratada estadísticamente y se calcularon los valores máximos, mínimos, medios, desviación estándar y varianza. La corriente total se descompuso en sus componentes de mareas y residual, mediante la aplicación del filtro Doodson. Para cada caso se elaboraron tablas con la distribución de las frecuencias de las corrientes.

En las tablas de frecuencia, los valores de velocidad y dirección de las corrientes, están agrupados en los 8 rumbos principales por intervalos de velocidad, determinándose su frecuencia relativa expresada como el porcentaje de las ocurrencias a partir de la relación de casos agrupados en cada rumbo e intervalo de velocidad entre la cantidad total de casos, calculándose además, la velocidad media ponderada y las máximas por rumbo. Esta información permitió elaborar los histogramas de frecuencia (rosas de corriente) total, de mareas y residual.

En las rosas de corrientes están representadas las velocidades de las corrientes en 5 intervalos de clase, en orden ascendente a partir del centro del gráfico, acotándose numéricamente para cada rumbo la velocidad máxima registrada en el período..

Con vistas a evaluar el desplazamiento virtual de la parcela de agua superficial en la zona litoral, se realizaron observaciones lagrangianas de las corrientes mediante el empleo de cuerpos de deriva, información básica para predecir la trayectoria de los contaminantes.

Con vistas a correlacionar toda la información obtenida se utilizó la información de la altura de marea del mareógrafo de Boca Chica facilitada por el Instituto Cartográfico Militar (ICM).

## RESULTADOS Y DISCUSION.

### Temperatura de las aguas.

Las aguas superficiales del litoral presentan un comportamiento bastante estable, como demuestran los registros obtenidos durante los muestreos, y a base de los cuales se puede establecer que las temperaturas medias oscilaron entre  $29.9 \pm 0.1$  °C en la campaña de 1995 y  $28.7 \pm 0.6$  °C en la campaña de 1997. Es significativo como las aguas menos cálidas aportadas por el Río Ozama se distribuyen a lo largo del litoral en dirección Oeste, como se ilustra en la figura 3.2 para agosto de 1997.

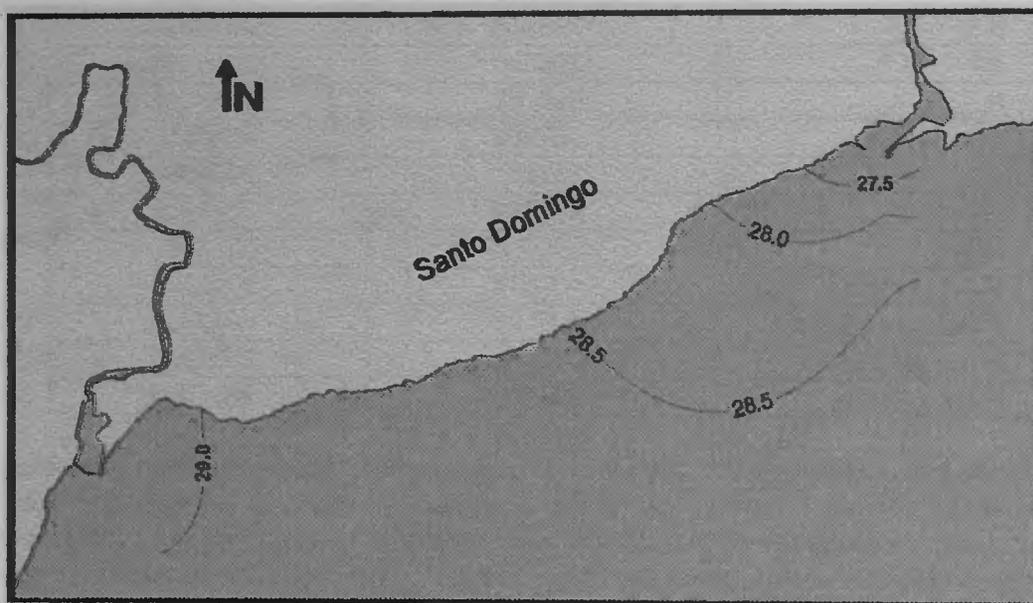


Figura 3.2 Distribución de las temperaturas superficiales en el litoral de Santo Domingo durante agosto de 1997.

En la columna de agua las variaciones que experimenta este parámetro son poco significativas, especialmente hacia el extremo Oeste del área de estudio. La influencia de las aguas menos cálidas aportadas por el Río Ozama influyen hasta los 3 metros de profundidad en las cercanías de su desembocadura y a medida que aumenta la distancia en dirección Oeste su influencia se circunscribe a la parte superior de la columna de agua. Esta situación, apreciada durante los muestreos puntuales está en concordancia con la información obtenida por los equipos autorregistradores en las estaciones SD-1 y SD, cuyos resultados pueden ser consultados en las tablas estadísticas que se acompañan en el Anexo 1, y a base de las cuales se elaboró la Tabla 3.2 que resume el comportamiento medio de la temperatura del agua para los niveles de superficie y fondo con la información obtenida durante 1995 y 1997.

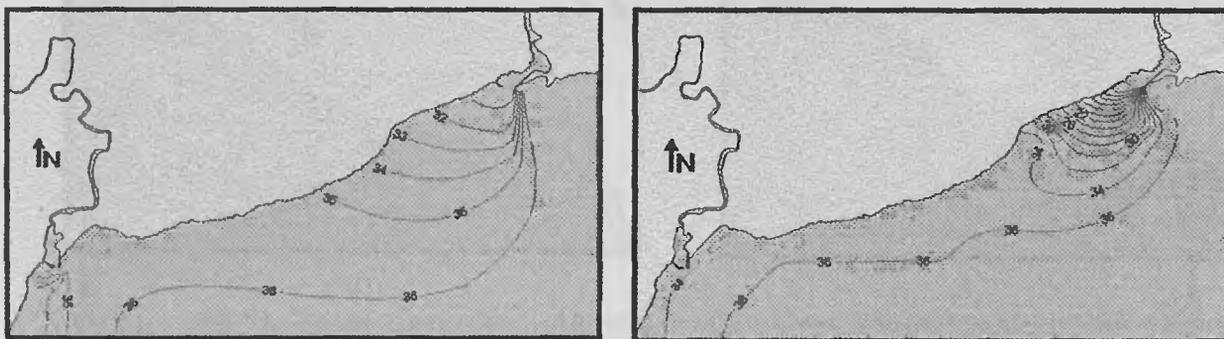
**Tabla 3.2: Temperaturas medias (°C) de las aguas en el litoral de Santo Domingo.**

(Estaciones SD-1 y SD-2)

NIVEL	OZAMA	HAINA
Superficie	29.4 ± 1.6	29.2 ± 1.3
Fondo	31.9 ± 3.1	29.3 ± 0.5

### Salinidad de las aguas.

La distribución espacial de la salinidad de las aguas superficiales en la zona litoral evidencia que esta aumenta en dirección al mar abierto para alcanzar una salinidad de 36 ‰. Sin embargo, la franja litoral presenta valores inferiores lo que está determinado por los importantes aportes de agua dulce de los ríos, en especial del Ozama, cuya pluma de agua baña todo el litoral al Oeste de su desembocadura permanentemente, como se ilustra en la figura 3.3 a base de los resultados obtenidos durante 1995 y 1997 [10]. La pluma de agua del Río Ozama al redistribuirse a lo largo del litoral puede identificarse claramente debido a que la gran cantidad de sedimentos en suspensión que transporta le confiere una coloración que la distingue de las aguas oceánicas.



(A)

(B)

**Figura 3.3 Distribución espacial de la salinidad superficial en el litoral de Santo Domingo. (A): 1995 y (B):1997.**

La distribución vertical de este parámetro indica que los aportes de agua dulce de los ríos y drenes que llegan al litoral influyen hasta la profundidad promedio de 1 metro en la mayor parte de la franja costera de unos 800 metros de ancho. Sólo en las zonas inmediatas a la desembocadura de estos ríos, su influencia se hace notar hasta los 3 ó 4 metros de profundidad, como puede apreciarse en las tablas estadísticas del Anexo 1 para las estaciones SD-1 y SD-2, cuyos resultados están en total concordancia a los obtenidos durante los muestreos puntuales a lo largo del litoral.

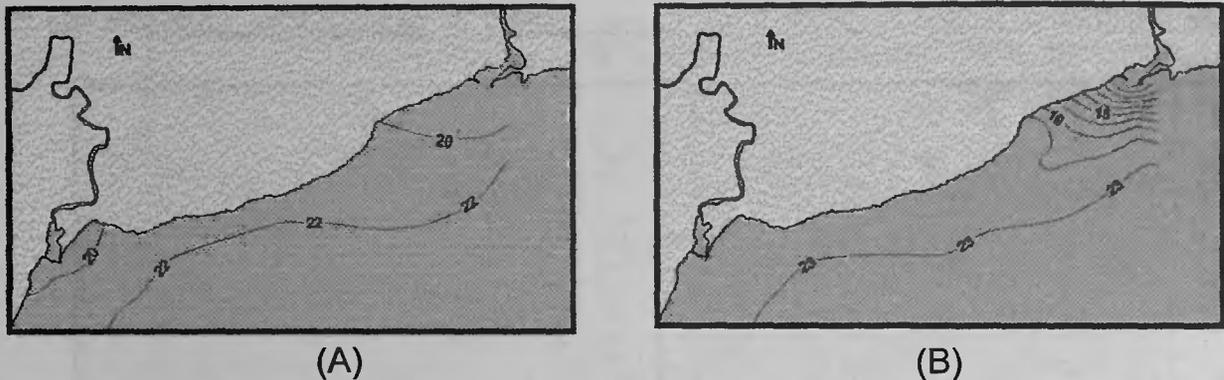
En la tabla 3.3 se muestra a modo de resumen los valores medios de la salinidad del agua obtenidos en estos puntos durante 1995 y 1997.

**Tabla 3.3: Salinidad media (‰) del agua en el litoral de Santo Domingo.**  
(Estaciones SD-1 y SD-2)

NIVEL	OZAMA	HAINA
Superficie	34.1 ± 0.2	34.2 ± 0.7
Fondo	35.0 ± 0.1	35.1 ± 0.6

### Densidad condicional.

En el litoral la densidad del agua está básicamente regida por el comportamiento del campo de la salinidad, como puede apreciarse en la figura 3.4 durante 1995 y 1997. Lo cual es indicativo de que los aportes de agua dulce que llegan al litoral determinan en gran parte los procesos de mezcla y mecanismos de transporte de los contaminantes al originar importantes gradientes horizontales en la superficie, que en unión a la acción del viento y de las mareas pueden generar corrientes litorales de importancia, como veremos posteriormente.



**Figura 3.4** Distribución espacial de la densidad superficial en el litoral de Santo Domingo. (A): 1995 y (B):1997.

Los valores medios de la densidad superficial en el litoral oscilaron entre 21.1 kg.m<sup>-3</sup> en 1995 y 20.0 kg.m<sup>-3</sup> en 1997, con valores inferiores a estos en las zonas cercanas a las desembocaduras de los ríos. Con la profundidad la densidad del agua aumenta ligeramente y los registros puntuales se corresponden con los registros obtenidos para las estaciones SD-1 y SD-2 cuyos resultados aparecen en las tablas estadísticas del Anexo1.

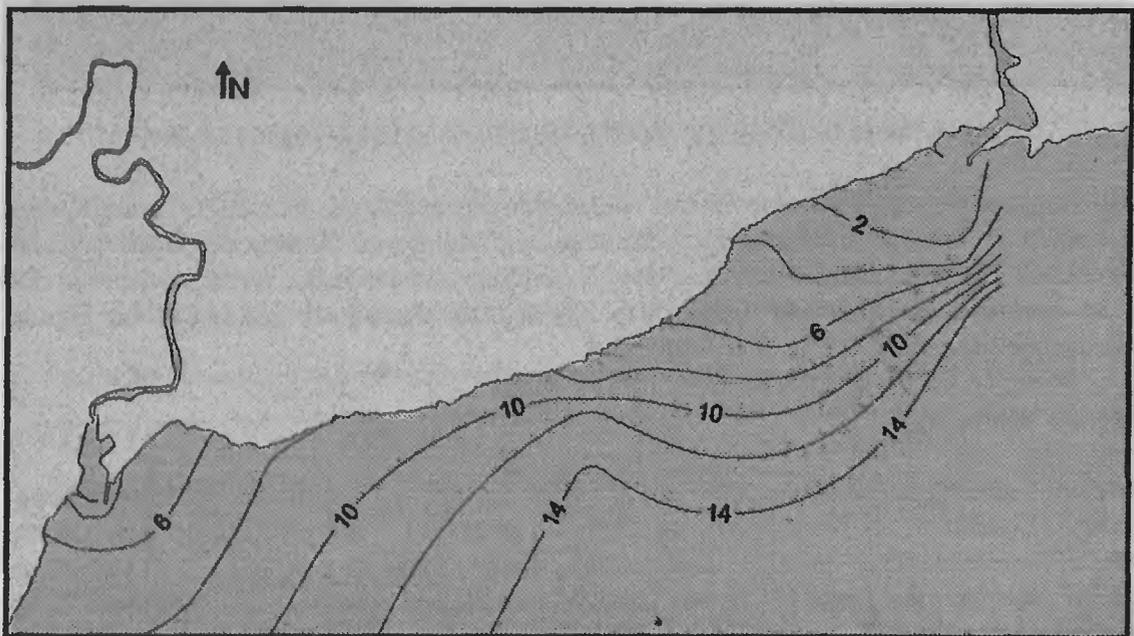
En la tabla 3.4 se muestra a modo de resumen los valores medios de la densidad del agua obtenidos en las estaciones SD-1 y SD-2 durante 1995 y 1997.

**Tabla 3.4: Densidad media ( $\text{kg.m}^{-3}$ ) del agua en el litoral de Santo Domingo. (Estaciones SD-1 y SD-2)**

NIVEL	OZAMA	HAINA
Superficie	21.3 $\pm$ 1.2	21.4 $\pm$ 1.8
Fondo	22.0 $\pm$ 0.8	22.2 $\pm$ 1.1

### Transparencia y color del agua.

Durante la colecta de datos hidrológicos se realizaron mediciones de la transparencia y color del mar, determinándose que la transparencia de las aguas en el litoral aumenta en dirección a las estaciones más alejadas de la costa (Fig. 3.5), obteniéndose registros de 14 metros en las estaciones 4 y 7. En las desembocaduras de los ríos Ozama y Haina se registraron transparencias mínimas de 2 y 4 metros respectivamente, mientras que a lo largo del litoral la transparencia fluctúa, pero en sentido general aumenta en dirección Oeste.



**Figura 3.5 Distribución espacial de la transparencia del agua en el litoral de Santo Domingo en agosto de 1997.**

Lo anterior es representativo del importante papel que juegan los ríos, especialmente el Río Ozama, en el transporte de sedimentos en suspensión y contaminantes hasta el litoral y de modo indirecto es indicativo de la intensidad de los procesos erosivos que tienen lugar en sus cuencas, así como del volumen de residuales que a ellos son incorporados.

Un comportamiento similar se observa con la coloración de las aguas, registrándose los valores más altos en la desembocadura del Río Ozama con 18, lo que se corresponde con un color sepia fuerte de acuerdo a la escala Forell-Ulle. Este valor decrece rápidamente (Fig. 3.6), para alcanzar valores típicos de aguas oceánicas con un color turquesa intenso (iguales a 1 y 2), lo que determina que frente a la boca del Río Ozama se aprecie claramente una línea de frontera por el encuentro entre una

masa de agua dulcificada turbia y poco densa de origen terrestre con otra más salada y con características oceánicas.

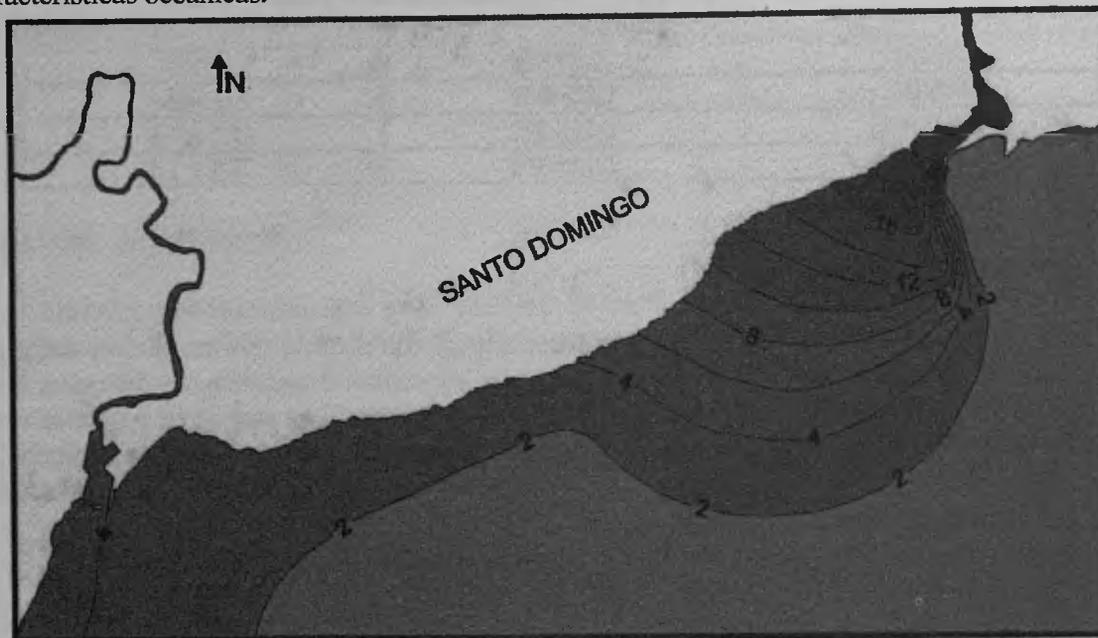


Figura 3.6 Color de las aguas el litoral de Santo Domingo durante agosto de 1997.

Tanto la transparencia como el color del mar constituyen dos excelentes trazadores naturales para un rápido análisis del transporte de contaminantes a lo largo del litoral. A base de estos resultados se puede concluir que los contaminantes (líquidos y/o sólidos) vertidos al Río Ozama o directamente al litoral se trasladan en dirección Oeste, dependiendo su tiempo de residencia en las aguas superficiales de sus características físico-químicas.

### Corrientes marinas.

La circulación general de las aguas oceánicas al Sur de República Dominicana está determinada por la Corriente Ecuatorial del Norte, corriente de tipo geostrofico y que presenta un desplazamiento Este-Oeste, con velocidades que fluctúan a lo largo del año entre 25 y 30  $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ . Sin embargo, la zona litoral presenta un singular patrón de circulación conformado por una capa superficial de aguas dulcificadas aportadas por los ríos de la región que se desplaza permanentemente a lo largo de la costa en dirección Oeste, y otra por debajo de esta con influencia oceánica que circula en dirección opuesta. Esta última, constituye un ramal de la Corriente Ecuatorial que bordea a la isla por el sur, y que se bifurca formando una celda local debido al trazado de la línea de la costa y a características geomorfológicas del relieve submarino.

En la tabla 3.5 se presentan los valores medios de la velocidad y frecuencia de las corrientes resultantes obtenidos en las estaciones SD-1 y SD-2 durante las campañas de campo efectuadas en 1995 y 1997. Estos resultados constituyen un resumen de toda la información obtenida (ver rosas de corrientes en el Anexo 2), que permiten la caracterización de todo el litoral.

**Tabla 3.5: Componentes principales de las corrientes resultantes en el litoral de Santo Domingo.**

NIVEL (metros)	OZAMA			HAINA		
	componente principal (rumbo)	frecuencia media (%)	Velocidad Media (cm.s <sup>-1</sup> )	componente principal (rumbo)	frecuencia media (%)	velocidad media (cm.s <sup>-1</sup> )
3 - 4	Este	53.1 ± 8.2	8.6 ± 3.0	Este	51.5 ± 6.0	9.5 ± 2.5
8 - 9	Este	51.6 ± 9.8	7.1 ± 2.2	Nordeste	48.6 ± 3.2	8.3 ± 3.1

Estos datos corroboran la existencia de una corriente resultante con una componente principal en dirección Este a lo largo del litoral de Santo Domingo, con una velocidad media que no excede los 10 cm.s<sup>-1</sup> y frecuencias que generalmente exceden el 50 %. El resto del tiempo esta corriente presenta otras componentes secundarias, lo que se debe fundamentalmente a la influencia de las mareas y del viento, como se verá a continuación.

Aunque la amplitud de las mareas en el litoral de Santo Domingo es pequeña, debido a las mismas se producen corrientes alternas y paralelas a la costa. Durante la fase de vaciante aumenta la salida de las aguas dulces de los ríos hasta el litoral reforzándose la corriente superficial y presentando toda la columna de agua una dirección Oeste. Durante la fase de llenante se invierte el proceso, produciéndose una circulación con dirección Este a lo largo de la costa que facilita la entrada de las aguas oceánicas hacia el interior de los ríos por los niveles inferiores de la columna de agua, pero que a su vez reduce la velocidad de la corriente superficial con dirección Oeste.

En la tabla 3.6 se presentan los valores medios de la velocidad y frecuencia de las corrientes de mareas obtenidos en las estaciones SD-1 y SD-2 durante las campañas de campo efectuadas en 1995 y 1997. Estos resultados constituyen un resumen de toda la información obtenida (ver rosas de corrientes en el Anexo 2), y pueden ser asumidos para todo el litoral.

**Tabla 3.6: Componentes principales de las corrientes de marea en el litoral de Santo Domingo.**

FASE DE MAREA	OZAMA			HAINA		
	componente principal (rumbo)	frecuencia media (%)	Velocidad Media (cm.s <sup>-1</sup> )	componente principal (rumbo)	frecuencia media (%)	velocidad media (cm.s <sup>-1</sup> )
Vaciante	Sudoeste	39.5 ± 3.9	7.5 ± 3.3	Sudoeste	32.7 ± 7.7	8.0 ± 2.5
Llenante	Noreste	49.3 ± 6.4	5.3 ± 1.2	Noreste	48.0 ± 0.1	5.7 ± 2.5

Habíamos visto anteriormente que debido al aporte de agua dulce de los ríos se producen importantes gradientes horizontales de densidad que determinan permanentemente una corriente litoral superficial con dirección Oeste a lo largo del litoral. Sin embargo, el viento es otro agente capaz de generar corrientes residuales, al transmitir parte de su energía a la capa superficial de la columna de agua reforzando la corriente debida a los gradientes de densidad. En ambos casos estas corrientes no excedieron velocidades de 5 cm.s<sup>-1</sup>[10].

En la estación SD-1, se observa en la parte superior de la columna de agua una corriente residual con componente Norte debida al viento; mientras que en los niveles inferiores de la columna de agua se produce la combinación de ambos factores, observándose una corriente residual con componente Norte hacia el interior del río, producto de los gradientes de densidad que favorece el desarrollo de

una circulación estuarina y otra componente secundaria paralela a la costa y en dirección Oeste debida al viento.

En la estación SD-2 se ve más acentuada la circulación de tipo estuarina, constatándose ello en las rosas de corrientes residuales que se acompañan en el Anexo 2, y donde se destaca una corriente superficial de salida y otra de fondo de entrada río arriba con características oceánicas.

Con vistas a confirmar la existencia del patrón de circulación antes señalado, junto a la colecta de datos hidrológicos, se hicieron mediciones puntuales de corrientes en superficie y a 3 metros de profundidad con un correntómetro portátil CM-2 en algunas de las boyas de navegación existentes frente a las bocas de los ríos Ozama y Haina para evitar la deriva de la embarcación.

A base de ello se pudo precisar la existencia de la corriente superficial que se encuentra bien estructurada hasta 1 metro de profundidad (Fig. 3.7A) y por debajo de ella otra en dirección Este (Fig. 3.7B), aunque de menor magnitud, así como la tendencia en las desembocaduras de los ríos Ozama y Haina a una circulación de tipo estuarina con salida por la superficie y entrada por el fondo.

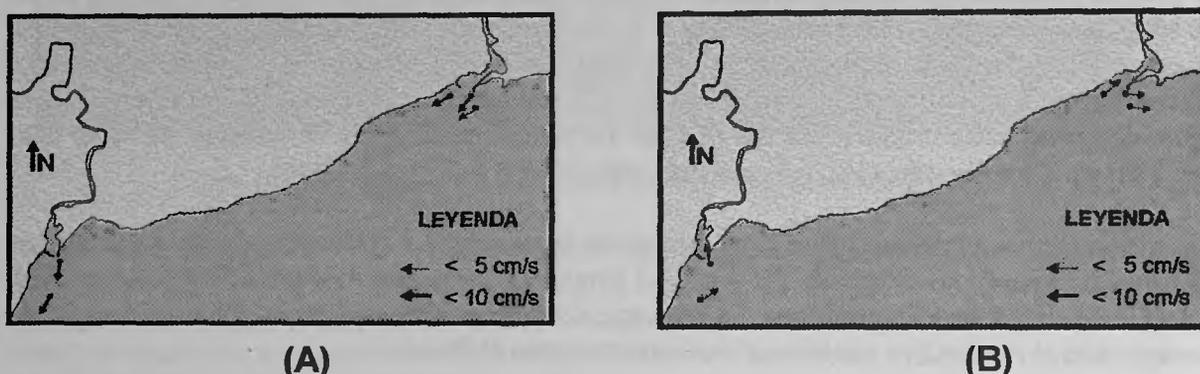
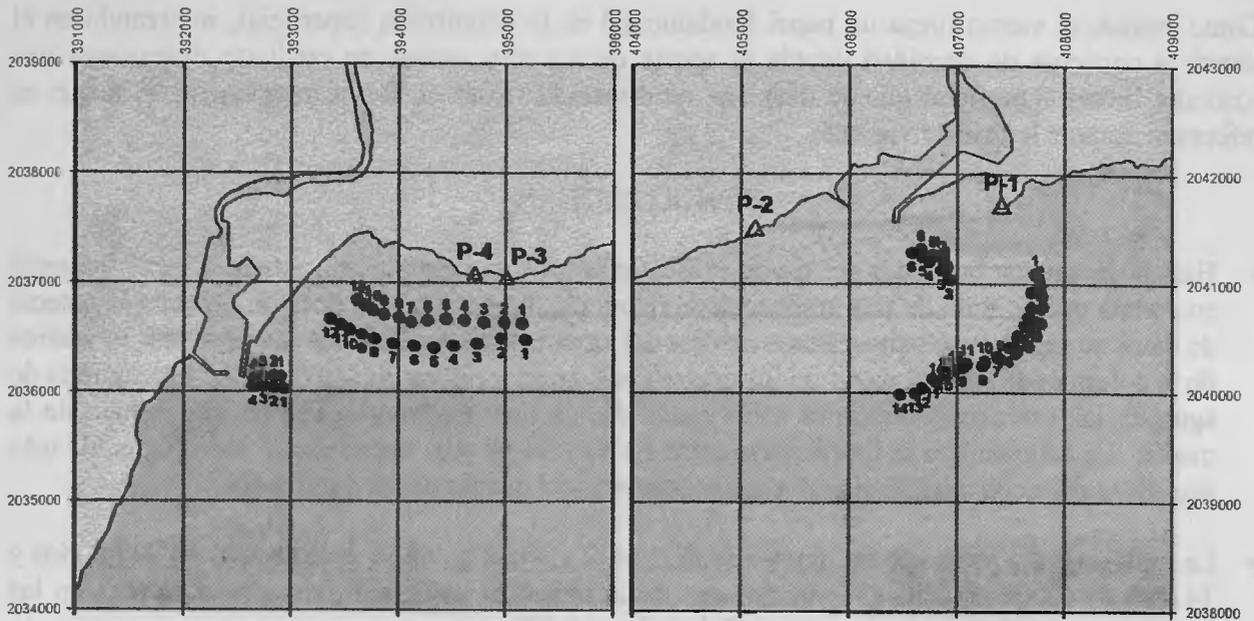


Figura 3.7 Mediciones puntuales de corrientes en las zonas aledañas a los ríos Ozama y Haina. (A): superficie (B): a 5 metros de profundidad.

Además, se realizaron experimentos con cuerpos de deriva con vistas a estudiar el desplazamiento virtual de una parcela de agua influida directamente por la corriente superficial, donde se hace imposible el empleo de equipos registradores para la medición de corrientes, los flotadores fueron seguidos desde tierra mediante teodolitos a intervalos regulares de tiempo. Estos experimentos se realizaron tanto en 1995 como en 1997 en la zona litoral de Costa Verde, cerca de Haina, y cerca de la desembocadura del Río Ozama.

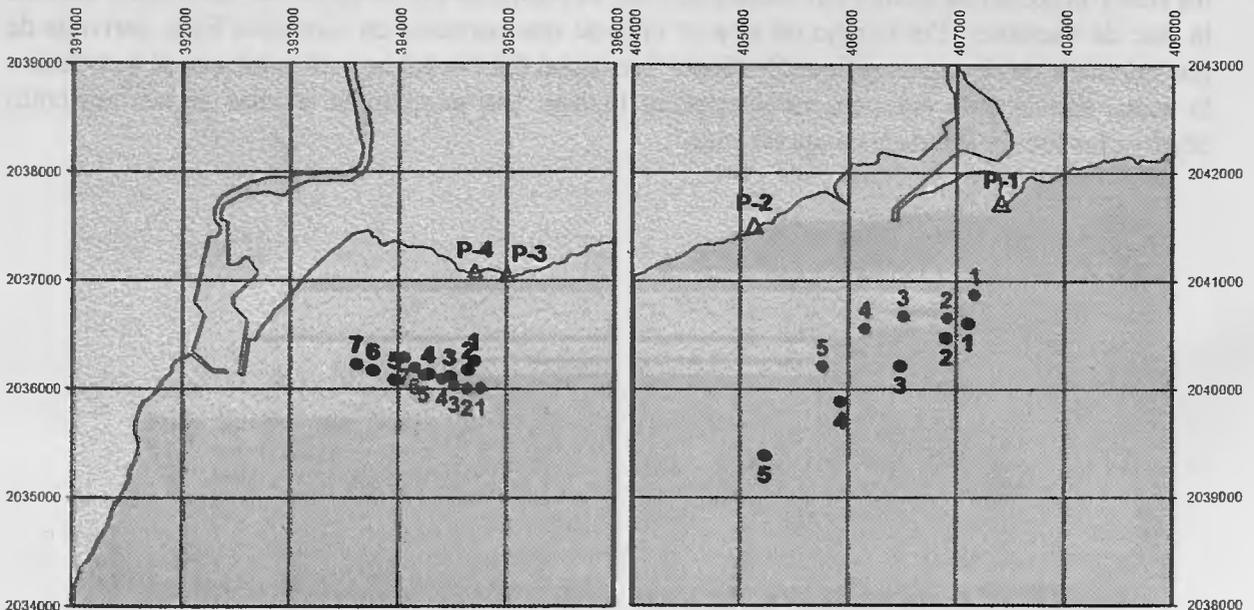
Durante los experimentos realizados en 1995 pudo precisarse que en la zona de Haina (Fig. 3.8A), los flotadores describieron una trayectoria media de  $277 \pm 1.1^\circ$  y una velocidad media de  $19.9 \pm 3.9 \text{ cm.s}^{-1}$ ; en un segundo lance más cerca de la costa, estos describieron una trayectoria media de  $268 \pm 4.8^\circ$  y una velocidad media de  $10.1 \pm 0.6 \text{ cm.s}^{-1}$ . El otro experimento se realizó frente a la desembocadura del Río Ozama (Fig. 3.8b), describiendo los flotadores en el primer lance una trayectoria media de  $227 \pm 5.0^\circ$  y una velocidad media de  $14.2 \pm 0.2 \text{ cm.s}^{-1}$ ; en un segundo lance más cerca de la costa los mismos describieron una trayectoria media de  $303 \pm 0.5^\circ$  con una velocidad media de  $6.1 \pm 1.0 \text{ cm/seg}$ .



(A)

(B)

**Figura 3.8** Experimentos con cuerpos de deriva en el litoral durante septiembre de 1995. (A): Haina (B): Ozama. Durante 1997 en la zona de Haina (Fig. 3.9A), los flotadores describieron una trayectoria media de  $276 \pm 8.0^\circ$  y una velocidad media de  $8.2 \pm 2.5 \text{ cm.s}^{-1}$ ; mientras que hacia la zona del Ozama (Fig. 3.9B), los flotadores describieron una trayectoria media de  $240 \pm 3.5^\circ$  y una velocidad media igual a  $28.9 \pm 2.3 \text{ cm.s}^{-1}$ .



(A)

(B)

**Figura 3.9** Experimentos con cuerpos de deriva en el litoral durante agosto de 1997. (A): Haina (B): Ozama.

Como vemos, el viento juega un papel fundamental en la circulación superficial, reforzando en el litoral la corriente de densidad debida al aporte de los ríos, ambas en conjunto determinan una corriente litoral superficial que se desplaza en dirección Oeste en forma permanente y la que es reforzada durante la fase de vaciante.

### CONCLUSIONES.

- Hidrológicamente las aguas del litoral presentaron un comportamiento bastante estable teniendo en cuenta que se trata de una zona costera vinculada directamente al océano. Durante la colecta de datos se registraron temperaturas medias del agua cercanas a 30°C en los primeros 10 metros de la columna de agua, a partir de los cuales comienzan a disminuir suavemente. La columna de agua en las estaciones próximas a las bocas de los ríos presentaron valores por debajo de la media. La salinidad en el litoral varía entre 10 ‰ y 36 ‰ y es el parámetro hidrológico de más significación y que además rige el comportamiento del campo de las densidades.
- La transparencia media de las aguas osciló entre 2 y 4 metros en la desembocadura de los ríos y 14 metros en las estaciones más alejadas de la costa. El color del agua oscila entre 2 en las estaciones más alejadas de la costa y 18 en la boca del Río Ozama.
- En las desembocaduras de los ríos se aprecia la tendencia a una circulación de tipo estuarina, con salida de las aguas dulcificadas por superficie y entrada de aguas saladas río arriba por el fondo.
- En la zona litoral, la circulación superficial de las aguas es en dirección Oeste y está determinada por el efecto combinado de los gradientes de densidad, producto de los aportes de agua dulce de los ríos y la sostenida acción del viento, además es reforzada por la acción de las mareas durante la fase de vaciante. Por debajo de esta se impone una corriente en dirección Este, derivada de una corriente de tipo geostrofico (Corriente Ecuatorial del Norte) la cual se bifurca al acercarse a la costa, adquiriendo entonces características locales. Las magnitudes medias de las corrientes observadas fueron inferiores a los 10 cm.s<sup>-1</sup>.

12345	123456789	123456789	123456789
123456789	123456789	123456789	123456789
123456789	123456789	123456789	123456789
123456789	123456789	123456789	123456789
123456789	123456789	123456789	123456789

CATEGORIA	VALORES		TOTAL
	Valor 1	Valor 2	
123456789	123456789	123456789	123456789
123456789	123456789	123456789	123456789
123456789	123456789	123456789	123456789
123456789	123456789	123456789	123456789
123456789	123456789	123456789	123456789

ANEXO 1

123456789	123456789	123456789	123456789
123456789	123456789	123456789	123456789
123456789	123456789	123456789	123456789
123456789	123456789	123456789	123456789
123456789	123456789	123456789	123456789

ANEXOS

CATEGORIA	VALORES		TOTAL
	Valor 1	Valor 2	
123456789	123456789	123456789	123456789
123456789	123456789	123456789	123456789
123456789	123456789	123456789	123456789
123456789	123456789	123456789	123456789
123456789	123456789	123456789	123456789

123456789	123456789	123456789	123456789
123456789	123456789	123456789	123456789
123456789	123456789	123456789	123456789
123456789	123456789	123456789	123456789
123456789	123456789	123456789	123456789

CATEGORIA	VALORES		TOTAL
	Valor 1	Valor 2	
123456789	123456789	123456789	123456789
123456789	123456789	123456789	123456789
123456789	123456789	123456789	123456789
123456789	123456789	123456789	123456789
123456789	123456789	123456789	123456789

## ANEXO 1

### TABLAS ESTADISTICAS

ANEXO 1

<b>LUGAR</b> : Boca Río Ozama.	<b>ESTACION</b> : SD-1
<b>PROYECTO</b> : L. Sto. Domingo.	<b>NIVEL</b> : 4.0 metros.
<b>PERIODO</b> : 29.08.1995-4.09.1995	<b>PROFUNDIDAD</b> : 12.0 metros.
<b>INICIO</b> : 17.50 horas	<b>EQUIPO N°.</b> : 7233
<b>INTERVALO</b> : 20 minutos.	<b>CINTA N°.</b> : 13

FICHERO SD1S895H	« TABLA ESTADISTICA »		MUESTRAS 330
	Temperatura (Celsius)	Salinidad (‰)	Densidad (kg.m <sup>-3</sup> )
<b>VALOR MAXIMO</b>	31.4	34.8	21.8
<b>VALOR MEDIO</b>	30.2	34.3	21.1
<b>VALOR MINIMO</b>	29.2	33.5	20.5
<b>DESV. ESTANDARD</b>	0.53	0.22	0.32
<b>VARIANZA</b>	0.28	0.14	0.11

<b>LUGAR</b> : Boca Río Ozama.	<b>ESTACION</b> : SD-1
<b>PROYECTO</b> : L. Sto. Domingo.	<b>NIVEL</b> : 8.0 metros.
<b>PERIODO</b> : 29.08.1995 - 4.09.1995	<b>PROFUNDIDAD</b> : 12.0 metros.
<b>INICIO</b> : 17.50 horas	<b>EQUIPO N°.</b> : 7232
<b>INTERVALO</b> : 20 minutos.	<b>CINTA N°.</b> : 13

FICHERO SD1F895H	« TABLA ESTADISTICA »		MUESTRAS 333
	Temperatura (Celsius)	Salinidad (‰)	Densidad (kg.m <sup>-3</sup> )
<b>VALOR MAXIMO</b>	31.1	36.9	24.2
<b>VALOR MEDIO</b>	29.9	34.9	21.7
<b>VALOR MINIMO</b>	26.9	33.8	20.9
<b>DESV. ESTANDARD</b>	0.57	0.30	0.31
<b>VARIANZA</b>	0.32	0.09	0.09

<b>LUGAR</b> : Boca Río Haina.	<b>ESTACION</b> : SD-2
<b>PROYECTO</b> : L. Sto. Domingo.	<b>NIVEL</b> : 4.0 metros.
<b>PERIODO</b> : 29.08.1995-4.09.1995	<b>PROFUNDIDAD</b> : 11.0 metros.
<b>INICIO</b> : 17.50 horas	<b>EQUIPO N°.</b> : 6328
<b>INTERVALO</b> : 20 minutos.	<b>CINTA N°.</b> : 22

FICHERO SD2S895H	« TABLA ESTADISTICA »		MUESTRAS 265
	Temperatura (Celsius)	Salinidad (‰)	Densidad (kg.m <sup>-3</sup> )
<b>VALOR MAXIMO</b>	32.5	34.5	21.7
<b>VALOR MEDIO</b>	30.1	33.5	20.6
<b>VALOR MINIMO</b>	29.2	30.2	19.6
<b>DESV. ESTANDARD</b>	0.63	0.41	0.72
<b>VARIANZA</b>	0.39	0.17	0.52

<b>LUGAR</b> : Boca Río Haina.	<b>ESTACION</b> : SD-2
<b>PROYECTO</b> : L. Sto. Domingo.	<b>NIVEL</b> : 8.0 metros.
<b>PERIODO</b> : 29.08.1995-4.09.1995	<b>PROFUNDIDAD</b> : 11.0 metros.
<b>INICIO</b> : 17.50 horas	<b>EQUIPO N°.</b> : 7078
<b>INTERVALO</b> : 20 minutos.	<b>CINTA N°.</b> : 13

FICHERO SD2F895H	« TABLA ESTADISTICA »		MUESTRAS 265
	Temperatura (Celsius)	Salinidad (‰)	Densidad (kg.m <sup>-3</sup> )
VALOR MAXIMO	30.9	35.7	29.8
VALOR MEDIO	27.4	34.5	22.2
VALOR MINIMO	28.9	33.7	19.7
DESV. ESTANDARD	0.71	0.54	0.73
VARIANZA	0.39	0.29	0.53

<b>LUGAR</b> : Boca Río Ozama.	<b>ESTACION</b> : SD-1
<b>PROYECTO</b> : L. Sto. Domingo.	<b>NIVEL</b> : 3.0 metros.
<b>PERIODO</b> : 12.08.97 - 26.08.97	<b>PROFUNDIDAD</b> : 11.0 metros.
<b>INICIO</b> : 13:00 horas	<b>EQUIPO N°.</b> : 7233
<b>INTERVALO</b> : 20 minutos.	<b>CINTA N°.</b> : 15

FICHERO SD1S897H	« TABLA ESTADISTICA »		MUESTRAS 995
	Temperatura (Celsius)	Salinidad (‰)	Densidad (kg.m <sup>-3</sup> )
VALOR MAXIMO	30.0	36.7	30.1
VALOR MEDIO	28.6	33.9	21.4
VALOR MINIMO	15.7	7.1	2.3
DESV. ESTANDARD	2.56	6.43	5.17
VARIANZA	6.57	41.34	26.73

<b>LUGAR</b> : Boca Río Ozama.	<b>ESTACION</b> : SD-1
<b>PROYECTO</b> : L. Sto. Domingo.	<b>NIVEL</b> : 9.0 metros.
<b>PERIODO</b> : 12.08.1997 - 26.08.1997	<b>PROFUNDIDAD</b> : 11.0 metros.
<b>INICIO</b> : 13:00 horas	<b>EQUIPO N°.</b> : 7232
<b>INTERVALO</b> : 20 minutos.	<b>CINTA N°.</b> : 15

FICHERO SD1F897H	« TABLA ESTADISTICA »		MUESTRAS 997
	Temperatura (Celcios)	Salinidad (‰)	Densidad (kg.m <sup>-3</sup> )
<b>VALOR MAXIMO</b>	29.6	36.9	27.2
<b>VALOR MEDIO</b>	28.8	35.1	22.2
<b>VALOR MINIMO</b>	15.7	7.9	2.6
<b>DESV. ESTANDARD</b>	1.61	2.75	2.36
<b>VARIANZA</b>	2.59	7.54	5.58

<b>LUGAR</b> : Boca Río Haina.	<b>ESTACION</b> : SD-2
<b>PROYECTO</b> : L. Sto. Domingo.	<b>NIVEL</b> : 3.0 metros.
<b>PERIODO</b> : 12.08.1997 - 26.08.1997	<b>PROFUNDIDAD</b> : 11.0 metros.
<b>INICIO</b> : 13:00 horas	<b>EQUIPO N°.</b> : 6327
<b>INTERVALO</b> : 20 minutos.	<b>CINTA N°.</b> : 19

FICHERO SD2S897H	« TABLA ESTADISTICA »		MUESTRAS 775
	Temperatura (Celcios)	Salinidad (‰)	Densidad (kg.m <sup>-3</sup> )
<b>VALOR MAXIMO</b>	31.1	36.7	26.4
<b>VALOR MEDIO</b>	28.2	34.8	22.2
<b>VALOR MINIMO</b>	16.1	3.7	2.9
<b>DESV. ESTANDARD</b>	3.47	6.06	5.29
<b>VARIANZA</b>	12.06	36.75	27.97

<p>INFORMACIÓN GENERAL</p> <p>Nombre del Proyecto: [Faint text]</p> <p>Fecha de Emisión: [Faint text]</p> <p>Elaborado por: [Faint text]</p> <p>Revisado por: [Faint text]</p>	
--	--

Índice	Descripción	Página
1	1. INTRODUCCIÓN	1
2	2. OBJETIVOS	2
3	3. METODOLOGÍA	3
4	4. RESULTADOS	4
5	5. CONCLUSIONES	5
6	6. REFERENCIAS	6
7	7. ANEXOS	7

## ANEXO 2

**ROSAS DE CORRIENTES RESULTANTES**  
**ROSAS DE CORRIENTES DE MAREA**  
**ROSAS DE CORRIENTES RESIDUALES**

Nombre del Corriente	Velocidad (cm/s)	Dirección (grados)
Corriente de Marea	[Faint value]	[Faint value]
Corriente Residual	[Faint value]	[Faint value]
Corriente Resultante	[Faint value]	[Faint value]
Corriente de Marea	[Faint value]	[Faint value]
Corriente Residual	[Faint value]	[Faint value]
Corriente Resultante	[Faint value]	[Faint value]
Corriente de Marea	[Faint value]	[Faint value]
Corriente Residual	[Faint value]	[Faint value]
Corriente Resultante	[Faint value]	[Faint value]

### 3.3.1.2 Dinámica de los sedimentos.

#### METODOLOGIA

Teniendo en cuenta las características morfológicas de la zona de estudio y los objetivos del presente estudio, se diseñó una red de estaciones para la toma de muestras de los sedimentos superficiales, la cual se aprecia en la figura 3.10.

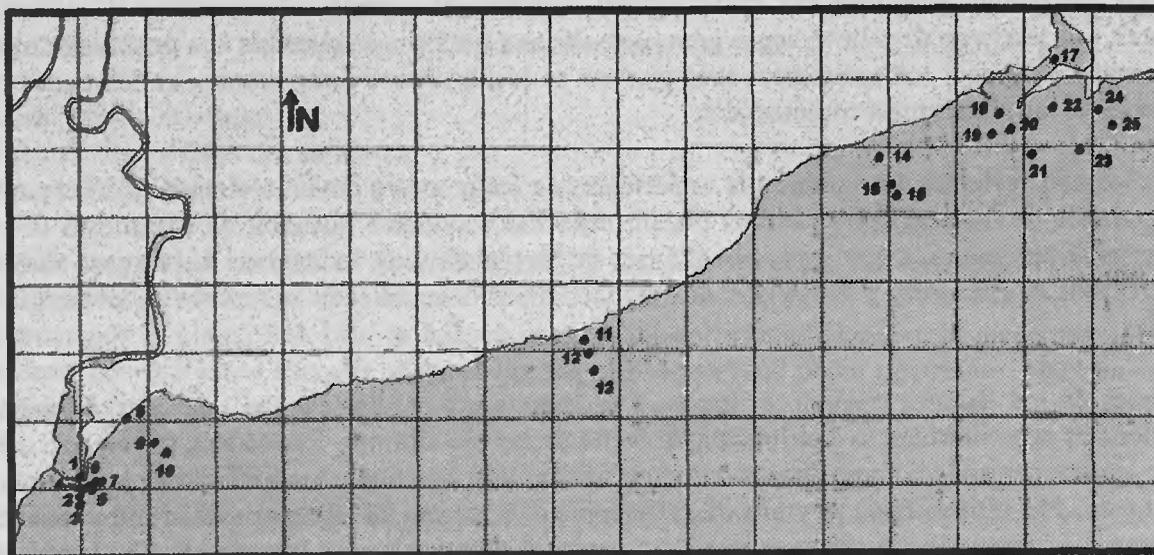


Figura 3.10 Red de estaciones para la dinámica de sedimentos en la zona litoral.

Las muestras de sedimentos superficiales fueron colectadas por medio de buceo autónomo, puestas en bolsas plásticas y conservadas hasta su posterior traslado a los laboratorios. Las determinaciones seguidas a las muestras incluyó: carbonatos totales, carbono orgánico, análisis granulométricos, fósforo total y nitrógeno.

#### Análisis granulométrico.

Se toma 100 g de muestra seca, se le añaden 250 cm<sup>3</sup> aproximadamente de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (agua oxigenada) al 20 % para la destrucción de la materia orgánica, y facilitan el ataque se mantiene hasta que cese la efervescencia pudiendo durar de 5 a 15 días, durante los cuales deberá agitarse y añadir H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a fin de evitar que se seque.

#### Cálculo del porcentaje de carbonatos.

Para los análisis de contenido de carbonatos totales, se utilizó un calcímetro de Bernard, tomándose entre 0.20 y 0.50 g de muestra pulverizada, según se percibe por el aspecto un alto o bajo contenido en CO<sub>3</sub>. El calcímetro se calibra con CaCO<sub>3</sub> puro para análisis y se utiliza HCL al 20 %.

## **Cálculo del porcentaje de Materia Orgánica.**

El método se basa en el cálculo del porcentaje de muestra susceptible de ser eliminada por calcinación a 550 °C, pero teniendo en cuenta que algunos carbonatos pueden calcinarse a esta temperatura, la muestra es tratada previamente con ácido acético.

## **RESULTADOS Y DISCUSION.**

Los modelos conceptuales de sedimentación en las plataformas han sufrido una larga evolución desde los primeros estudios realizados a principios de siglo, hasta los más actualizados. Originalmente las plataformas se consideraban formadas por una transición de sedimentos gruesos en las zonas litorales, hacia sedimentos finos aguas afuera como una función del descenso de la energía del medio. Esta idea fue posteriormente modificada gracias a los estudios de diferentes autores, que pusieron de relieve como gran parte de las plataformas presentan una gradación inversa de tamaño de grano, los sedimentos más gruesos se localizaban frecuentemente en las partes más externas de las plataformas continentales.

Estudios más recientes demostraron la importancia de los procesos dinámicos actuales en el control y desarrollo de los sedimentos en las plataformas. Estos estudios pusieron de manifiesto la gran variedad de estructuras superficiales en el fondo de las plataformas, indicativas de una gran variedad de procesos de transporte y deposición de los sedimentos, desarrollados en función de la energía del medio.

Además de los factores dinámicos ligados a la energía del medio, existen una serie de factores adicionales que controlan la distribución de facies en las plataformas. Entre estos factores se deben citar los oceanográficos tanto físicos como químicos, los climáticos, los biológicos, la morfología del fondo, esta última ligada al contexto estructural y así mismo las oscilaciones de estos factores a lo largo del tiempo. Dichos factores interactúan entre sí para dar lugar a las diferentes características de los depósitos en las plataformas, quedando reflejados en los atributos del modelo deposicional considerado [11][12].

### **Factores que influyen en la sedimentación de la zona litoral.**

#### **Régimen fluvial.**

Como se conoce la zona de estudio se encuentra delimitada precisamente por los dos ríos que desaguan en el área, el Haina y el Ozama como se aprecia en la figura 3.10, esto hace que los depósitos sedimentarios estén influenciados por estas condiciones.

El régimen fluvial condiciona el desarrollo del depósito deltaico por cuanto es la fuente de aporte de sedimentos para su crecimiento. Se deben considerar dos estados diferentes:

- Grandes avenidas o crecidas en el caudal del río.
- Caudal bajo o normal.

Estos estadios influyen decisivamente sobre la carga límite y la competencia de la corriente. La carga límite es el peso máximo de carga suspendida y por arrastre que transporta el río. La competencia de la corriente viene dada por el tamaño máximo de los elementos detríticos que puede transportar.

Estos factores están directamente influenciados por la velocidad de la corriente, la cual disminuye al llegar a la zona litoral y por consiguiente la competencia de la corriente fluvial disminuye, precipitándose las partículas en suspensión, este proceso se incrementa por los procesos de floculación electroquímica que se forman, al encontrarse dos masas de agua con salinidad diferente. En épocas de mayor flujo del río aumenta la carga límite y la competencia de la corriente.

Se debe señalar, además, que estas características están ampliamente supeditadas a la naturaleza del área fuente de suministro de sedimentos a la corriente fluvial, tanto en la cantidad, como en la composición y al tamaño de las partículas transportadas.

### **Procesos costeros.**

Los principales agentes a considerar en los procesos que influyen en la redistribución y selección de los sedimentos, que son transportados al mar por diferentes vías son:

1. La energía de las olas.
2. Valor de las oscilaciones de marea
3. Las corrientes litorales.

Cuando la energía de las olas es elevada, se realiza una alta selección por tamaños del depósito, siendo eliminada la fracción fina. Mareas de gran oscilación, dan lugar a la redistribución de los sedimentos por la plataforma bajo la influencia de la marea, lo cual puede extenderse por varios kilómetros. Las corrientes litorales, al igual que las olas de elevado poder energético, efectúan una selección del depósito eliminando las partículas finas.

Otro factor que puede llegar a ser dominante en la distribución de los depósitos sedimentarios en esta zona de la plataforma de la República Dominicana, aunque no es un factor periódico, es la existencia de fuertes temporales, en pocas horas, pueden cambiar totalmente la configuración de la costa y efectuarse una amplia redistribución de los depósitos, como ha ocurrido en diferentes islas del Caribe.

Los resultados obtenidos con los estudios sedimentológicos, han permitido definir las características texturales y de composición de los sedimentos superficiales en la plataforma insular. Además de la textura, se ha tenido en cuenta el contenido total de la muestra en carbonatos, ya que estos últimos son un componente mayoritario en determinadas áreas de la plataforma estudiada.

De acuerdo con el contenido total de carbonatos se pueden distinguir tres tipos principales de sedimentos : a) sedimentos carbonatados, con más del 60 % en carbonatos, b) sedimentos calcáreos mixtos, cuyo contenido varía entre el 60 % y el 30 % y c) sedimentos terrígenos, con menos del 30 % en carbonatos.

Los sedimentos carbonatados están constituidos esencialmente por componentes biógenos, los mixtos por biógenos y silíceo-clásticos y los terrígenos por un gran predominio de los silíceo-clásticos sobre los biógenos.

Si tenemos en cuenta los resultados obtenidos de las muestras estudiadas en la zona tenemos: que el 84 % de las muestras están constituidos por sedimentos de origen terrígeno, con un alto contenido de

materia orgánica, debido a la influencia de las descargas de residuales de la actividad urbano industrial, el 12 % por sedimentos de origen mixto que presentan valores igualmente altos de materia orgánica, lo que denota la influencia de la actividad antrópica y solo el 4 % de las muestras son sedimentos biógenos o marinos, con altos contenidos de carbonatos y bajo contenido de materia orgánica en su composición.

Esto nos demuestra la enorme influencia del régimen fluvial en la composición y tipo de los sedimentos en la zona litoral de Santo Domingo ya que a través de estas corrientes llegan los sedimentos en suspensión a la zona litoral y los contaminantes asociados a los mismos.

Si observamos la red de estaciones y la relacionamos con los resultados del contenido de arenas y limos + arcillas (Tabla 3.7) y con los resultados de los análisis geoquímicos (Tabla 3.8), podemos constatar que los sedimentos pertenecientes a las estaciones comprendidos entre la 1 y la 10 son arenas de origen terrígeno, que llegan a la zona a través del Río Haina.

Los sedimentos correspondientes a las estaciones de la 11 a la 13 son arenas de mixtas, o sea están formadas tanto por sedimentos de origen marino o biógenos y de origen terrígeno, estos últimos llega al lugar debido a los aportes del Río Ozama y la influencia de los procesos costeros que transportan a los sedimentos terrígenos hasta la zona.

En el resto de las estaciones se nota la enorme influencia de los sedimentos terrígenos en la composición de los ambientes deposicionales de la zona costera, excepto en las estaciones 14 y 15 que están formadas por arenas de biógenas de origen marino.

### **Análisis granulométrico de las muestras de sedimentos.**

En la tabla 3.7 se refleja el porcentaje del contenido de arenas (fracción de partículas con diámetros superiores a 63  $\mu\text{m}$ ), y del contenido de limos + arcillas (fracción de partículas con diámetros inferiores a 63  $\mu\text{m}$ ), encontrados en los sedimentos del litoral de Santo Domingo. Se aprecia que el 64 % de las muestras tienen altos porcentajes de contenidos de la fracción arena, con valores que fluctúan entre un 73.30 % hasta un 97.98 %.

**Tabla 3.7: Contenido de arenas y limos + arcillas en los sedimentos del litoral.**

Estación	% de Arenas	% de L + A	Estación	% de Arenas	% de L + A
1	15.60	84.40	14	95.64	4.36
2	95.21	4.79	15	88.99	11.01
3	25.74	74.26	16	2.96	97.04
4	94.06	5.94	17	14.96	85.04
5	31.32	78.68	18	85.43	14.57
6	84.62	15.38	19	2.32	97.68
7	47.96	52.04	20	94.99	5.01
8	73.30	26.70	21	9.42	90.58
9	73.72	26.28	22	92.43	7.57
10	88.19	11.81	23	7.86	92.14
11	97.98	2.02	24	93.34	6.66
12	95.96	4.04	25	83.16	16.84
13	96.03	3.97			

Si observamos los gráficos de la distribución granulométrica de las muestras de sedimentos superficiales en el litoral de Santo Domingo (ver anexos), nos percatamos que la mayoría de las muestras, están compuestas por arenas medias ( su  $\phi_{50}$  es superior a 0.25 mm), además la forma de la curva (casi vertical) nos indica la distribución granulométrica del suelo, constituido por partículas de un solo tamaño, lo que sugiere el alto nivel energético que tiene el medio en esa zona, facilitando la suspensión de las partículas finas de los sedimentos las cuales son transportadas hacia zonas más alejadas de la plataforma o hacia zonas donde la acción del oleaje sobre el fondo, no sea tan intenso como para ponerlas en suspensión nuevamente.

### Composición geoquímica de los sedimentos.

Si observamos la tabla 3.8, en la cual se reflejan los resultados del contenido de carbono orgánico, materia orgánica, nitrógeno orgánico y carbonato en los sedimentos del litoral de Santo Domingo, podemos apreciar que existen concentraciones altas de materia orgánica y carbono orgánico en las estaciones 5, 19, 21, 17 y la 13, las cuales están formadas por sedimentos terrígenos silíceo-clásticos, excepto la estación 13 que esta formada por sedimentos arenosos mixtos. Esto se debe a la enorme influencia del régimen fluvial en la composición de los tipos y ambientes sedimentarios de la zona litoral de Santo Domingo.

**Tabla 3.8: Resultados geoquímicos de los sedimentos superficiales del litoral de Santo Domingo.**

Estación	N. Orgánico	C. Orgánico	M. Orgánica	Carbonato
	%			
1	0.6	1.90	3.23	2.4
2	0.9	0.58	0.98	2.1
3	1.2	2.34	3.97	5.8
4	0.3	0.44	0.74	2.6
5	0.6	2.49	4.23	5.3
6	1.0	0.88	1.49	6.6
7	0.5	1.76	2.99	8.0
8	0.7	0.58	0.98	8.0
9	1.0	0.58	0.98	5.3
10	1.3	0.73	1.24	26.6
11	0.8	0.58	0.98	36.0
12	0.6	0.88	1.49	38.6
13	0.5	3.37	5.74	33.8
14	1.5	2.49	4.23	69.3
15	0.4	0.73	1.24	74.6
16	0.2	2.49	4.23	6.6
17	0.2	5.87	9.97	20.0
18	1.2	0.58	0.98	17.3
19	3.6	3.08	5.23	5.3
20	0.6	0.44	0.74	20.0
21	1.2	4.99	8.48	10.6
22	1.0	0.58	0.98	8.0
23	0.8	0.44	0.74	8.0
24	1.6	0.44	0.74	16.0
25	0.3	0.88	1.49	13.2

## Análisis estadístico.

El coeficiente de correlación es un número adimensional que oscila entre +1 y -1. Una correlación de +1 indica una relación directa entre las dos variables, mientras que un valor de -1 lo que implica es que varían inversamente. Entre ambos valores hay todo un espectro de posibilidades incluyendo el cero que indica la ausencia de cualquier relación lineal entre ambas. Los valores considerados son los siguientes :

- r mayor que 0.90    muy buena correlación
- r entre 0.90 y 0.60    buena correlación.
- r entre 0.60 y 0.50    correlación.

### MATRIZ DE CORRELACION

VARIABLES	ARENA	LIMO	NO	CO	C
Arena	1.00				
Limo	-0.93	1.00			
NO	-0.16	0.20	1.00		
CO	-0.57	0.57	0.05	1.00	
C	0.43	-0.36	-0.06	0.01	1.00

NO: nitrógeno orgánico, CO: carbono orgánico, C: carbonatos.

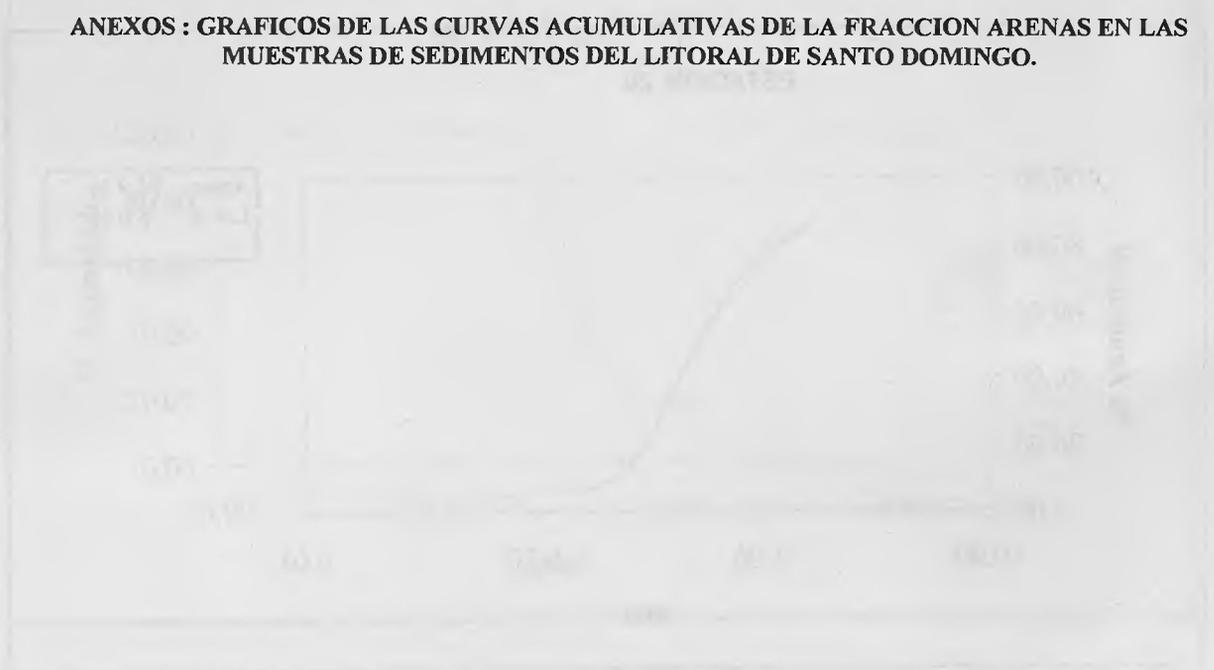
La matriz de correlación muestra que existe correlación inversa entre el carbono orgánico y la arena y positiva entre el carbono orgánico y la fracción fina de los sedimentos (limo), esto nos demuestra que la materia orgánica asociadas a las partículas finas de los sedimentos de origen terrígeno se trasladan hacia la zona costera a través de las corrientes fluviales, se puede apreciar que existe alguna relación entre los carbonatos y las arenas, esto se debe que en algunas zonas del litoral existen sedimentos biógenos de origen marino, pero se denota la influencia de los sedimentos de origen terrígeno en la composición de los ambientes deposicionales, las arenas biógenas pueden estar formadas por restos de moluscos, briozoos, algas calcáreas, foraminíferos según plantean diferentes autores [11].

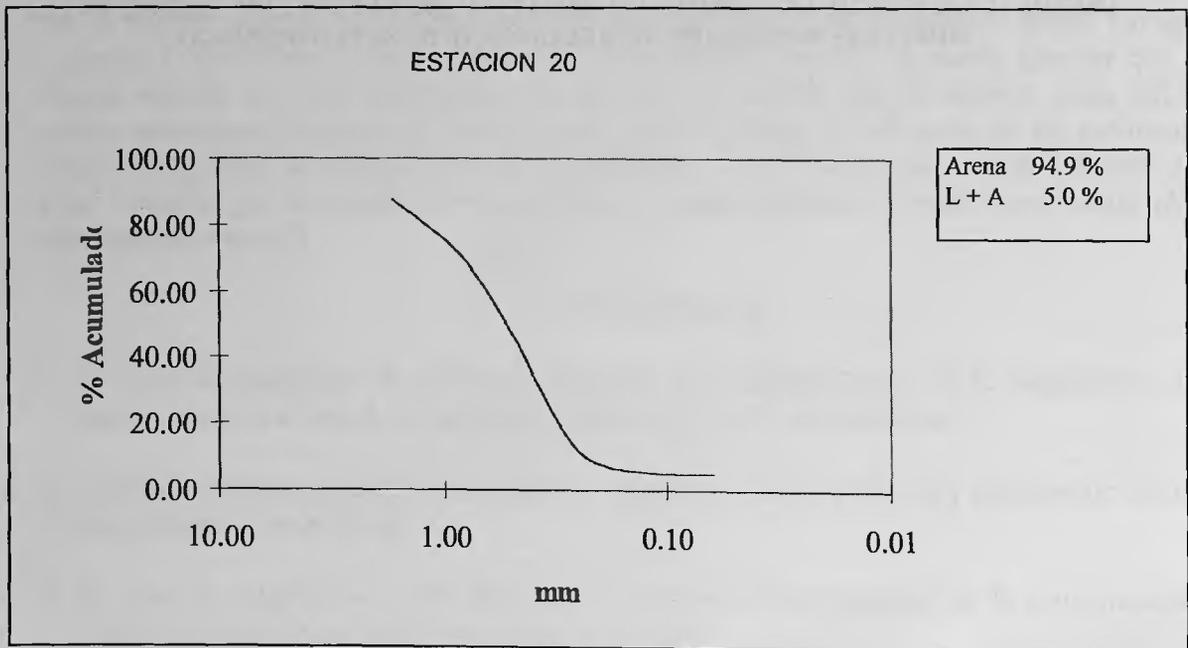
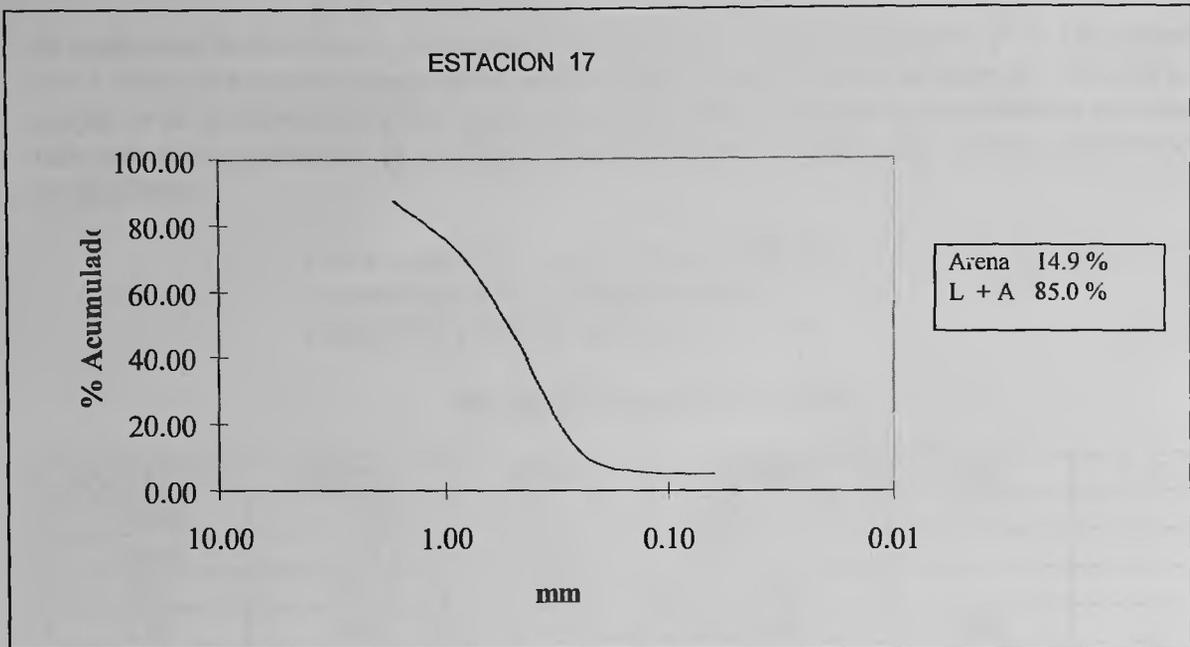
### CONCLUSIONES.

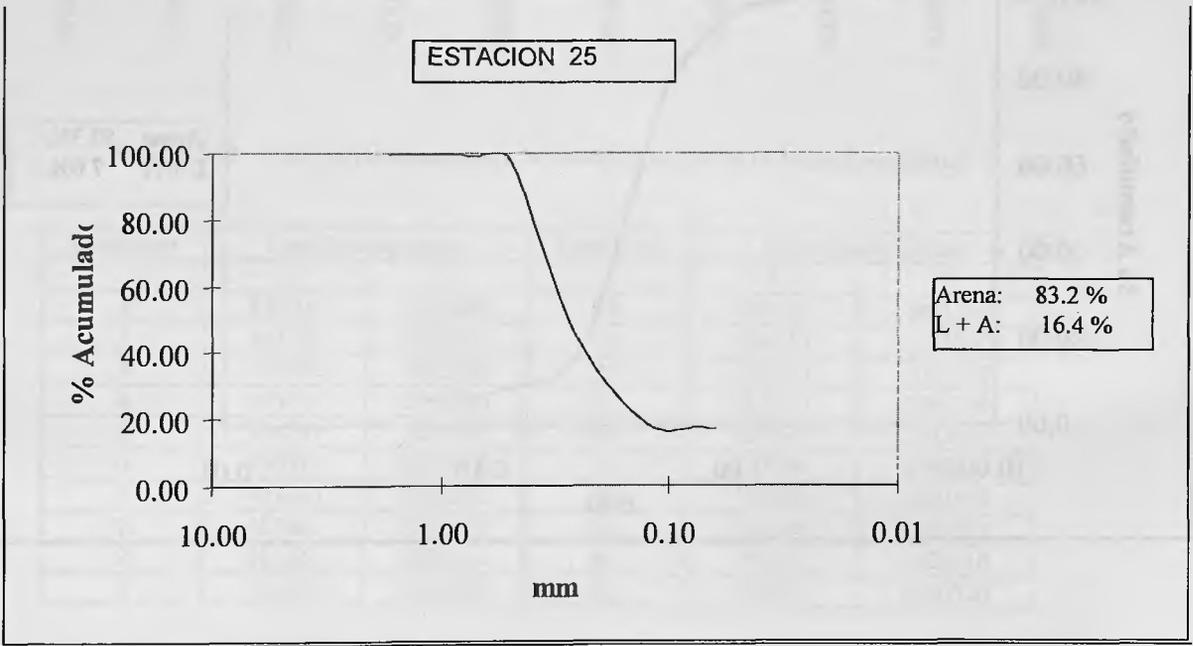
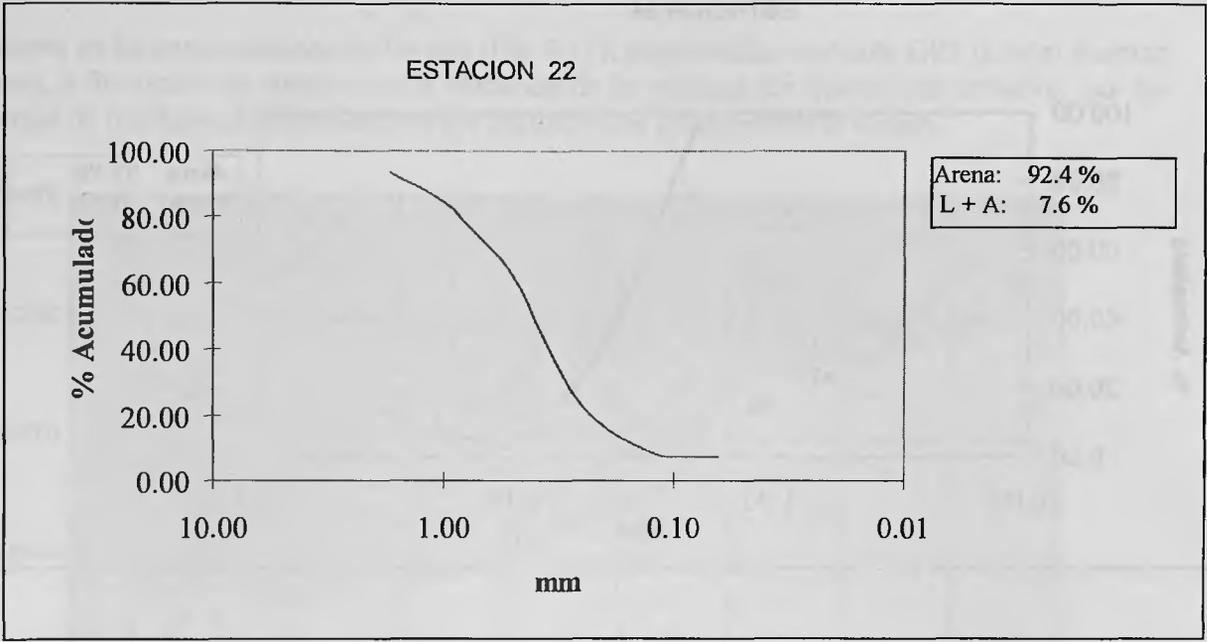
1. Se pone de manifiesto la enorme importancia del régimen fluvial en la composición de los sedimentos y en el tipo de los ambientes deposicionales de la zona litoral.
2. Se confirma la importancia de los procesos costeros en la composición y distribución textural de los sedimentos en el litoral.
3. Se pone de manifiesto la influencia de la actividad urbano-industrial en la contaminación por materia orgánica de los sedimentos de la zona litoral.
4. Se demuestra la influencia que tienen los sedimentos, principalmente las partículas finas (menores de 63  $\mu\text{m}$ ), como agentes de transporte de contaminantes en el medio marino.

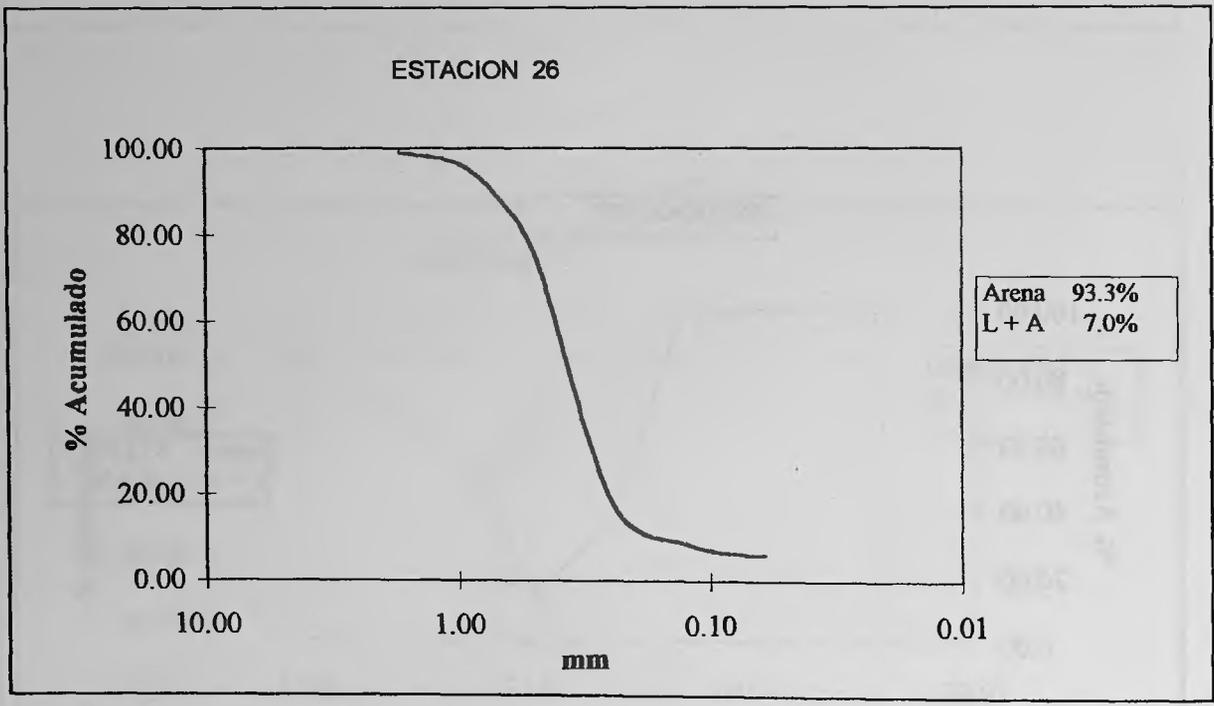
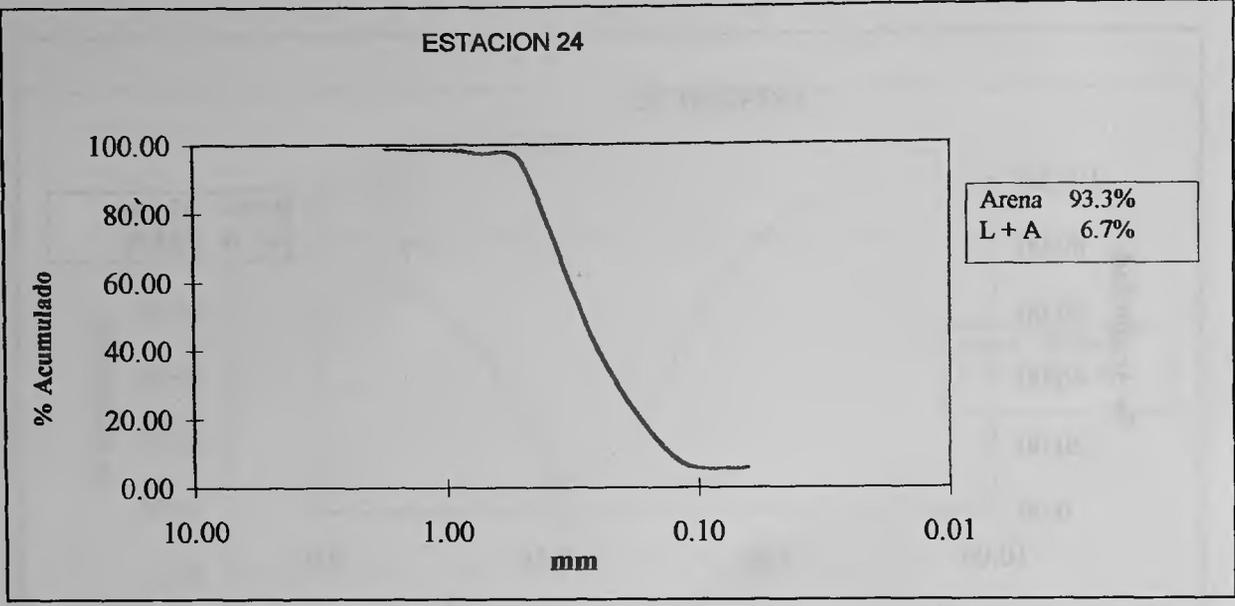


**ANEXOS : GRAFICOS DE LAS CURVAS ACUMULATIVAS DE LA FRACCION ARENAS EN LAS MUESTRAS DE SEDIMENTOS DEL LITORAL DE SANTO DOMINGO.**









**3.3.2 Calidad del ecosistema.**

**METODOLOGÍAS**

La evaluación de la calidad ambiental del medio marino en la zona de estudio, se realizó empleando una red de monitoreo de 13 estaciones en el tramo litoral comprendido entre los ríos Ozama y Haina, así como 7

estaciones en las zonas estuarina de los ríos (Fig. 3.11), posicionadas mediante GPS (Global Position System), y fue tenido en cuenta para la ubicación de las mismas los lugares más influidos por las descargas de residuales líquidos vertidos por los diferentes colectores de la ciudad.

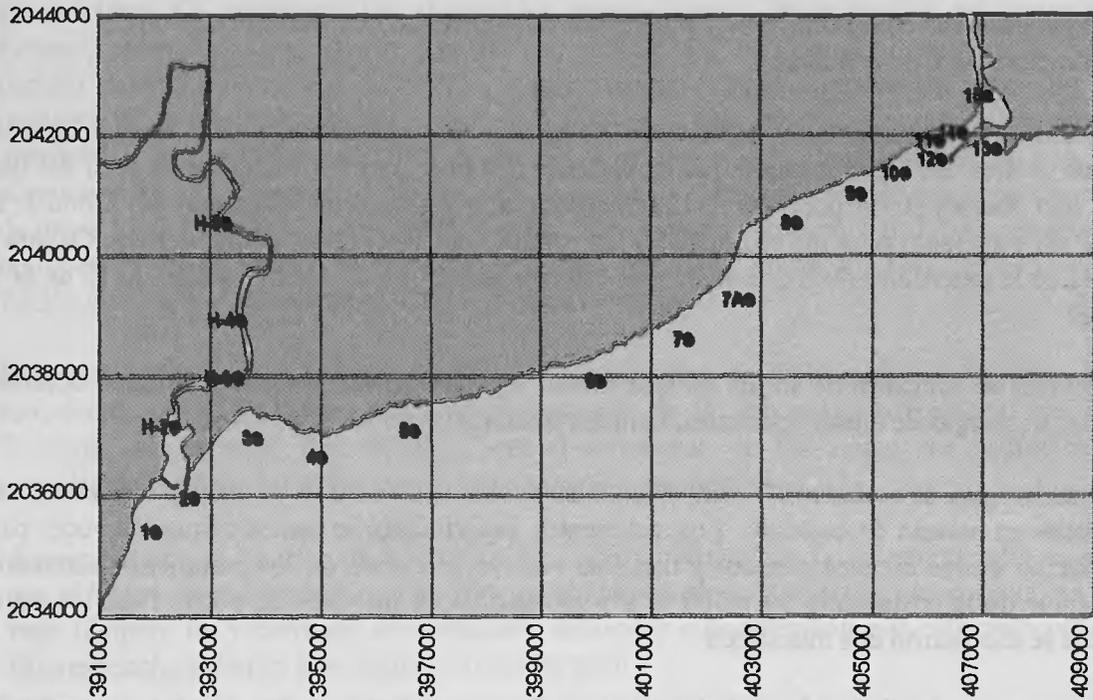


Figura 3.11 Red de estaciones para la caracterización de la calidad ambiental

Estaciones	Coordenadas planas		Estaciones	Coordenadas planas	
	X	Y		X	Y
1	392000	2035400	10	405600	2041350
2	392700	2035950	11	406213	2041890
3	393850	2036950	12	406256	2041580
4	395009	2036630	13	407250	2041750
5	396701	2037081	14	406637	2042020
6	400075	2037900	15	407104	2042620
7	402800	2039250	H <sub>2</sub>	392350	2037150
7A	401681	2038590	H <sub>3</sub>	393500	2037955
8	403642	2040530	H <sub>4</sub>	393556	2038910
9	404800	2041000	H <sub>5</sub>	393305	2040530

Los estudios abarcaron las siguientes actividades:

- **Hidroquímica:** determinación de oxígeno disuelto (OD), salinidad (S ‰), sulfuro de hidrógeno, nitrógeno total (Nt), fósforo total (Pt), pH, temperatura (T °C), sólidos suspendidos totales (SST) y volátiles (SSV) y silicato (Si O<sub>3</sub>).

- **Microbiología:** determinación de coliformes fecales y *pseudomonas aeruginosa* en aguas y esporas de *clostridium perfringens* en los sedimentos superficiales.
- **Metales pesados:** (Cu, Pb, Zn, Cr, Ni y Cd), determinación en sedimentos superficiales.
- **Tóxicos orgánicos:** hidrocarburos del petróleo, determinación en aguas (PHDD) y sedimentos superficiales (hidrocarburos alifáticos, aromáticos y totales) y plaguicidas organoclorados en agua.
- **Biología marina:** determinación de pigmentos fotosintetizadores, caracterización del fitoplancton y del zooplancton.

Considerando las características de la zona de estudio el análisis de la información se realiza dividiendo el área en: zona costera, que comprende el tramo entre las estaciones 4 y 10 del litoral; zona del Río Haina y su influencia en la desembocadura, que abarca las estaciones del litoral 1, 2 y 3 y H<sub>2</sub> H<sub>3</sub> H<sub>4</sub> y H<sub>5</sub> (sólo para los sedimentos) del estuario del Río Haina y zona del Río Ozama y su influencia en la desembocadura que abarca las estaciones del litoral 11,12 13 y 14 y la 15 de la zona estuarina.

Las estaciones se ubicaron de forma tal que fueran representativas de las áreas donde ocurren las principales descargas de aguas residuales, tanto en el litoral como los ríos.

Para la matriz agua, se realizaron 2 campañas de muestreo, una en mayo de 1995 y otra en agosto de 1997, ambas en horario de bajamar. Los sedimentos superficiales se muestrearon dos veces para la determinación de los metales pesados y una sola vez para el resto de los parámetros estudiados a una distancia de la costa entre 50 y 500 m y a profundidades menores de 10 m. Para los estudios biológicos se efectuaron dos muestreos.

En la matriz agua, los indicadores hidroquímicos fueron evaluados a dos niveles de profundidad (superficie y fondo), los hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos (HPDD), los plaguicidas organoclorados y la microbiología sólo se determinaron en superficie.

En la matriz sedimentos se estudiaron los hidrocarburos totales, los metales pesados y el *clostridium perfringens*, este último como trazador microbiológico.

Los análisis químicos, biológicos y microbiológicos fueron realizados según las metodologías empleadas en el CIMAB:

- **Hidroquímica:** Los parámetros de calidad de agua evaluados fueron: oxígeno disuelto, por el método Winkler [13], fósforo total, empleando una digestión con persulfato de potasio y nitrógeno total, con igual digestión que el anterior pero a alta presión y temperatura [14], la temperatura (T°C) y el pH se determinaron "in situ" utilizando un. pH-metro digital portátil, los sólidos suspendidos totales y volátiles se determinaron por gravimetría [15] y la salinidad se midió electrométricamente con un salinómetro digital inductivo.
- **Microbiología:** La técnica utilizada fue la del N.M.P. (Número Más Probable) en serie de 3 ó 5 tubos [15][16][17].
- **Metales pesados:** Los sedimentos superficiales colectados fueron congelados, secados y tamizados hasta las fracciones <63µm. Duplicado de cada muestra fueron sometidas a una

digestión fuerte con HNO<sub>3</sub>/HCl [20], y Cu, Pb, Zn, Cr, Ni y Cd fueron cuantificados mediante espectrofotometría de absorción atómica con llama aire-acetileno y corrección de fondo por deuterio y lectura directa en la curva de calibración, aplicándose diversos índices de contaminación, así como métodos estadísticos uni y multivariados para la interpretación de los resultados.

- **Plaguicidas:** Se analizaron los plaguicidas organoclorados de la familia del hexacloro ciclo hexano, aldrín, dieldrín, endrín, heptacloro, heptacloro epóxido endosulfan y la familia del dicloro difenil tricloro etano (DDT). Las muestras fueron extraídas mediante un solvente orgánico. El extracto se concentró hasta un volumen de 1 ml mediante lámpara IR y corriente de nitrógeno y se sometió a una purificación por cromatografía de adsorción, rellena con óxido de aluminio básico y desactivado al 5%. Las muestras se cuantificaron utilizando un cromatógrafo de gases PYE UNICAM serie 204 con detector de captura electrónica de Ni 63, empleando una columna de relleno de 1.5 m de longitud y 4mm Ø interno empacada con 1.5% de OV-17 más 1.95% QF-1 sobre Chromosorb 100 - 120 mesh [18][19].
- **Hidrocarburos:** En las matrices aguas y sedimentos se utilizaron las técnicas analíticas reportadas por el Programa CARIPOL (Proyecto de la Subcomisión Regional del Caribe y Regiones Adyacentes, IOCARIBE), para el monitoreo de las aguas, los sedimentos y los organismos marinos influidos por la contaminación por petróleo [21].

**Agua:** Extracción en frío con n-hexano (dos veces), purificación por cromatografía de adsorción con alúmina neutra desactivada al 5%, concentración de la muestra hasta un volumen de 5 ml, bajo lámpara IR y corriente de nitrógeno, análisis y cuantificación por espectroscopía UV de fluorescencia, referido a un patrón de criceno puro.

**Sedimentos:** Reflujo fuerte con hidróxido de potasio en metanol durante cuatro horas, extracción con n-hexano (dos veces), purificación y separación de los hidrocarburos en fracciones (alifáticas y aromáticas) mediante cromatografía de adsorción con alúmina en eluciones secuenciales de n-hexano, n-hexano-diclorometano y diclorometano, concentración de la muestra hasta sequedad, bajo lámpara IR y corriente de nitrógeno, análisis y cuantificación por cromatografía gaseosa de alta resolución con detector de ionización a la llama.

- **Biología Marina:** Tanto para el fitoplancton como para el zooplancton se estimó el Índice de Diversidad de Shannon (IDS) por estaciones y se aplicaron pruebas de análisis multivariado. Para el análisis de Clasificación Numérica (Clusters), se siguió el criterio de considerar solamente las especies que constituían el 95% de la frecuencia acumulada, con vistas a eliminar el exceso de ausencias (valores cero) en las matrices de datos primarios. Para los Clusters se empleó el Coeficiente de la Distancia Euclidiana. El método de agrupamiento fue el promedio de grupo no ponderado (UPGMA).

**Fitoplancton:** Se muestreó en superficie y fondo, exceptuando las estaciones 1 y 4 donde sólo se obtuvo en superficie por ser poco profundas, mediante una botella Van Dorn de 5 litros se extrajeron muestras de 1 litro, preservadas con lugol neutro. El procesamiento de las muestras se realizó según el método [22], concentrándose hasta un volumen de 5 ml, se tomaron alicuotas sucesivas hasta obtener un tamaño de muestra de 450 organismos, los cuales se clasificaron hasta el taxón inferior posible [23][24][25].

**Zooplankton:** Se muestreó mediante una red cónica de 40 cm de diámetro en la boca y abertura de malla de 168  $\mu\text{m}$ , la cual se arrastró en superficie de forma circular por 5 minutos. Las muestras de 500 ml se preservaron en formol al 4%, determinándose el volumen húmedo para el análisis cualitativo y cuantitativo a 3 submuestras de 1 ml.

**Pigmentos fotosintetizadores:** Se hallaron las concentraciones de clorofila *a* en superficie y fondo como complemento de los estudios del plancton. Para ello se obtuvieron muestras de 1 litro, tomadas con una botella Van Dorn, posteriormente se filtraron al vacío con filtros de fibra de vidrio Whatman GF/C y la extracción de pigmentos se hizo con acetona al 90%. Se aplicó el método tricromático [26], sin corrección para feopigmentos.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Hidroquímica

Las Tablas 3.9, 3.10 y 3.11, muestran los resultados obtenidos para los parámetros evaluados en la zona costera y las desembocaduras de los ríos Ozama y Haina, respectivamente.

**Tabla 3.9: Resultados hidroquímicos de la zona litoral.**

CONCENTRACION	pH	S	OD	SST	SSV	T	Pt	Nt	SiO <sub>3</sub>
	uds	‰	mg.L <sup>-1</sup>			° C	μmol.L <sup>-1</sup>		
$\bar{X}$	8.17	35.03	6.32	92	56	28.53	2.13	2.32	6.00
Mínimo	8.02	35.00	5.60	59	10	28.00	1.29	1.05	3.80
Máximo	8.22	35.35	6,65	271	79	28.90	3.87	3.73	11.72
S	0.05	0.34	0.28	61	19	0.33	0.75	0.91	2.47

Las concentraciones de nutrientes en la zona litoral reflejan contaminación orgánica tanto por los compuestos del nitrógeno como del fósforo, particularmente las concentraciones de fósforo total presentan valores superiores a 0.7  $\mu\text{mol.L}^{-1}$ , considerado como representativo de aguas marinas contaminadas por materia orgánica [27].

Los sólidos suspendidos (totales y volátiles) son indicativos también de contaminación orgánica y comparables con las reportadas para la zona de Playa del Chivo en Ciudad de La Habana, Cuba, donde descarga el mayor colector de aguas residuales domésticas de la ciudad [28].

Los valores de silicato resultan comparables a los reportados para las aguas del canal de la Bahía de La Habana [29]. Hecho que puede ser justificado por el efecto que produce la incidencia en el litoral de vertimientos de aguas residuales no tratadas y además por la influencia que ejerce sobre el litoral las aguas de los ríos Haina y Ozama, los cuales también son receptores de un gran volumen de aguas residuales.

Aun cuando los nutrientes en las aguas de la zona litoral reflejan la influencia de los vertimientos, es significativo que los valores de oxígeno disuelto, pH y temperatura se encuentran en concentraciones aceptables para el medio marino, y enmascaran la condición de receptoras de aguas con un gran volumen de residuales urbanos; esto es motivado por las condiciones físico-geográficas de la costa,

en la que predomina el rompiente rocoso, sin barreras coralinas con un importante intercambio de la masa de agua con el mar abierto y un intenso oleaje, factores todos que favorecen la aireación de las aguas y la dilución de los contaminantes introducidos [30].

La Tabla 3.10 presenta los resultados del Río Ozama, el cual es más caudaloso y receptor de un mayor volumen de aguas residuales que el río Haina.

**Tabla 3.10: Resultados hidroquímicos del Río Ozama.**

CONCENTRACION	pH	S	OD	SST	SSV	T	Pt	Nt	SiO <sub>3</sub>
	uds	%o	mg.L <sup>-1</sup>			° C	µmol.L <sup>-1</sup>		
$\bar{X}$	8.03	30.49	6.68	127	81	28.50	2.29	1.78	18.84
mínimo	7.99	10.24	3.02	49	29	28.10	1.02	0.37	3.58
máximo	8.65	35.27	6.93	206	159	28.70	4.08	4.36	41.21
S	0.56	9.33	3.56	58	46	1.20	1.00	1.51	18.00

Respecto a la zona costera, resultan ligeramente superiores el contenido de silicato y sólidos suspendidos y la disminución de la salinidad evidencia la influencia del agua dulce proveniente del río.

Es de destacar que aunque el valor medio de oxígeno disuelto, es ligeramente superior a 5 mg.L<sup>-1</sup>, existe valores puntuales inferiores, considerado mínimo adecuado para aguas marinas limpias [27], se manifiesta así la influencia de la carga contaminante aportada por el río en esta área, en la cual el oleaje es mucho menos intenso.

Las concentraciones de sólidos en suspensión son más elevadas que en el litoral y en algunas estaciones superan el límite establecido de 100 mg.L<sup>-1</sup> para aguas marinas limpias [27].

Las concentraciones de nutrientes en sentido general, reflejan la influencia de los aportes de materia orgánica, en particular los valores de fósforo total que son representativos de aguas eutrofizadas [27].

Resulta llamativo el incremento de las concentraciones de silicato, que alcanza en el punto más cercano a la desembocadura del río un valor de 41 µmol.L<sup>-1</sup>, el cual es mayor a los valores reportados para la Bahía de La Habana y la zona de Playa del Chivo por [28][29]; estos valores solo pudieran ser justificados por la presencia en la cercanía de materiales de construcción provenientes de una fábrica de cemento fuera de servicio hace aproximadamente año y medio.

La Tabla 3.11 presenta los resultados del Río Haina, en el cual son vertidos residuales de distintas fuentes contaminantes, aunque la proporción de éstos con relación al Río Ozama es mucho menor.

**Tabla 3.11: Resultados hidroquímicos del Río Haina.**

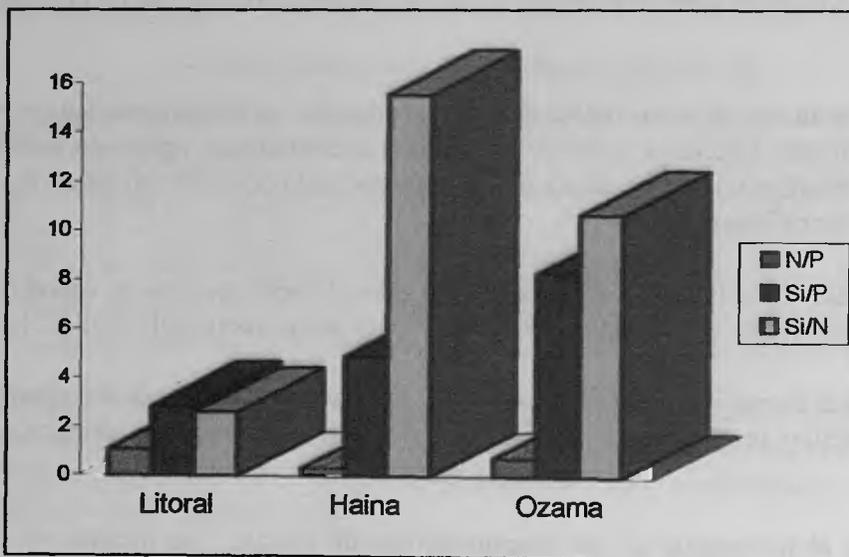
CONCENTRACION	pH	S	OD	SST	SSV	T	Pt	Nt	SiO <sub>3</sub>
	uds	%o	mg.L <sup>-1</sup>			° C	µmol.L <sup>-1</sup>		
$\bar{X}$	8.12	30.04	6.32	130	64	28.50	6.66	2.09	32.32
Mínimo	8.01	10.87	4.77	70	25	28.10	2.72	1.05	4.01
Máximo	8.20	35.31	7.17	177	124	28.90	17.90	2.62	139.39

S	0.08	10.73	0.91	40	45	0.34	6.41	0.62	59.90
---	------	-------	------	----	----	------	------	------	-------

La desembocadura del Río Haina es la zona que presenta los valores más comprometidos en los indicadores de calidad en toda el área de estudio, este fenómeno puede ser contradictorio, considerando que los mayores vertimientos tienen lugar a través de la desembocadura del Río Ozama. Tal efecto puede estar motivado por el sentido de las corrientes marinas superficiales o por algún evento meteorológico en el momento del muestreo, condicionado con las condiciones físico-geográficas de la zona.

En todos los parámetros evaluados, las condiciones más alteradas se observaron en esta zona. Los valores de silicato y fósforo total son considerablemente elevados llegando a alcanzar un valor máximo de  $139.39 \mu\text{mol.L}^{-1}$  y  $17.90 \mu\text{mol.L}^{-1}$ , respectivamente, siendo de esperar un desbalance en las condiciones biológicas en esta zona [31].

La caracterización de toda la zona de estudio refleja la influencia de los vertimientos urbano-industriales que recibe, la cual es más evidente en la desembocadura de los ríos y aún mayor en el Río Haina.



**Figura 3.12** Relación entre nutrientes para cada una de las áreas de estudio

En la figura 3.12 se presenta la relación entre los nutrientes la cual ofrece información sobre el estado de equilibrio que presenta un ecosistema marino. Estos valores deben ser: N/P igual a 16; Si/P igual a 15 y Si/N igual a 1, los ecosistemas que no cumplan estas relaciones se consideran afectados y para su recuperación debe de analizarse cual es el nutriente que altera el sistema [32]. Se observa que existe desproporción en las relaciones asociadas al silicato por las concentraciones elevadas en el medio, así como una disminución en la relación N/P debida a que las concentraciones de fósforo se encuentran altas, llegando en algunos casos a ser típicas de ambientes eutróficos.

Este análisis confirma la influencia de los aportes antrópicos en el área, reflejando que el mayor desbalance coincide con las desembocaduras de los ríos.

Los resultados de la matriz de correlación entre todos los parámetros estudiados en el área, se presentan en la Tabla 3.12.

**Tabla 3.12: Resultados de la matriz de correlación múltiple en toda el área de estudio.**

	PT	SIL	SAL	OD	T	PH	ST	SV	NT
PT	1.00	0.95	-0.96	-0.68	-0.27	-0.64	-0.04	-0.14	0.00
SIL		1.00	-1.00	-0.79	-0.37	-0.57	-0.18	-0.33	0.02
SAL			1.00	0.79	0.36	0.58	0.16	0.33	-0.04
OD				1.00	0.24	0.31	0.22	0.46	-0.09
T					1.00	-0.06	-0.06	0.58	-0.32
PH						1.00	-0.01	-0.27	0.05
ST							1.00	0.35	0.13
SV								1.00	-0.22
NT									1.00

Los valores sombreados presentan una correlación significativa para un nivel de confianza del 95 % ( $r \geq 0.56$ ). Se destaca la correlación altamente significativa y negativa entre la salinidad y los compuestos de silicio y fósforo manteniendo la misma forma de correlación con el oxígeno disuelto, lo que corrobora la presencia de estos compuestos en el medio marino, asociado a los aportes de agua dulce enriquecida con materia orgánica. Los compuestos nitrogenados no presentaron este tipo de asociación, por lo que no debe atribuírsele el mismo origen que al resto de los nutrientes.

### Microbiología.

- **Indicadores bacteriológicos en aguas.**

Los valores de concentración de coliformes fecales en toda la zona de estudio se presentan en la Tabla 3.13, donde se aprecia que todas las concentraciones son elevadas y en su mayoría superiores a los límites establecidos, según la Norma Cubana para agua de mar, para el uso de las aguas marinas costeras para contacto secundario [33], excepto las estaciones 3, 4 y 13 que presentan concentraciones inferiores.

**Tabla 3.13: Concentraciones de coliformes fecales (NMP.100ml<sup>-1</sup>) en el litoral de Santo Domingo.**

Estaciones	CF
1	$4.6 \times 10^4$
2	$9.3 \times 10^3$
3	$2.0 \times 10^2$
4	$7.0 \times 10^2$
5	$4.3 \times 10^3$
6	$4.3 \times 10^3$
7	$1.1 \times 10^5$
8	$2.4 \times 10^4$
9	$1.6 \times 10^4$
10	$9.3 \times 10^3$
11	$2.4 \times 10^5$
12	$2.1 \times 10^5$
13	$7.0 \times 10^1$

Es significativo que a una distancia entre los 300 y 500 metros de la línea de costa, la calidad sanitaria de la zona se ve recuperada, lo cual puede estar influida por el alto grado de dilución de las aguas y los cambios de salinidad y pH, factores éstos que combinados contribuyen a la mortalidad de gran parte de la carga microbiológica.

En las zonas de baño los valores de coliformes fecales obtenidos Tabla 3.14 permiten establecer que ninguna de las 6 playas estudiadas, según las Normas Cubanas para agua de mar, cumplen los requisitos higiénicos-sanitarios para el uso por contacto primario [33], sobrepasando en al menos un orden de magnitud los límites permisibles, por lo que el grado de contaminación de origen fecal de las mismas, representa una **alerta sanitaria** para su uso con estos fines, donde los eventuales bañistas (fundamentalmente adolescentes), se exponen a un alto riesgo para su salud.

**Tabla 3.14: Valores medios de coliformes fecales (NMP.100mL<sup>-1</sup>) en las zonas de baño del litoral de Santo Domingo**

Playas	Media Geométrica
Sans Souci	$2.0 \times 10^2$
Fray Montesino	$1.2 \times 10^3$
Manreza	$1.1 \times 10^2$
San Gerónimo	$2.9 \times 10^3$
Guibia	$9.9 \times 10^3$
Fray Antón	$1.1 \times 10^3$

En el caso de las determinaciones de *Pseudomonas aeruginosa* se detectó la presencia de este organismo en la estación 1 de la zona litoral y en las playas Fray Montesino y San Souci, lo que aún las hace menos apropiadas para el uso recreativo al cual puedan estar destinadas [34].

• **Indicadores en sedimentos**

La Tabla 3.15, presenta los resultados de esporas de *Clostridium perfringens* obtenidos. Las estaciones que presentan contaminación de origen fecal en los sedimentos están ubicadas en el interior de los ríos Haina y Ozama, incluidas algunas estaciones cerca de la desembocadura del Ozama, con las concentraciones más elevadas de  $1.5 \times 10^3$ ,  $3.6 \times 10^2$  y  $9.1 \times 10^1$ , correspondiente a las zonas portuarias de los ríos Haina (estaciones H<sub>4</sub> y H<sub>5</sub>) y Ozama (estación 15) respectivamente.

**Tabla 3.15: Esporas de *Clostridium perfringens* (NMP.g de sedimentos<sup>-1</sup>) en el litoral de Santo Domingo.**

Estaciones	Densidades
1	3.0
2	3.0
3	3.0
4	3.0
5	3.0
6	3.0
7	3.0
8	3.0
9	3.0
10	3.0
11	$3.6 \times 10^2$
12	$7.3 \times 10^1$
13	3.0
14	3.6
15	$9.1 \times 10^1$
H <sub>2</sub>	$1.5 \times 10^3$
H <sub>4</sub>	$3.6 \times 10^1$
H <sub>5</sub>	$9.1 \times 10^1$

En las restantes estaciones ubicadas en la zona litoral comprendida entre los dos ríos, no se detectaron signos de contaminación de origen fecal en los sedimentos a pesar de los numerosos colectores de aguas residuales que desembocan en la zona, probablemente esto se deba a las condiciones oceanográficas (fuerte oleaje y corrientes de fondo) que impiden una deposición de la materia orgánica, provocado por una remoción constante de los sedimentos y su resuspensión en las aguas.

### Metales pesados

La Tabla 3.16 resume los resultados obtenidos para los diferentes metales estudiados en la primera campaña y permite separar en dos grupos los mismos de acuerdo a su comportamiento en el medio.

**Tabla 3.16: Concentración de metales pesados ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) en sedimentos del litoral de Santo Domingo**

metales	media	intervalo	CV(%)	Max/min	max/media
Cd	-	<0.01-0.32	-	>32.0	-
Cr	93	32-184	55	5.8	1.9
Cu	52	12-131	71	10.1	2.5
Ni	57	23-111	42	4.8	1.9
Pb	28	1.7-131	118	77.0	4.7
Zn	96	41-380	820	9.3	4.0

CV: coeficiente de variación.

**Grupo I:** Cu, Pb, Zn (indicadores característicos de contaminación urbana) y Cd, este último presentó las mayores diferencias en los valores extremos con relación al Grupo II. El patrón de distribución espacial de este grupo, fue bastante heterogéneo, especialmente para Pb que en la estación 6 frente al complejo metalúrgico (METALDOM) se registraron niveles muy superiores al resto de las estaciones, que se supone esté relacionado con las descargas de los residuales de los tres emisarios existentes en la zona. Las mayores concentraciones para este grupo se obtuvieron en las estaciones ubicadas en la zona estuarina del Río Ozama. Este hecho es totalmente lógico, ya que a

través de este río se reciben las mayores cargas contaminantes en el litoral, incluyendo aquellas derivadas de la actividad de más de 40 industrias aguas arriba.

**Grupo II:** Cr y Ni: La zona estuarina del Río Haina y sus áreas adyacentes en el litoral, presentan los valores más significativos para este grupo, lo cual no coincide con los obtenidos para el Grupo I. La ausencia de fuentes contaminantes importantes que puedan estar afectando la zona, hace suponer que estos contenidos son “naturales”.

Diferente a lo que sucede en la zona estuarina de los ríos, los procesos de sedimentación en la zona litoral no se ven favorecidos debido fundamentalmente a que los sedimentos en el litoral están constituidos en su mayoría por arenas de cuarzo de tamaño medio, por tanto la fracción  $< 63\mu\text{m}$ , es imposible de obtener, la cual se presupone que también debiera presentar altos valores de metales, especialmente para Cu, Pb, y Zn, principalmente para las estaciones ubicadas alrededor de los mayores desagües de la ciudad (estaciones 5, 6 y 8).

Otros factores que pueden estar determinando en los contenidos de metales en la zona litoral son las condiciones oceanográficas del litoral y su apreciable intercambio con las aguas oceánicas, así como su condición de costa abierta, que le permite combinar las descargas de contaminantes al medio con el agua oceánica. No obstante, la presencia de estos metales en los sedimentos están influyendo negativamente en la calidad ambiental del litoral.

### **Plaguicidas organoclorados**

En la Tabla 3.17 se presentan los valores de los plaguicidas organoclorados encontrados, en la misma se observan pocos compuestos y en bajas concentraciones, todas por debajo del límite permisible por la Agencia de Medio Ambiente de los Estados Unidos y la Agencia Internacional de Energía Atómica de Naciones Unidas [35][36].

De todos los plaguicidas sólo el  $\alpha$  HCH de múltiples usos en la agricultura y en actividades domésticas, se registró en todas las estaciones muestreadas, obteniéndose el mayor valor en la estación 5, donde descarga un colector de gran caudal de aguas residuales de la ciudad. Sólo se detectó heptacloro en la estación 7, dieldrín en la 13, pp'DDE y  $\alpha$  clordano en las estaciones 2 y 5 respectivamente.

**Tabla 3.17: Plaguicidas organoclorados (ng.L<sup>-1</sup>) en las aguas superficiales del litoral de Santo Domingo.**

PLAGUICIDAS	ESTACIONES					
	1	2	5	7	12	13
α HCH	3.0	4.3	5.2	3.3	3.0	2.4
Heptacloro	-	-	-	1.7	-	-
Dieldrín	-	-	-	-	-	4.1
α Clordano	-	-	1.7	-	-	-
pp'DDE	-	2.1	-	-	-	-

(-): no detectables.

La presencia de pocos compuestos organoclorados en concentraciones relativamente bajas y algunos de ellos detectados en una sola estación, refleja que la zona estudiada está poca influida por este tipo de contaminación, por tanto se supone que los aportes de estos compuestos en las fuentes de emisión incluyendo los ríos (reconocidos como importantes fuentes de contaminación de esas sustancias) son muy poco significativos. A su vez es muy probable que estas concentraciones puedan estar determinadas por el gran efecto de dilución a que está sometida la zona, (donde existe un intercambio grande de sus aguas con la masa oceánica), lo que genera la mezcla constante de las sustancias poco solubles presentes en la columna de agua, con la masa de agua más limpia procedente del mar abierto.

### Hidrocarburos en agua

La Tabla 3.18, presenta las concentraciones de hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos (HPDD), halladas en las aguas superficiales del litoral, las cuales son expresadas como equivalentes de criceno puro. Niveles entre 1.98 y 5.88  $\mu\text{g.L}^{-1}$ , con una media general para todo el litoral incluyendo la desembocadura de los ríos de 3.51  $\mu\text{g.L}^{-1}$ . Se observa una manifiesta variabilidad de los valores por estaciones (coeficiente de variación del 46%), lo que provoca poca homogeneidad en la distribución de los hidrocarburos en las aguas superficiales de la zona [37].

**Tabla 3.18: Hidrocarburos disueltos y dispersos ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) en aguas superficiales del litoral de Santo Domingo.**

Estaciones	HPDD	Estaciones	HPDD
1	3.92	8	5.82
2	2.23	9	5.68
3	2.44	10	5.88
4	1.98	11	3.56
5	2.82	12	5.58
6	2.90	13	1.25
7	2.80	X	3.51
7A	2.28		

De forma general, estos valores son considerados según las normas propuestas por el Proyecto CARIPOL como típicos de zonas costeras medianamente contaminadas por petróleo [38][39][40].

Las concentraciones más significativas de este contaminante fueron halladas en las estaciones ubicadas en la zona litoral con influencia del Río Ozama (estaciones 9, 10, 11 y 12), precisamente por donde se reciben las mayores cargas contaminantes que ingresan al medio, lo que pone de manifiesto el impacto que produce este río al medio marino, por las diferentes actividades que en él

se producen y al parecer con apreciables aportes petrogénicos, unido al aporte de otras fuentes terrestres de la ciudad; así como en la estación 1, ubicada en la zona costera Oeste, entre la termoeléctrica y la refinería de petróleo, industrias donde se generan una alta movilización petrolífera, con aportes considerables de residuos del petróleo, las que pueden ingresar al medio marino por diferentes vías.

Para el resto de las estaciones los valores encontrados no son tan elevados y son representativos de zonas costeras poco impactadas por vertimientos de petróleo, no sin descartar que estos valores pueden estar influidos por los procesos de dilución y remoción de las cargas contaminantes en la columna de agua, debido al gran intercambio de sus aguas con la masa oceánica, así como por las propias condiciones físico-geográficas de esa zona litoral.

### Hidrocarburos en sedimentos.

Valores de hidrocarburos totales hallados (incluyendo compuestos biogénicos) en los sedimentos recientes del litoral (Tabla 3.19), se reportan en un intervalo entre  $16 \mu\text{g.g}^{-1}$  y  $291 \mu\text{g.g}^{-1}$  (materia seca), con una media general para toda la zona de  $75 \mu\text{g.g}^{-1}$  (materia seca) y una gran variabilidad en los valores por estaciones.

**Tabla 3.19: Hidrocarburos totales ( $\mu\text{g.g}^{-1}$  materia seca) en sedimentos recientes del litoral.**

Estaciones	HC totales	Estaciones	HC totales
H <sub>2</sub>	75	8	42
H <sub>3</sub>	68	9	163
1	60	10	105
2	17	11	68
3	16	12	94
4	22	13	84
5	50	14	85
6	10	15	291
7	90	X	76
7A	40		

Estas concentraciones en general son relativamente bajas al ser comparadas con otras detectadas en áreas costeras con alto grado de contaminación por petróleo (Tabla 3.20), registrándose incluso algunos valores (estaciones 2, 3, 4 y 6) muy cerca o por debajo del valor propuesto en las recomendaciones del Proyecto CARIPOL, ( $20 \text{mg.g}^{-1}$  materia seca), como sedimentos no contaminados por hidrocarburos del petróleo [38][39][40].

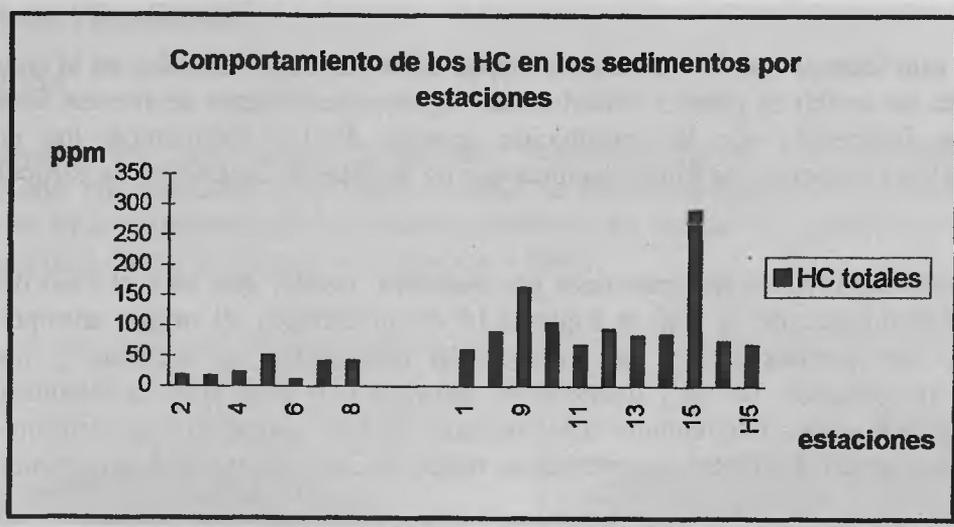


Figura 3.13 Comportamiento de los hidrocarburos en los sedimentos.

Tabla 3.20: Comportamiento de hidrocarburos totales en sedimentos en distintos puntos del planeta.

Áreas costeras	Intervalo	Valor
Laguna de Ostión Veracruz, México	16-575	120
Puerto de Nueva York, USA	120-2900	324
Western Port, Australia	66-1516	210
Bahía de Nipe, Cuba	46-400	106
Bahía de Cartagena, Colombia	23-890	436
Bahía de La Habana, Cuba	865-1240	994
Litoral de Santo Domingo, R. Dom.	16-291	76

La aplicación de un método de clasisificación (Cluster), mostró dos grupos de estaciones los cuales se muestran en la Figura 3.13. Un grupo donde se encuentran las de mayores concentraciones, pertenecientes a las zonas estuarinas de los ríos (estaciones H<sub>2</sub>, H<sub>5</sub>, 14 y 15) y a la zona litoral cercana al Río Ozama (estaciones 9, 10, 11 y 12) y por tanto influida por ese río, atribuido como el causante de las mayores cargas contaminantes que ingresan al litoral, precisamente fue la estación 15, ubicada en la zona portuaria de este río, la que presentó el valor más elevado (291 µg.g<sup>-1</sup> materia seca), el cual puede ser comparado con otros valores encontrados en zonas altamente influidas por la contaminación por petróleo Tabla 3.20, hecho que unido a los valores encontrados en las aguas superficiales de esta zona; demuestran como ese río está impactando la zona litoral adyacente, con sus considerables contribuciones petrogénicas.

Se destaca en este grupo la estación 1 que al igual que para el agua, presentó el valor más alto de la zona litoral Oeste (60µg.g<sup>-1</sup> materia seca), resultado lógico ya que esta estación se encuentra ubicada entre la refinería de petróleo y la termoeléctrica, muy cerca de la desembocadura del Río Haina, y por tanto está recibiendo los aportes de estas dos fuentes industriales con aportes significativos de residuos petrolíferos, así como las que pueden ingresar a través del propio río, considerado otra

fuente de contaminación importante, con valores en sus sedimentos por encima de  $50\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  (materia seca).

El otro grupo está formado por las estaciones menos influidas, todas ubicadas en la zona litoral, la cual además de no recibir al parecer considerables aportes petrolíferos de fuentes terrestres de la ciudad, se ve favorecida por la constitución arenosa de los sedimentos, los procesos de sedimentación y las corrientes de fondo, factores que no facilitan la deposición de partículas finas en la zona [41].

El análisis cromatográfico de las fracciones por muestras, reveló, que para el caso del grupo de estaciones contaminadas, de la cual la figura 3.14 es un ejemplo, el origen antrópico de estos hidrocarburos, con perfiles típicos de contribución petrogénica no reciente, y presencia de hidrocarburos no resueltos (UCM), distribución gaussiana con muy poco predominio de las n-parafinas y ausencia de los isoprenóides más comunes prístano aporte biológico/antrópico y fitano aporte antrópico, estas dos últimas características, típicas de intensa actividad microbiana [42].

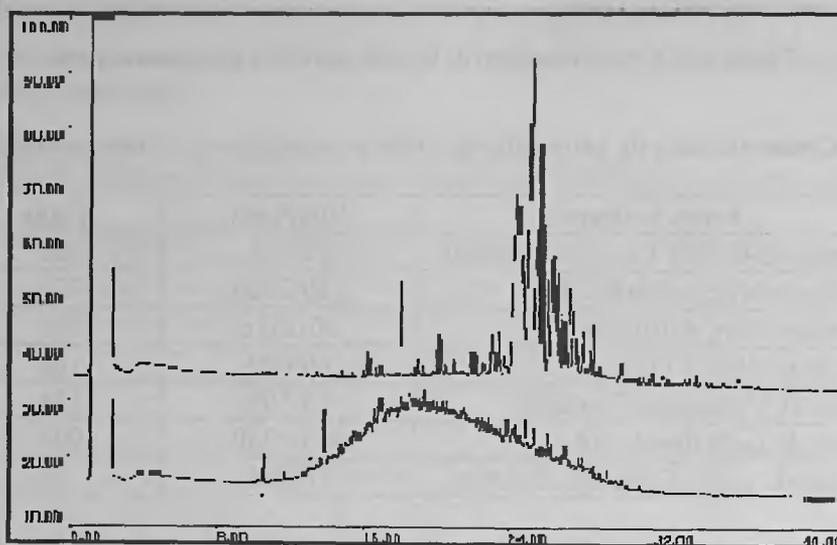


Figura 3.14 Cromatograma de HC totales en sedimentos del litoral de Santo Domingo.

En las fracciones cromatográficas de los hidrocarburos aromáticos se aprecian compuestos poliaromáticos (HAPs), conocidos por sus efectos tóxicos sobre los organismos marinos [43], por lo que se infiere que esta contaminación, no solo se produce por fuentes con aportes de petróleo crudo, sino además por emisiones terrestres donde se denotan procesos pirolíticos como resultado de la combustión incompleta de la materia orgánica; por ejemplo en equipos de combustión interna, incendios forestales, quema en campos de cultivos, estufas de madera, termoeléctricas, complejos petroquímicos e industrias que emiten a la atmósfera este grupo de compuestos [44], estas sustancias también aparecen como contaminantes en los efluentes de estas industrias [45]. Los HAPs pueden además ser producto de procesos diagenéticos, pero en mucho menores proporciones [46].

Para el otro grupo con estaciones menos influidas por este tipo de contaminación, los perfiles cromatográficos demostraron un origen mixto biogénico-petrogénico de estos hidrocarburos, con elevado carácter biológico, pero con tendencia a una contaminación reciente.

## Comunidades Planctónicas

### Fitoplancton

El fitoplancton del área estuvo compuesto fundamentalmente por diatomeas, clorofitas, dinoflagelados, cianobacterias y una gran cantidad de microflagelados. Estos últimos, debido a la dificultad de su identificación, no se pudieron clasificar. La figura 3.15 muestra la proporción de estos grupos para el área en general, en superficie y fondo.

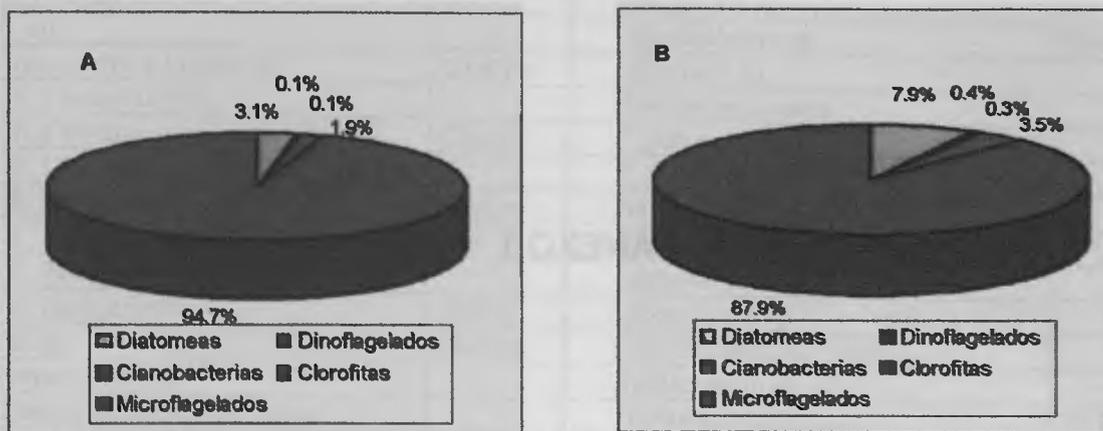


Figura 3.15 Proporción de los principales grupos del fitoplancton en superficie (A) y fondo (B).

Se determinó la presencia de 72 especies o entidades, de las cuales el 64% fueron diatomeas (Tabla 3.21). De las 21 especies clasificadas en 1995 [30] sólo 8 aparecieron en los muestreos actuales, aunque estos autores aclaran que solamente identificaron algunos de los géneros y especies presentes en las muestras.

La concentración celular en superficie varió desde 21 hasta  $2381 \cdot 10^6 \text{ cel.m}^{-3}$  (estaciones 4 y 12 respectivamente) y en el nivel de fondo, entre 13 y  $473 \cdot 10^6 \text{ cel.m}^{-3}$  (estaciones 5 y 13). La distribución para ambos niveles por estaciones se muestra en la figura 3.16.

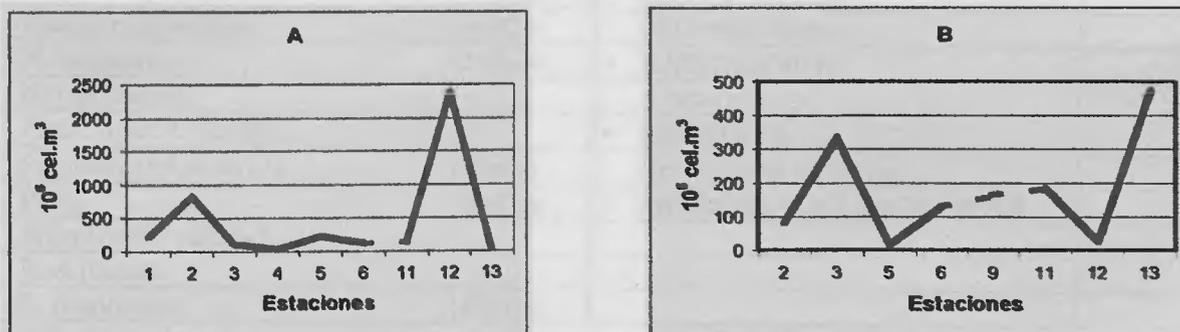


Figura 3.16 Concentración del fitoplancton en superficie (A) y fondo (B) por estaciones.

ANEXO 1



Figura 1. Diagrama de la estructura de la cubierta de la tesis doctoral.

Se muestra la estructura de la cubierta de la tesis doctoral, con un espacio central reservado para el logotipo de la institución.

La estructura de la cubierta de la tesis doctoral se muestra en la siguiente imagen, con un espacio central reservado para el logotipo de la institución.



Figura 2. Diagrama de la estructura de la cubierta de la tesis doctoral.

Se muestra la estructura de la cubierta de la tesis doctoral, con un espacio central reservado para el logotipo de la institución.

Tabla 3.21: Especies del fitoplancton identificadas <sup>(1)</sup>.

ESPECIES / NIVEL	SIGLAS	ESPECIES / NIVEL	SIGLAS
• <b>DIATOMEAS</b>		Synedra sp.	SyneSp
Amphiprora sp.		Thalassionema nitzschioides	ThaNit
Amphora sp.	AmphSp	Thalassiosira sp.	ThalSp
Bacillaria paradoxa	BaPara	Thalassiotrix frauenfeldii	ThFrau
Bacteriastrium delicatulum	BacDel	Thalassiotrix mediterranea	
B. comosum		Triceratium sp.	
B. hyalinum		• <b>DINOFLAGELADOS</b>	
B. varians		Dinophysis sp.	
B. sp.		Gymnodinium sp.	GymnSp
Chaetoceros compressus	ChaCom	Oxytosum sp.	
Ch. Concavicornis		Peridinium cerasus	
Ch. Didymus	ChaDid	P. pedunculatum	
Ch. Diversus		P. sp.	
Ch. Lacinosus	ChaLac	Protoperidinium sp.	
Ch. Lorenzianus		• <b>CIANOBACTERIAS</b>	
Ch. Peruvianus		Anabaenopsis sp.	
Ch. Pseudocrinitus	ChaPse	Chroococcus sp.	
Ch. sp.	ChaSpp	Cianobacterias sin ident.	
Climacodium sp.		Hydrocoleum sp.	
Climacosphaenia moniligera		Trichodesmium tenue	TriTen
Cocconeis diminuta	CocDim	T. thiebautii	
C. sp.	CocSpp	T. sp.	TriSpp
Coscinodiscus sp.	CoscSp	• <b>CLOROFITAS</b>	
Cyclotella sp.	CyclSp	Ankistrodesmus sp.	
Diploneis suborbicularis		Closterium sp.	
D. sp.	DiplSp	Cosmarium sp.	
Grammatophora marina		Pediastrum sp.	
Leptocylindrus danicus	LepDan	Scenedesmus fulcatus	SceFul
Licmophora abbreviata	LicAbb	S. sp.	SceSpp
Mastogloia sp.		Schroederia sp.	
Melosira sulcata		Hyaloraphyidium sp.	HyalSp
Navicula sp.	NaviSp	• <b>CRYPTOFITAS</b>	
Nitzschia closterium	NitClo	Chilomona marina	
N. longissima	NitLon	• <b>RADIOLARIOS</b>	
N. marginulata		Actinomma sp.	
Pleurosigma-Gyrosigma		• <b>EBRIDIENS</b>	
Pseudonitzschia seriata	PseSer	Hermesinum adriaticum	
P. sp.	PseSpp	• <b>MICROFLAGELADOS SIN/ID.</b>	
Rhizosolenia calcar-avis			
R. delicatula			
R. fragilissima	RhiFra		

(1) Las siglas sólo se incluyen para las especies empleadas en el análisis de clasificación numérica.

Estos valores están comprendidos en los intervalos hallados en aguas de la región sur-oriental de Cuba [47], quienes las clasifican como aguas mesotróficas a eutróficas. Sin embargo, la zona litoral

de Santo Domingo es considerada como oligotrófica basado en las concentraciones de clorofila “a”, que presentó valores entre 1.03 y 4.9 mg. m<sup>-3</sup>, con un promedio para el área de 2.47 mg.m<sup>-3</sup>[30].

Los muestreos llevados a cabo en la presente campaña dieron valores aún menores de clorofila “a”, con un intervalo de 0.41 a 4.49 mg.m<sup>-3</sup> y una media de 1.43 mg.m<sup>-3</sup> en superficie y algo más baja en fondo. Estos valores se asemejan a los obtenidos para la Caleta de San Lázaro, zona aledaña a la Bahía de La Habana y clasificada como oligotrófica según las concentraciones de clorofila [29].

Hay elementos a favor y en contra de ambos resultados. Es de esperar que una zona abierta, con gran intercambio de agua con la zona oceánica (generalmente oligotrófica) y donde es frecuente el oleaje, que propicia la dilución de los nutrientes, posea bajas concentraciones de clorofila. También se ha observado que la cantidad de clorofila es algo baja cuando predominan las diatomeas [48] y en el presente trabajo, éstas constituyeron el segundo grupo en importancia tras los microflagelados.

Precisamente, esta abundancia de microflagelados podría explicar en parte las bajas concentraciones de clorofila “a” halladas, ya que según algunos autores los fitoflagelados, en general, pueden romperse fácilmente durante el filtrado, lo que implicaría una subestimación de la clorofila “a” [49].

Por el contrario, el aporte de nutrientes (especialmente fósforo y silicato) a través de los ríos Haina y Ozama, así como las numerosas alcantarillas de aguas residuales en la zona costera, favorecen el desarrollo de ciertos grupos del fitoplancton.

La proporción por grupos (Fig. 3.17) muestra que los microflagelados predominaron ampliamente en todas las estaciones, aunque en superficie fueron especialmente abundantes en las zonas cercanas a las desembocaduras de ambos ríos. Las diatomeas, por el contrario, presentaron mayor abundancia en las estaciones del litoral con menor influencia de las corrientes fluviales favorecido además por las altas concentraciones de silicatos que se detectan.

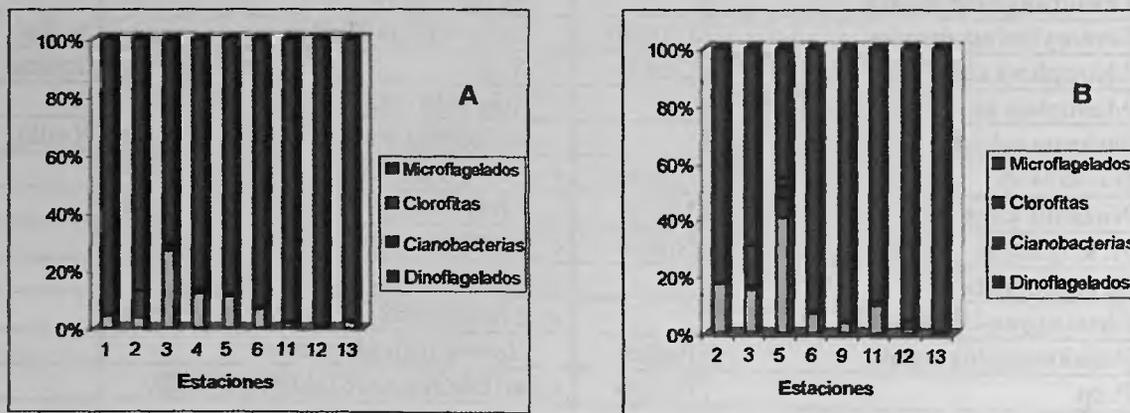


Figura 3.17 Composición porcentual de los principales grupos del fitoplancton en superficie (A) y fondo (B) por estaciones.

Por su parte, las especies de clorofitas, sólo alcanzaron concentraciones significativas en la estación 2 (desembocadura del Río Haina) y en la estación 3. Este resultado era de esperarse, ya que estas especies generalmente se encuentran en zonas con influencia de agua dulce. Las proporciones entre

estos grupos detectadas en el presente trabajo, coinciden con resultados obtenidos en la mayor parte de los ecosistemas estudiados en aguas cubanas [50].

La concentración del fitoplancton en superficie y fondo (Fig. 3.17) corrobora el sentido de la corriente en dirección Este, o sea de la zona del Río Haina hacia el Ozama, ya que ambos gráficos presentan un “corrimiento” en ese sentido. A un pico en superficie (Estaciones 2, 5 y 12) corresponde un mínimo en fondo en esas mismas estaciones; a su vez se observan máximos de concentración en fondo en las estaciones aledañas hacia el Este.

Este fenómeno sugiere que a partir de los focos principales (desembocaduras de ambos ríos y zonas de alcantarillas importantes) el fitoplancton es arrastrado hacia el Este al tiempo que se va hundiendo, como ocurre normalmente con estos organismos.

El análisis para los principales grupos también muestra una tendencia similar; en la Figura 3.17 se observa que las diatomeas, abundantes en superficie en las estaciones 3 y 4, alcanzan su máximo en fondo en la estación 5 y las clorofitas, que prácticamente sólo se hallan en superficie en la estación 2, abundan en la estación 3.

Estudios anteriores [30] plantean que existe una corriente resultante en sentido contrario (hacia el Oeste), pero los resultados oceanográficos obtenidos en la presente campaña indican que hay una corriente superficial (hasta alrededor de 1 m de profundidad) hacia el Oeste y que por debajo de esta capa la masa de agua se mueve en sentido opuesto.

El Índice de Diversidad de Shannon (IDS) osciló entre 1.46 y 2.01 en superficie, valores que corresponden precisamente a las desembocaduras de los ríos Haina y Ozama respectivamente (Fig. 3.18A). Para comparar los resultados se hizo el análisis con respecto al fondo (Fig. 3.18B) y se observa una tendencia semejante a la obtenida para la concentración del fitoplancton, o sea, las estaciones que tienen una mayor diversidad de especies en superficie presentan valores bajos en el fondo y viceversa.

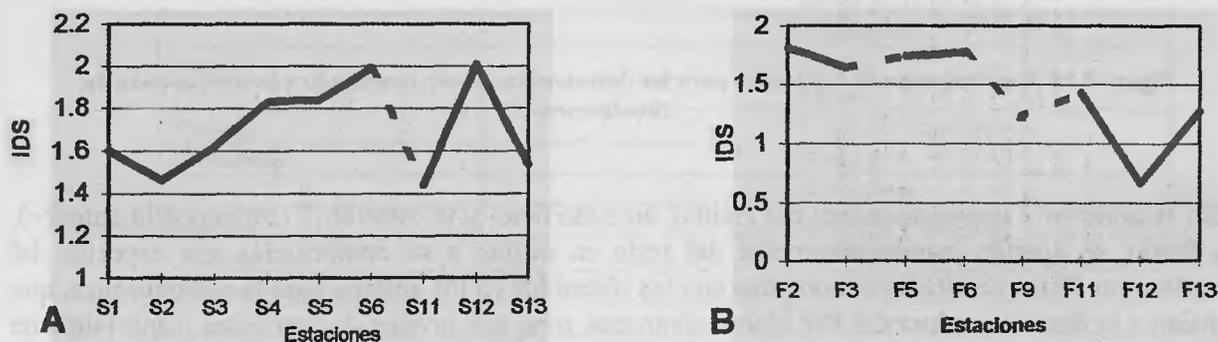


Figura 3.18 Valores del Índice de Diversidad de Shannon para el fitoplancton en superficie (A) y fondo (B)

Es de señalar la presencia del género *Pseudonitzschia* en casi todas las estaciones y en ambos niveles, pero en especial en la estación 3, ya que las especies de este género son tóxicas debido a la presencia en ellas del ácido domoico [51].

A los datos de concentración de especies del fitoplancton por estaciones se les aplicó un análisis de clasificación numérica (Clusters); en la figura 3.19 se observan dos grupos bastante bien definidos, el primero (en el extremo derecho del dendrograma) corresponde en general a estaciones del litoral con menor influencia de los ríos. En el centro se localiza otro grupo formado básicamente por estaciones ubicadas en los alrededores del Río Ozama. Entre estos dos grupos existe una relativa similitud, lo cual puede estar relacionado con la mezcla de las aguas debido a las corrientes y fuerte oleaje reinante.

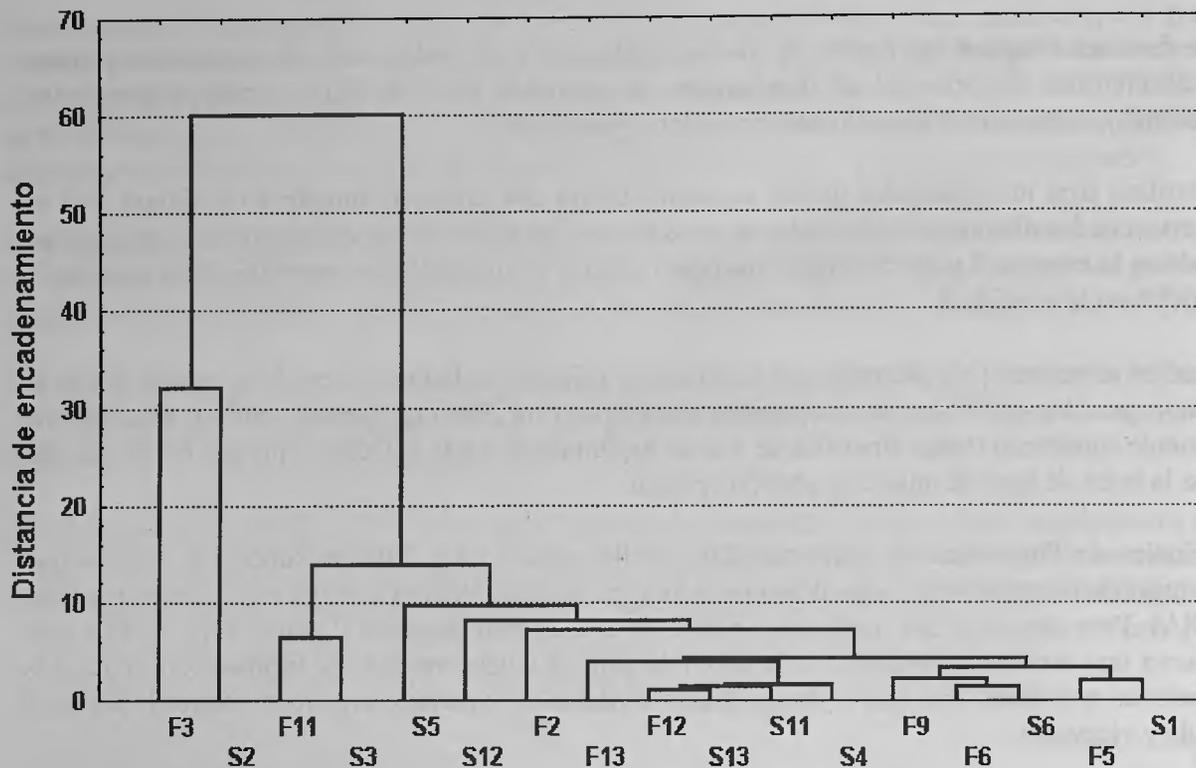


Figura 3.19 Dendrograma de afinidades para las distintas estaciones de acuerdo a la composición del fitoplancton.

Sólo la estación 2 (desembocadura del Haina), en superficie y la estación 3 (cercana a la anterior), en fondo, se apartan significativamente del resto en cuanto a su composición por especies del fitoplancton. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en los análisis para la hidroquímica, que señalan a la desembocadura del Río Haina como una zona con niveles de nutrientes (especialmente fósforo y silicato) extremadamente altos.

### Zooplancton

Se identificaron 35 entidades del zooplancton en el análisis cualitativo (Tabla 3.22) y aunque hay diferencias en cuanto a géneros encontrados anteriormente [30], en ambos casos predominaron los Calanoida y Cyclopoida.

Las estaciones comprendidas entre la 1 y la 6 presentaron pequeñas cantidades de seston ( $< 0,4 \text{ ml.m}^{-3}$ ) excepto en la estación 2 (desembocadura del Río Haina), donde alcanzó  $2.56 \text{ ml.m}^{-3}$ , debido fundamentalmente a la gran concentración del crustáceo planctónico *Leucifer* sp. El detritus fue escaso.

En las estaciones de la 9 a la 13 también hubo poco seston ( $< 0.4 \text{ ml.m}^{-3}$ ), formado principalmente por detritus.

**Tabla 3.22: Entidades del zooplancton encontradas en el área.**

Copepoda		Nauplios
	Calanoida	Juveniles
		Acartia
		Undinula
		Calocalanus
		Temora (2 spp.)
		Candacia
		Labidocera
		Rhincalanus
		Eucalanus
	Harpacticoida	Miracia
		Macrosetella
		Microsetella
	Cyclopoida	Oithona
		Oncaea
		Corycaeus
		Copilia
Decapoda		Leucifer
Cladocera		Evadne
		Penilia
Otros Crustacea		Ostracoda
		Larva calyptopis
		Larva megalopas
		Larvas de crustáceos
		Larvas de Isopoda
		Amphipoda
Peces		Huevos
		Larvas
Mollusca		Larvas de Gasteropoda
Coelenterata		Medusas
		Sifonóforos
Anellida		Larvas de Polichaeta
Chaetognata		Varias especies
Chordata (inferiores)		Oikopleura
		Doliolidae

En el análisis cuantitativo se cuantificaron 26 entidades, cuyas concentraciones por estación se muestran en la Tabla 3.22. Si se exceptúa la estación 2, con  $731 \text{ org.m}^{-3}$ , la concentración del zooplancton en el área de estudio es baja, e inclusive hubo dos estaciones (9 y 11) donde fue prácticamente inexistente (Fig. 3.20). Esta situación es poco común en el medio acuático, lo que puede indicar un elevado grado de deterioro.

Estos resultados son similares a los obtenidos para la Playa del Chivo, zona cercana a la Bahía de La Habana, donde se encuentra ubicado el mayor emisario submarino de aguas servidas de la ciudad [28].

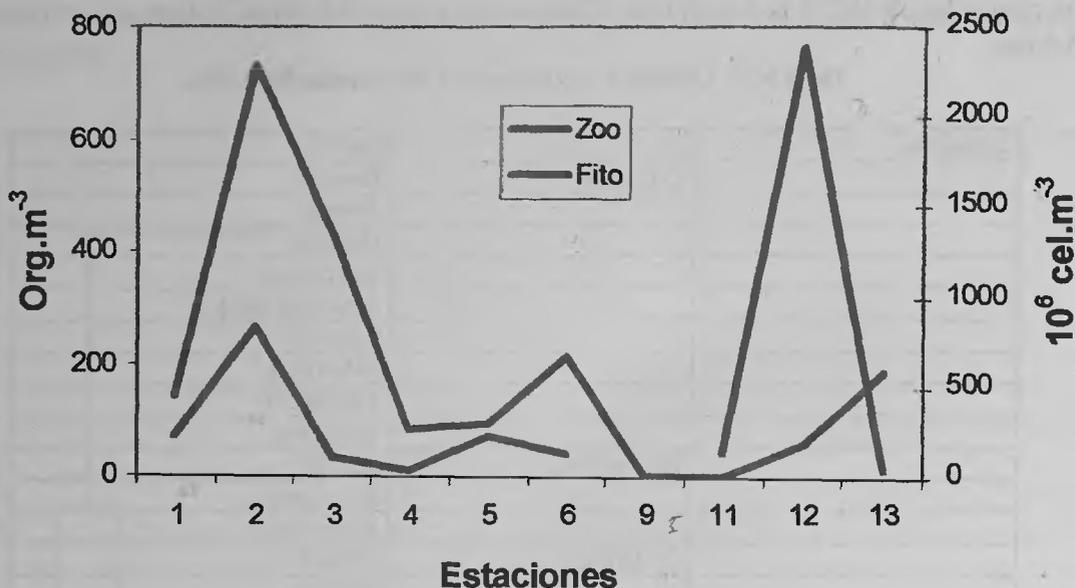


Figura 3.20 Concentraciones del zooplancton y fitoplancton en superficie para las distintas estaciones.

Aunque en la mayoría de las estaciones se observa una mezcla de especies de aguas costeras (*Acartia*, *Oithona*, *Oncaea* y *Oikopleura*) y de aguas oceánicas (*Undinula*, *Calocalanus* y *Chaetognata* entre otros), es significativo el hecho de que las mayores concentraciones de *Oithona* y *Acartia*, especies frecuentes en aguas salobres y contaminadas [29], se localizan en las estaciones de la zona costera (4, 5 y 6), donde existen vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales importantes.

Precisamente en la estación 6, frente al METALDOM se han detectados niveles apreciables de metales pesados fundamentalmente de Pb, lo que podría explicar la aparición entre las estaciones 5 y 6 de una gran cantidad de huevos de peces con el desarrollo detenido, ya que en su interior el contenido era uniforme y opaco.

Respecto a las estaciones 9 y 11, donde prácticamente no hubo zooplancton en las muestras, debe señalarse que se hallaron pequeñas larvas de peces con afectaciones en su desarrollo.

Tabla 3.23: Concentración por estaciones de las principales entidades del zooplancton.

Entidades (org-m <sup>3</sup> )	Estación									
	1	2	3	4	5	6	9	11	12	13
Temora turbinata	4	4	111	0	0	0	0	0	0	0
Undinula vulgaris	9	34	4	4	0	0	0	0	0	17
Chaetognata	4	4	21	4	4	0	0	0	0	4
Leucifer sp	43	312	0	0	4	0	0	0	0	0
Acartia sp	4	0	17	0	0	30	0	0	9	4
Corycaeus sp	4	77	21	0	9	4	0	0	4	4
Oikopleura sp	13	0	9	4	0	9	0	0	0	30
Oncaea sp	13	43	17	4	13	4	0	0	4	21
Calanoida no ident.	13	73	188	9	21	124	0	0	21	81
Ostracoda	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Larva Calyptopis	17	21	17	0	0	9	0	0	4	0
Larva Megalopas	9	85	0	0	0	4	0	0	0	0
Copilia sp	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Larvas Crustacea	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0
Nauplios Copepoda	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0
Calocalanus pavo	0	13	13	0	9	0	0	0	0	4
Evadne sp	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
Sifonophora	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0
Oithona sp	0	4	4	47	21	4	0	0	13	9
Huevos de peces	0	0	4	4	<sup>(1)</sup> 530	13	0	0	0	4
Larvas Isopoda	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
Macrosetella gracilis	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4
Labidocera sp	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
Larvas Polichaeta	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0
Larvas de peces	0	0	0	0	0	0	0	13	4	0
Larvas Gasteropoda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
<b>Total</b>	<b>141</b>	<b>731</b>	<b>427</b>	<b>81</b>	<b>85</b>	<b>214</b>	<b>0</b>	<b>13</b>	<b>60</b>	<b>188</b>

(1) no considerado en el total

El zooplancton en general, presentó una distribución coincidente con el fitoplancton en superficie (Fig. 3.19), pero al contrario de éste, la resultante de su movimiento parece ser hacia el Oeste. Esta suposición se basa en que a partir de un pico de concentración de las principales entidades, en determinada estación, se observa un gradiente que disminuye hacia el Oeste (Tabla 3.23).

Así por ejemplo, *Leucifer* presentó un máximo en la estación 2 y prácticamente sólo aparece además en la estación 1 (al Oeste de la anterior). Un caso más evidente aún ocurre con los calanoides no identificados, que tuvieron picos de abundancia en las estaciones 3, 6 y 13, y la concentración a partir de ellos disminuye hacia el Oeste de forma progresiva. Esta traslación contraria a la que aparentemente tiene el fitoplancton puede estar asociada a dos factores. En primer lugar, las corrientes marinas existentes y en segundo lugar, las posibilidades de movimiento propio de los organismos del zooplancton.

A diferencia del fitoplancton, que sólo puede retardar su hundimiento mediante adaptaciones morfológicas, el zooplancton, en su mayor parte puede trasladarse por sus medios y realizar migraciones en la columna de agua. De esta forma, al permanecer más tiempo que el fitoplancton en los estratos superiores, es arrastrado en mayor grado por la corriente superficial, que se dirige hacia el Oeste. No obstante, esta hipótesis debe ser corroborada.

El Índice de Diversidad de Shannon (Fig. 3.21) presenta sus valores más bajos en las estaciones 4, 5 y 6 (zona costera con alcantarillas de aguas residuales domésticas e industriales), lo que indica que la contaminación existente afecta la biodiversidad. Precisamente en esa zona se encontró mayor abundancia de los géneros *Acartia* y *Oithona*, que como se explicó anteriormente son frecuentes en aguas estuarinas y contaminadas, así como los huevos de peces con el desarrollo detenido

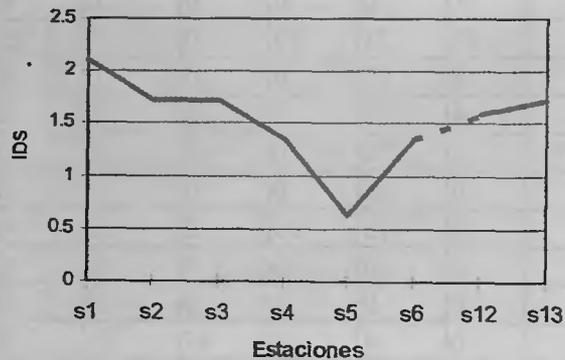
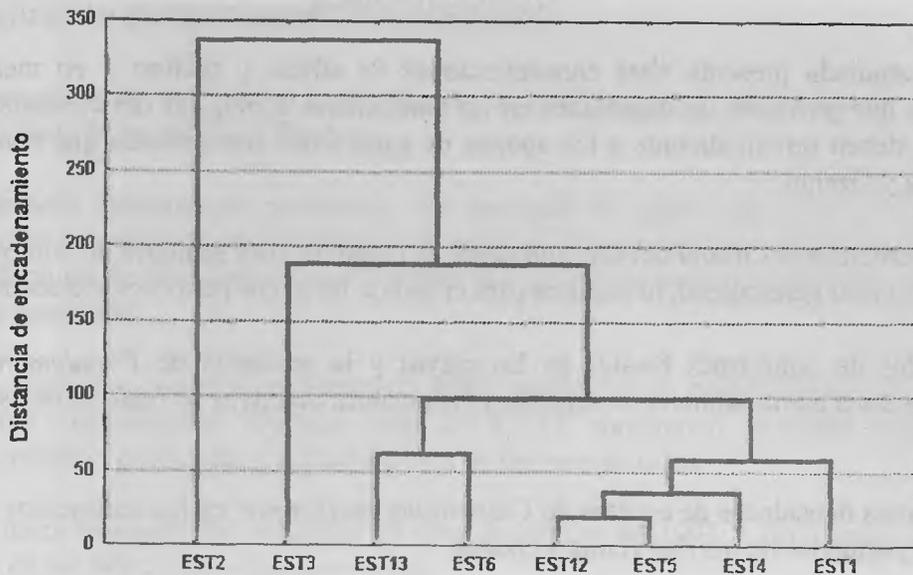


Figura 3.21 Valores del Índice de Diversidad de Shannon para el zooplancton por estaciones.

En otros estudios realizados se reporta que los géneros *Acartia*, *Oithona* y *Oikopleura* presentaron mayor concentración en la zona cercana a un emisario de aguas residuales, a diferencia del resto del zooplancton [32], lo que concuerda con los resultados obtenidos en el presente trabajo.

Sin embargo, el tunicado *Oikopleura* no fue predominante en esta zona, sino en la estación 13. Las especies de este género se alimentan preferentemente de partículas menores de 8  $\mu\text{m}$ , utilizándolas mucho mejor que a las diatomeas [52]. Los microflagelados no abundaron tanto en la zona antes citada (más rica en diatomeas), pero sí en la estación 13 (Fig. 3.16) que fue la que mayor porcentaje de éstos alcanzó en la columna de agua, propiciando de esta forma el desarrollo de la especie.

El análisis de Clusters para el zooplancton presenta un dendrograma (Fig. 3.22) en el que se destacan como aspectos más significativos el grupo formado por las estaciones 6 y 13, donde abundaron géneros del zooplancton frecuentes en aguas muy contaminadas y el hecho de que, al igual que con el fitoplancton, la estación 2 (desembocadura del Río Haina), presentó características muy diferentes al resto. En menor medida, la estación 3 (contigua a la anterior) también se separa de las demás.



**Figura 3.22 Dendrograma de afinidades para las distintas estaciones de acuerdo a la composición del zooplancton.**

## CONCLUSIONES

- El área estudiada presenta altas concentraciones de silicio y fósforo y en menor medida de nitrógeno, que provocan un desbalance en las condiciones ecológicas del ecosistema marino. Las causas se deben principalmente a los aportes de agua dulce contaminada que tiene lugar por los ríos Haina y Ozama.
- La zona estudiada del litoral dominicano desde el punto de vista sanitario no cumple los requisitos necesarios en su generalidad, ni siquiera para el uso de las aguas para contacto secundario.
- Los niveles de coliformes fecales en las playas y la presencia de *Pseudomonas aeruginosa*, representan una alerta sanitaria de acuerdo a los posibles objetivos recreativos de estos ecosistemas costeros.
- Las mayores densidades de esporas de *Clostridium perfringens* en los sedimentos se presentan en las zonas portuarias de los ríos Haina y Ozama.
- La presencia de metales pesados en los sedimentos recientes de la zona, permite determinar que la misma se encuentra influida negativamente, comprometiendo su calidad ambiental.
- La presencia de compuestos organoclorados en las aguas superficiales del litoral de Santo Domingo aunque en muy bajas concentraciones, demuestra que existe influencia de estas sustancias en el medio.
- El litoral de Santo Domingo presenta de forma general una ligera contaminación por hidrocarburos del petróleo en sus aguas superficiales y los sedimentos, resultando mucho más significativa en la zona estuarina de los ríos, y en particular el Río Ozama.
- Se observa en la zona costera ubicada entre la refinería de petróleo y la termoeléctrica, una tendencia a mayores niveles de contaminación por petróleo, al parecer influida por las emisiones de estas fuentes.
- El estudio de las comunidades del plancton demostró que existe una afectación moderada del área debido a los procesos de contaminación, reflejando las diferencias por zonas: la zona costera con influencia de los emisarios de aguas residuales domésticas e industriales y las zonas estuarinas de los ríos Ozama y Haina, esta última muy diferente a las anteriores.
- De acuerdo con la concentración del fitoplancton, el área de estudio se clasifica de mesotrófica a eutrófica. Los valores mayores se localizan en las desembocaduras de los ríos Ozama y Haina respectivamente.
- La composición por grupos del fitoplancton ofrece una predominancia absoluta de microflagelados, seguidos por las diatomeas. Se destaca la presencia de la diatomea *Pseudonitzschia spp.* en toda el área, ya que es tóxica.
- El zooplancton presentó bajas concentraciones especialmente en las estaciones cercanas a la desembocadura del Río Ozama. La mayor abundancia ocurrió en la desembocadura del Río Haina.

### 3.3.3 Caracterización de las Fuentes Contaminantes.

Para la caracterización de las fuentes contaminantes se realizaron tres campañas de campo y la valoración individual de un grupo de fuentes.

La primera campaña denominada preliminar, fue realizada en agosto de 1994 y sus objetivos fundamentales fueron servir de entrenamiento al personal técnico en las actividades de toma de muestras y mediciones de caudales, así como definir los requerimientos necesarios para los trabajos de las próximas campañas.

La segunda campaña fue realizada en mayo de 1995, donde fueron caracterizadas un importante grupo de fuentes contaminantes. Durante 1996, INDOTEC caracterizó de forma individual, las industrias que quedaron pendientes y repitió algunas de las ya evaluadas.

La tercera y última campaña fue realizada el mes de agosto de 1997 y tuvo como objetivo la caracterización de los ríos Ozama-Isabela y Haina.

## METODOLOGIAS.

### Industrias.

De acuerdo al inventario de industrias realizado previamente, fueron seleccionadas el grupo de instalaciones con mayor incidencia en la contaminación del medio ambiente. Estas fueron:

- |   |                           |
|---|---------------------------|
| 1 Fábrica de cemento.                         | 12 Colgate-Palmolive.     |
| 2 Asbesto cemento.                            | 13 Levapan.               |
| 3 Industria de papel.                         | 14 Magnacheros.           |
| 4 Oxígeno Dominicano.                         | 15 Destilería Barceló.    |
| 5 Industria Textil                            | 16 Fábrica de clavos.     |
| 6 Matadero Avícola Mora.                      | 17 Ingenio San Luis.      |
| 7 Ingenio Haina                               | 18 Cañada Guajimía.       |
| 8 Cervecería Presidente.                      | 19 Cañada La Zurza.       |
| 9 Cervecería Bohemia.                         | 20 Refinería de Petróleo  |
| 10 Tenería FA-2.                              | 21 Industria Lavador.     |
| 11 Sociedad Industrial Dominicana (Manicera). | 22 Planta Termoeléctrica. |

En el desarrollo de este trabajo, serían incorporadas otras instalaciones, teniendo en cuenta sus aportes contaminantes y serían eliminadas algunas de las previamente seleccionadas que tuvieran poca incidencia en la contaminación. Estas fuentes serían evaluadas durante todo el periodo de estudio.

Dado el carácter privado de la mayor parte de estas empresas, fue difícil el acceso a las mismas durante las dos primeras campañas de trabajo, situación que se resolvió posteriormente con la intervención de la Marina de Guerra, designada por Decreto Presidencial como rectora de la actividad de protección del medio ambiente.

Las cañadas La Zurza y Guajimía aunque no son propiamente industrias, fueron consideradas como tales, teniendo en cuenta el gran número de instalaciones industriales (alrededor de 57) que descargan sus residuales a las mismas.

## Trabajos de campo.

Para facilitar los trabajos de caracterización de fuentes en cada empresa se cubrieron cuestionarios preparados para este fin, con la participación del personal técnico de las industrias, los cuales facilitaron la información básica de ubicación, actividad que realiza, volumen de producción, materias primas, productos químicos, consumo de agua, volumen de residuales producidos, sistemas de tratamientos de residuales, turnos de trabajo, cantidad de trabajadores, flujos de producción, redes hidráulicas, sanitarias, etc.

Con esta información preliminar se planificaron las campañas de caracterización, donde se definieron los horarios de trabajo, el tipo y frecuencia de la toma de muestra, las estaciones de aforo y toma de muestras, los principales parámetros analíticos a evaluar, las principales descargas y el cuerpo receptor.

Los programas de muestreo fueron confeccionados tomando en consideración un número mínimo de muestras y determinaciones que fueran representativas de los aportes de contaminantes de cada fuente. En todos los casos esto no se cumplió, ya que algunas fuentes solo se caracterizaron una o dos veces.

Las muestras en general fueron tomadas con una frecuencia de 2 a 6 horas, de acuerdo a las características de los procesos productivos y turnos de trabajo. En las principales industrias se realizaron de 3 a 5 campañas de caracterización.

Las muestras fueron tomadas al azar (puntuales) y compuestas, de acuerdo a la variabilidad del residual, y preservadas para la determinación de algunas variables [53]. Las restantes variables fueron evaluadas in-situ (temperatura y pH). Los caudales fueron determinados, tomando en cuenta las características de las redes sanitarias. Las muestras fueron colectadas en frascos plásticos o de vidrio de acuerdo a las características de los parámetros a evaluar. Las técnicas analíticas usadas son las recomendadas por la bibliografía internacional, que aparecen en el Standard Methods [15].

En las Tablas 3.24 y 3.25 se muestran los muestreos y aforos aplicados a las industrias seleccionadas.

**Tabla 3.24: Parámetros evaluados y tipo de aforo utilizados en las principales industrias alimenticias.**

Industrias Alimenticias	Parámetros evaluados	Frecuencia		Campañas realizadas	Tipos de aforo
		Ciclos	Horas		
Ingenio Haina	DBO, DQO, ST, SST, Ss, SDT, G, pH, T	6	24	3	F, C
Ingenio San Luis	DBO, DQO, ST, SST, Ss, SDT, G, pH, T	6	24	4	F, C
Cervecería Bohemia	DBO, DQO, ST, SST, Ss, SDT, G, pH, T	6	24	2	Ra, C
La Manicera	DBO, DQO, ST, SST, Ss, SDT, G, pH, T	4	24	2	F, C
Pollo Cibao	DBO, DQO, ST, SST, Ss, SDT, G, pH, T	2	8	2	F, Vc
Destilería Barceló	DBO, DQO, ST, SST, Ss, SDT, G, pH, T, Cf, Ct	6	24	5	F, C
Cervecería Presidente	DBO, DQO, ST, SST, Ss, SDT, G, pH, T, Cf, Ct	6	24	5	F, C
Levapan	DBO, DQO, ST, SST, Ss, SDT, G, pH, T	4	24	2	Vc
Agro Delta	DBO, DQO, ST, SST, Ss, SDT, G, pH, T, Cf, Ct	4	16	2	
Cañada Guajimía	DBO, DQO, ST, SST, Ss, SDT, G, pH, T, Cf, Ct	6	24	3	F, C
Cañada La Zurza	DBO, DQO, ST, SST, Ss, SDT, G, pH, T, Cf, Ct	6	24	5	F, C

**DBO:** Demanda Bioquímica de Oxígeno

**DQD:** Demanda Química de Oxígeno.

**ST:** Sólidos Totales.

**SST:** Sólidos Suspendidos Totales

**Ss:** Sólidos Sedimentables.

**SDT:** Sólidos Disueltos Totales

**T:** Temperatura.

**Cf:** Coliformes Fecales.

**Ct:** Coliformes Totales.

**G:** Grasas

**F:** Flotador.

**C:** Colorante.

**Vc:** Vasija calibrada.

**Ra:** Registrador automático.

**Tabla 3.25: Parámetros evaluados y tipo de aforo utilizados en las principales industrias químicas.**

Industrias Químicas	Parámetros evaluados	Frecuencia		Campañas realizadas	Tipos de aforo
		Ciclos	Horas		
Colgate-Palmolive	DBO, DQO, pH, G, Ss, T	6	24	1	F
Oxígeno Dominicano	DQO, ST, SDT, Ph, T	6	24	1	F, Vc
Induspapel	DQO, Ss, pH, T	6	24	1	F, C
Industrias Nacionales (INCA)	DQO, G, ST, SDT, SST, Ss, pH, T, Cr, Fe, Pb, Cu, Zn	4	24	1	F, Vc
Refinería de petróleo	DBO, DQO, G, H/C, ST, SST, Ss, F, pH, T	6	24	5	Pr, F, C
DOMINIT	DQO, ST, SDT, pH, T	6	24	2	F, C
Fábrica de Cemento	Paralizada durante las campañas de muestreo	-	-	-	-

**DBO:** Demanda Bioquímica de Oxígeno

**DQD:** Demanda Química de Oxígeno.

**ST:** Sólidos Totales.

**SST:** Sólidos Suspendidos Totales

**Ss:** Sólidos Sedimentables.

**SDT:** Sólidos Disueltos Totales

**T:** Temperatura.

**Cf:** Coliformes Fecales.

**Ct:** Coliformes Totales.

**G:** Grasas.

**H/C:** Hidrocarburos.

**Cr:** Cromo

**Fe:** Hierro

**Pb:** Plomo

**Cu:** Cobre

**Zn:** Zinc

**F:** Fenoles

**F:** Flotador.

**C:** Colorante.

**Vc:** Vasija calibrada.

**Ra:** Registrador automático.

En el siguiente cuadro aparecen un grupo de instalaciones, a las cuales le fueron evaluados algunos parámetros físico-químicos. Esta información fue suministrada por la Oficina de Saneamiento Ecológico.

### VIERTEN AL RIO OZAMA

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>● Star Products</li> <li>● Warner Chilcott</li> <li>● Dominit</li> <li>● Textil Puig.</li> <li>● Matadero Don Lolo</li> <li>● Granja Joselyn.</li> <li>● Cortes y Hermanos.</li> <li>● Matadero Tablejeros</li> <li>● Matadero Las Minas</li> <li>● Matadero Taveras.</li> <li>● Productora Quisqueyana</li> <li>● Pollo Cibao</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Embutidos Sabrosos.</li> <li>● Sociedad industrial .La Manicera.</li> <li>● Manufactura Textil.</li> <li>● Industria del papel SIDA</li> <li>● Textil M. González.</li> <li>● Cartonera Hernández</li> <li>● Plaza del jeans.</li> <li>● Cosmético Tropical.</li> <li>● Colgate-Palmolive.</li> <li>● Industrias Nacionales.</li> <li>● Oxígeno Dominicano</li> <li>● Cerinca CxA.</li> </ul> |
|--|--|

### VIERTEN AL RIO HAINA

- |   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>● Agro Delta.</li> <li>● Industrias Lavador.</li> <li>● Cervecería Bohemia.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Helados Bon.</li> <li>● Acero en general.</li> <li>● Avícola Almíbar.</li> </ul> |
|---|---|

### Trabajo de Laboratorio.

Todos los análisis de las muestras fueron realizadas en los laboratorios del Instituto Dominicano de Tecnología Industrial. Las técnicas analíticas empleadas aparecen en el **Standard Methods** [15].

### Alcantarillas.

Después de analizar el plano del sistema de alcantarillado de la ciudad de Santo Domingo, se decidió comenzar el trabajo de caracterización con los registros que tuvieran un diámetro superior a las 20 pulgadas, así como un grupo de cañadas importantes que descargan a los ríos Ozama-Isabela y Haina.

Durante la primera campaña fueron seleccionados 6 puntos de descarga, de ellos 4 descargan a la zona litoral y 2 al Río Ozama; en recorridos por el área de estudio se seleccionaron otros puntos importantes que fueron incorporados para su evaluación. En el siguiente cuadro se muestran los puntos seleccionados:

DESCARGAS AL LITORAL	
• Estación San Gabriel.	• Estación Metaldón
• Estación San Gerónimo	• Estación Cervecería Presidente
DESCARGAS AL RIO OZAMA	
• Estación Francisco del Rosario Sánchez.	• Estación El Farolito.
OTRAS ALCANTARILLAS SELECCIONADAS	
• La Goya	• Hoyo Chulín
• Bonabides	• Cañada La Zurza
• Zoológico	• Cañada Guajimía

Las cañadas La Zurza, Guajimía y la alcantarilla de la cervecería Presidente fueron analizadas dentro del grupo de las fuentes industriales, debido a que estas transportan fundamentalmente residuales de origen industrial.

### Trabajo de campo.

Antes de iniciar los trabajos de caracterización en las alcantarillas seleccionadas, fue necesario recorrer las zonas donde se encontraban las conductoras, para determinar los posibles puntos donde serían situadas las estaciones de aforo y toma de muestras, observar el acceso a las mismas, verificar y limpiar las tapas de los registros, determinar los lugares donde existiera menor tráfico de vehículos automotores, determinar las profundidades de las alcantarillas, familiarizar a la brigada y técnicos de alcantarillado en los trabajos a realizar y preparar todos los medios y recursos necesarios para la toma de muestras y mediciones de caudales.

En este trabajo preparatorio también se analizaron las industrias, que de acuerdo a las líneas del trazado de las redes del alcantarillado pudieran estar conectadas a los mismos. Fueron inspeccionados los colectores de aguas pluviales para conocer si existían conexiones clandestinas de aguas negras o de residuales industriales.

Con estas informaciones se diseñaron las campañas de muestreos. Se determinaron los horarios, el tipo y frecuencia de la toma de muestras y aforos, y los parámetros físico-químicos a analizar. Las muestras fueron tomadas con una frecuencia de 6 horas, en un ciclo de 24 horas. Se realizaron 3 campañas y en cada una generalmente se evaluaron las alcantarillas en 2 ocasiones. Las estaciones José Gabriel García y Metaldón fueron eliminadas posteriormente por presentar caudales y concentraciones muy pequeñas.

Las muestras fueron tomadas al azar (puntuales), compuestas y preservadas [53]. Los caudales fueron determinados tomando en cuenta las formas de los conductos de las redes sanitarias. Las muestras fueron colectadas en frascos de vidrio o plásticos de acuerdo a los parámetros a evaluar. Las técnicas analíticas usadas son las recomendadas por el Standard Methods [15]. En la Tabla 3.26 aparecen los puntos y tipos de muestreo, así como los aforos aplicados a cada alcantarilla.

**Tabla 3.26: Muestreos y aforo de las principales alcantarillas.**

ALCANTARILLAS	Parámetros Evaluados	Tipos de aforo
<b>I. Al litoral</b>		
San Gabriel	DBO, pH, DQO, G, C	F, C
METALDON	DBO, pH, DQO, G, C	C
San Gerónimo	DBO, pH, DQO, G, C, SST, SD,ST	F, C
<b>II. RIO OZAMA – ISABELA</b>		
Francisco Sánchez	DBO, pH, DQO, G, C, SST, SD,ST	F, C
El Farolito	DBO, pH, DQO, G, C, SST, SD,ST	F, C
Bonabides	DBO, pH, DQO, G, C, SST, SD,ST	F, C
Hoyo Chulín	DBO, pH, DQO, G, C, SST, SD,ST	F, C
Zoológico	DBO, pH, DQO, G, C, SST, SD,ST	F, C
La Goya	DBO, pH, DQO, G, C, SST, SD,ST	F

DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno  
 DQO: Demanda Química de Oxígeno  
 ST: Sólidos Totales.  
 SST: Sólidos Suspendidos Totales

G: Grasas.  
 SD: Sólidos disueltos  
 C: Coliformes .

F: Flotador.  
 C: Colorante.

### Trabajo de laboratorio.

Los análisis de las muestras fueron realizados en los laboratorios de la Corporación de Acueductos y Alcantarillado de Santo Domingo (CAASD) y por el Instituto Dominicano de Tecnología Industrial (INDOTEC).

### Ríos.

Los ríos Ozama-Isabela y Haina fueron evaluados como fuentes puntuales a la zona litoral, debido a que las principales cargas que llegan a esta zona, proceden de los dos ríos.

Para determinar las estaciones de toma de muestras y aforo, se realizaron recorridos en barco por cada río. Esto permitió determinar los puntos donde se realizan las descargas importantes, tanto industriales como de aguas negras. Estos puntos fueron ubicados en un mapa, lo que permitió la determinación de las estaciones de trabajo, los horarios, tipos y frecuencias de la toma de muestras y aforos, los parámetros fisico-químicos y biológicos a analizar. Las muestras fueron tomadas con una frecuencia aproximada de 6 horas [53].

Las muestras para las determinaciones de los parámetros fisico-químicos y biológicos (DBO<sub>5</sub>, DQO, sólidos, nutrientes, metales pesados y otros fueron tomadas al azar (puntuales) y preservadas según referencias internacionales [15][54][55][64]. El resto de las determinaciones (salinidad, oxígeno disuelto conductividad, pH y temperatura) fueron realizados in-situ.

Los objetivos de este trabajo fueron: definir la variabilidad espacial y temporal de la calidad del agua y su relación con las descargas urbanas de la ciudad, determinar la influencia de las mareas y antropogénica sobre la misma, establecer el nivel actual de contaminación tanto orgánica como

inorgánica, determinar la contaminación producida por los sedimentos (metales pesados, microorganismos y otros ) en la zona estuarina de los ríos Ozama-Isabela y Haina.

### **Trabajo de campo.**

De acuerdo al programa inicial de trabajo se debían realizar 6 campañas en cada río, 3 en época de seca y otras 3 en época de lluvias. Cada etapa de trabajo sería de 24 horas, con colectas de muestras cada 6 horas. En la cuenca del Río Ozama-Isabela se escogieron 6 estaciones de monitoreo, 2 en la parte recta del Río Ozama (zona estuarina) y otras 2 en cada uno de los afluentes. El Río Haina tendría el mismo régimen de trabajo, pero solo contaría con 4 estaciones de monitoreo.

Debido a dificultades logísticas se realizaron sólo 4 campañas, que fueron en 1994, 1995, 1996 y 1997. En todas las campañas no fue posible desarrollar el régimen de trabajo inicialmente previsto [54].

En la primera campaña (1994), sólo fueron valorados conductividad eléctrica y oxígeno disuelto, en el resto de las campañas fueron valorados además: materia orgánica, sólidos, metales pesados, nutrientes, coliformes fecales y totales.

Los caudales fueron determinados estableciendo un falso fondo; es decir, se consideró la columna de agua dulce hasta la zona de mezcla con las aguas oceánicas; esto permitió determinar la franja de agua dulce y con el empleo de un correntómetro, se realizaron las mediciones de velocidades de las corrientes de ambos ríos [15] [53].

Para las determinaciones de pH, conductividad eléctrica (CE), oxígeno disuelto (OD), porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (OD % Sat.), temperatura, redox y salinidad se empleó un Monitor HYDROLAB SCOUT 2, que posee un Transmisor Básico (H20 BT), con sensores de Oxígeno Disuelto (H20 OX), pH (H20 pH), Redox (H20 RDX) y Conductividad Especifica y Profundidad (H20 DEP) [16][17][18]. Las extracciones de sedimentos fueron realizadas con un muestreador Van Veen. [16]. Las velocidades fueron determinadas con un medidor de flujos.

Las muestras de agua fueron colectadas en frascos plásticos o de vidrio, de acuerdo a los parámetros a evaluar y las de sedimentos en fundas plásticas. Las técnicas empleadas aparecen en el Standard Methods y el manual del Monitor Hydrolab Scout 2 [53][54]. En la Tabla 3.27, aparecen los puntos de muestreos y aforos realizados en los ríos Ozama y Haina.

**Tabla 3.27. Estaciones de muestreo en los ríos Ozama y Haina.**

Estación	Número de campañas	Métodos de aforo
<b>• Río Isabela</b>		
• Fábrica Club Gruta	4	con correntómetro en tres puntos
• Puente Peinado	4	
• Hoyo Chulín	4	
<b>• Río Ozama</b>		
• Puente C. de Gaulle	3	con correntómetro en tres puntos
• Sabana Perdida	4	
• Puente Sánchez	4	
• Puente Duarte	4	
• Alcázar	4	
<b>• Río Haina</b>		
• Grúa SEALAND	3	con correntómetro en tres puntos
• Club Náutico	3	
• Puente San Cristóbal	3	
• Tres Antenas	3	

### **Análisis de Laboratorio.**

Fueron realizados en el Instituto Dominicano de Tecnología Industrial (INDOTEC), el Instituto Dominicano de Recursos Hidráulicos (INDRHI), la Corporación de Acueductos y Alcantarillado de Santo Domingo (CAASD), el Instituto Nacional de Acueductos y Aguas Potables (INAPA), el Instituto de Física de la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD) y el Laboratorio Nacional de Salud Pública [15].

En las estaciones de los ríos Ozama-Isabela y Haina fueron evaluados los parámetros conductividad eléctrica, pH, oxígeno disuelto, % de saturación de oxígeno disuelto, temperatura, redox, salinidad, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, sólidos suspendidos, sólidos suspendidos totales, grasas, hidrocarburos, sulfato, cromo, manganeso, níquel, cobre, zinc, plomo, cadmio, y nutrientes ( nitrito, nitrato y fosfato, excepto en las estaciones del Haina), coliformes fecales y totales, y clostridium perfringens (en las estaciones próximas a las desembocadura de ambos ríos).

### **RESULTADOS Y DISCUSION.**

#### **Industrias.**

La tabla 3.28 refleja las concentraciones medias de los parámetros más importantes evaluados en las industrias caracterizadas. El comportamiento de las cargas promedios es similar al encontrado en los tres años de trabajo. La tabla 1 del Anexo 2 es el resumen del trabajo realizado en los tres años de caracterización, donde aparecen las concentraciones medias anuales

Los datos de los parámetros físico-químicos de las fuentes evaluadas por la Oficina de Saneamiento Ecológico aparecen en la tabla 2 del Anexo 2.

En las tablas 2 y 3 del Anexo 2 aparecen valores de algunos parámetros evaluados en 1985 en los colectores de la cañada La Zurza, y el efecto de esta cañada sobre el Río Ozama.

La tabla 3.29 y 4 del Anexo 2 reflejan las cargas promedios aportadas por cada una de las fuentes y cargas evaluadas en las industrias en los tres años de trabajo

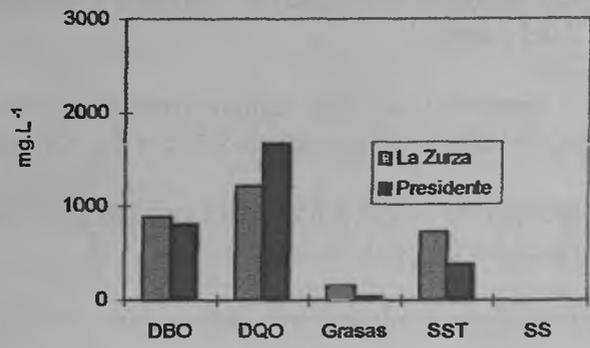
En la tabla 5 del Anexo 2 aparecen algunos valores estimados de aportes de cargas contaminantes de un grupo de industrias [6].

En la Tabla 1 del Anexo 2 se puede observar que las mayores concentraciones de materia orgánica expresados como  $\text{DBO}_5$ , proceden de la destilería Barceló con un valor promedio de  $2848 \text{ mg.L}^{-1}$  y de la cañada La Zurza con  $1170 \text{ mg.L}^{-1}$  en el canal izquierdo. Los mayores valores de grasas proceden de la cañada La Zurza con valores de  $252 \text{ mg.L}^{-1}$ ; estas grasas provienen principalmente de la refinadora de aceites comestibles de la Manicera.[56][57].

Se observa que en 1995 también la destilería es la que presenta las mayores concentraciones de materia orgánica expresados como  $\text{DBO}_5$  ( $6735 \text{ mg.L}^{-1}$ ) así como otros importantes aportes de la Manicera, ingenio Ozama y el canal izquierdo de La Zurza con  $1477 \text{ mg.L}^{-1}$ ,  $1322 \text{ mg.L}^{-1}$  y  $1200 \text{ mg.L}^{-1}$ , respectivamente. La cañada La Zurza en esta etapa también presenta los mayores valores de grasas con  $246 \text{ mg.L}^{-1}$ , similar a la del año anterior ( $252 \text{ mg.L}^{-1}$ ). Las mayores concentraciones de materia suspendida proceden del ingenio Ozama y de la destilería con  $4056 \text{ mg.L}^{-1}$  y  $1647 \text{ mg.L}^{-1}$  respectivamente.

En 1996, la destilería continua siendo la fuente de mayores concentraciones de materia orgánica en términos de  $\text{DBO}_5$  ( $9328 \text{ mg.L}^{-1}$ ). Otras concentraciones elevadas también presentan el ingenio Haina ( $6305 \text{ mg.L}^{-1}$ ), el matadero Pollo Cibao con  $2864 \text{ mg.L}^{-1}$ , La Zurza ( $1797 \text{ mg.L}^{-1}$ ), Levapan ( $1552 \text{ mg.L}^{-1}$ ) y la cervecería Presidente ( $797 \text{ mg.L}^{-1}$ ). Con relación a las grasas, las mayores concentraciones proceden de la Manicera con  $600 \text{ mg.L}^{-1}$ , Pollo Cibao con  $491 \text{ mg.L}^{-1}$  y la cañada La Zurza ( $267 \text{ mg.L}^{-1}$ ). Los principales fuentes que presentan las concentraciones más elevadas de materia en suspensión son Oxígeno Dominicano y el ingenio Haina con  $10\,914 \text{ mg.L}^{-1}$  y  $9\,310 \text{ mg.L}^{-1}$  respectivamente. Otras instalaciones que presentan altas concentraciones son el ingenio Ozama ( $3353 \text{ mg.L}^{-1}$ ), La Zurza ( $2400 \text{ mg.L}^{-1}$ ) y Pollo Cibao ( $2338 \text{ mg.L}^{-1}$ ) [57].

En el año 1996 fue desactivado el proceso de destilación de la fábrica Barceló, disminuyendo significativamente sus aportes de materia orgánica al Río Ozama. Las concentraciones de la cañada La Zurza y de la alcantarilla de la cervecería Presidente presentan valores similares (Fig. 3.23).



**Figura 3.23** Concentraciones de parámetros evaluados de la cañada La Zurza y la alcantarilla de la cervecería Presidente.

Al comparar las concentraciones promedio de DBO<sub>5</sub>, DQO, SS, cobre y cromo obtenidos en 1985, los cuales aparecen en la tabla 3 del Anexo 2 (12), en la cañada La Zurza se observa que los niveles de DBO<sub>5</sub> (555 mg.L<sup>-1</sup>) y cromo(0,8 mg.L<sup>-1</sup>) son menores que los encontrados en 1994-1996, pero los de DQO (11973 mg.L<sup>-1</sup>) y sólidos en suspensión (4254 mg.L<sup>-1</sup>) son superiores a los de esta etapa de estudio.

Con relación a los sólidos sedimentables, se observa que las principales concentraciones proceden de INDUSPAPEL (72.4 mg.L<sup>-1</sup>), Oxígeno Dominicano (56.1 mg.L<sup>-1</sup>) y el ingenio Ozama con 34,1 mg.L<sup>-1</sup>. Existe un grupo elevado de industrias que generan importantes cantidades de materia sedimentable, que no fueron evaluadas en esta etapa de trabajo.

**Tabla 3.28:** Concentraciones medias de parámetros evaluados en las industrias entre 1994 y 1996 (mg.L<sup>-1</sup>).

Fuente	DBO	DQO	Grasas	SST	SSed	Flujo (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )
Ingenio Ozama	1256	6632	38	4056	34	0.164
Ingenio Haina	6306	-	-	-	-	0.144
Cervecería Presidente	471	953	16	376	2	0.329
• Planta	797	1668	-	-	-	0.072
• Botellería	310	80	-	-	-	0.067
Destilería Barceló	6304	6415	6	1647	4	0.072
Cervecería Bohemia <sup>(1)</sup>	52	363	-	-	-	0.065
La Manicera						
• Planta trat. Fábrica aceite	1072	2351	119	443	4	0.018
• Planta de jabón	687	2825	600	676	1	0.041
Matadero Pollo Cibao	2864	12136	491	2328	2	0.026
Levapan	1553	2346	-	1556	2	-
Agro Delta	307	979	75	327	-	-
Cañada La Zurza						
• Canal Izquierdo	1389	1718	255	1379	5	0.298
• Canal Derecho	377	711	32	202	3	0.166
Cañada Guajimía	137	102	212	11	217	0.137
Colgate-Palmolive <sup>(1)</sup>	146	1558	9	-	-	0.006
Oxígeno Dominicano	-	664	-	10915	56	-
INDUSPAPEL	-	457	-	-	74	0.003
Industrias Nacionales (INCA)	-	331	74	405	0	0.008
DOMINIT	-	115	-	620	12	0.002
Refinería de Petróleo	102	215	21	47	-	0.011

**(1) A la salida de la planta de tratamiento.**

La tabla 2 del Anexo 2 presenta los valores de concentraciones medias de un grupo de instalaciones. Estos datos fueron facilitados por la Oficina de Saneamiento Ecológico ; en la misma se observa un grupo numeroso de fuentes que tienen valores elevados de materia orgánica expresados como DBO<sub>5</sub> y también de sólidos sedimentables. La mayor parte de estas instalaciones no fueron evaluadas por el proyecto.

En la tabla 3. Del Anexo 2, están reportados los resultados de los principales parámetros analíticos evaluados en la cañada la Zurza en 1985 [58][59]. Se puede observar los altos valores de materia orgánica, sólidos, metales, así como ausencia de oxígeno disuelto. En la tabla 4 del Anexo 2, aparece el efecto causado al Río Ozama por esos vertimientos en tres estaciones diferentes. A gran distancia de la descarga se puede apreciar su incidencia.

Los resultados obtenidos de la incidencia de la Cañada La Zurza en 1985 sobre el Río Ozama será tratado más ampliamente en la evaluación de los ríos.

**Tabla 3.29: Cargas contaminantes promedios aportadas por las principales fuentes (kg.día<sup>-1</sup>).**

Fuente	Flujo (m <sup>3</sup> .día <sup>-1</sup> )	DBO	DQO	Grasas	SST	SSed.
<b>• Río Ozama</b>						
Ingenio Ozama	6145	8112	37757	105	24657	326
Destilería Barceló	5943	36282	59943	93	8561	13
La Manicera	1909	2039	4735	397	928	3
Matadero Pollo Cibao	740	2119	8980	363	1722	12
Cañada La Zurza	43531	41506	71845	7043	64266	165
Colgate-Palmolive	531	75	897	5	-	-
Industrias Nacionales ( INCA )	685	-	227	51	228	0
DOMINIT	142	-	16	-	88	2
<b>• Río Haina</b>						
INDUSPAPEL	2316	1057	1057	-	-	172
Cervecería Bohemia	5625	290	1817	-	2043	33
Cañada Guajimía	15742	898	3118	97	3090	-
Oxígeno Dominicano	20	-	13	-	219	1
<b>• Al litoral</b>						
Cervecería Presidente	22281	5222	21851	497	6316	20
Refinería de Petróleo <sup>(1)</sup>	1066	75	221	23	50	-
Ingenio Haina	12485	78725	-	-	116235	-

**(1) La refinería aporta una carga promedio de H/C de 32.5 kg.día<sup>-1</sup> y de Fenoles de 0.22 kg.día<sup>-1</sup>.**

En la Tabla 3.29 y en la Tabla 5 del Anexo 2 se puede observar que durante el período de estudio los mayores valores de carga orgánica (DBO<sub>5</sub>) proceden de los ingenios azucareros, la destilería y la cañada La Zurza. La destilería Barceló, la cervecería Presidente y la cañada La Zurza son los que más inciden, ya que sus aportes son permanentes durante todo el año, no así los ingenios que trabajan 3-4 meses en el año, que es el período que dura la zafra azucarera. Los valores de cargas de la destilería y la Zurza son de 41 506 kg.día<sup>-1</sup> y 36 282 kg.día<sup>-1</sup>, respectivamente. Actualmente la

destilería no constituye una fuente importante de contaminación, ya que fue desactivada su torre de destilación

Con relación a las grasas, la cañada La Zurza también es la fuente más importante, ya que aporta 7043 kg.día<sup>-1</sup>. La Manicera descargaba un aproximado de 5000-7000 kg.día<sup>-1</sup> antes de ser construida la planta de tratamiento de residuales en la refinadora de aceite. Otra fuente importante en aportes de grasas es el matadero Pollo Cibao con 363 kg.día<sup>-1</sup>.

Las principales industrias que inciden en las descargas de materia en suspensión son los ingenios azucareros (Haina 116235 kg.día<sup>-1</sup> y Ozama 24657 kg.día<sup>-1</sup>), la Zurza (64266 kg.día<sup>-1</sup>), y en menor escala las industrias de materiales de la construcción y las papeleras (Fig. 3.24).

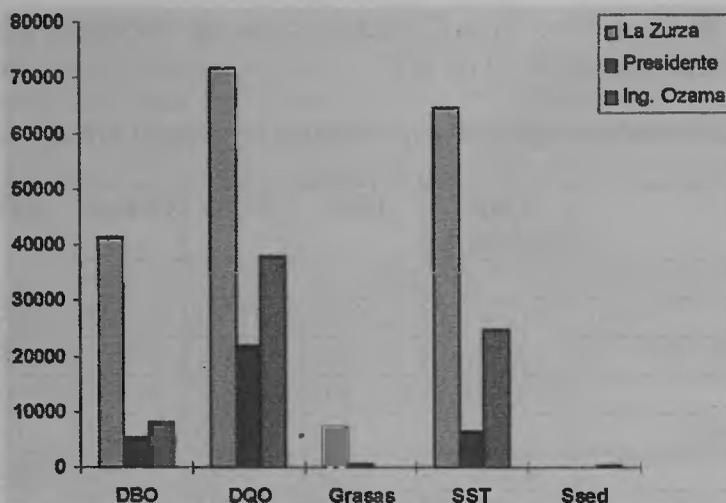


Figura 3.24 Aportes de cargas contaminantes de la cañada La Zurza la cervecería Presidente y el ingenio Ozama.

Se puede concluir que la cañada La Zurza es la principal fuente de aportes de materia orgánica contaminante. También tienen gran incidencia los ingenios azucareros y en menor grado la cervecería Presidente.

La refinería de petróleo no presenta aportes significativos de descarga de contaminantes al medio ambiente. Sus sistemas de tratamiento para las aguas oleosas funcionan satisfactoriamente. Las concentraciones son bajas y su aporte de carga contaminante también es pequeña

En la tabla 6 del Anexo 2, aparecen reflejadas las cargas contaminantes estimadas en 1991 [6]. Se puede observar que los aportes de cargas en términos de DBO<sub>5</sub> de las industrias excepto los de Colgate - Palmolive, Industrias del papel y la Manicera son elevados. No se comparan estos resultados con los obtenidos en el Proyecto, por estar expresados en otras unidades de carga y no especificar el tiempo de trabajo asumido.

En la Tabla 7 del Anexo 2, están reflejadas las concentraciones de evaluados en las alcantarillas en 1994, 1995 y 1996 [19][20].

Se reportan las concentraciones de los principales parámetros evaluados en las alcantarillas en cada campaña así como los valores promedios. Se puede observar que los mayores valores de concentración de materia orgánica expresados como  $DBO_5$  en 1994 son aportadas por el Hoyo Chulín, el Zoológico y el Farolito. El aporte de grasas se comportó de la misma manera, siendo estas tres mismas alcantarillas las responsables de estos aportes.

Con relación a los volúmenes de residuales, San Gerónimo es el que más aporta. Esta alcantarilla es la de mayor caudal en la Ciudad.

Los resultados de los parámetros evaluados en la campaña de 1995, se puede apreciar que las mayores concentraciones de materia orgánica expresadas como  $DBO_5$  son generadas también por el Hoyo Chulín, la Goya y la Ciénaga. Las mayores concentraciones de materia en suspensión proceden de la Goya, la Ciénaga y Bonabides. Los mayores caudales proceden de San Gerónimo y Bonabides.

Los resultados de la tercera campaña muestran que las mayores concentraciones de materia orgánica en términos de  $DBO_5$  proceden de la Ciénaga, la cañada La Zurza, la Goya y el Farolito. Las mayores concentraciones de materia suspendida son aportadas por la Goya, la Ciénaga y la Zurza. Los principales volúmenes de residuales proceden de La Zurza, San Gerónimo y Bonabides.

Se puede observar que las alcantarillas Hoyo de Chulín, Ciénaga, la Goya y Bonabides son las que presentan los mayores valores de  $DBO_5$  y sólidos suspendidos y San Gerónimo y Bonabides los mayores caudales de aguas negras.

La Tabla 3.30, representa los valores medios de todo el estudio realizado en la caracterización de las alcantarillas. En esta se puede observar que existe un comportamiento similar a los resultados obtenidos en toda la campaña de trabajo.

Las concentraciones de coliformes fecales y totales en todas las alcantarillas fueron mayores a  $1.1 \times 10^7$  NMP.100mL<sup>-1</sup>

**Tabla 3.30: Concentraciones promedios de parámetros evaluados en las alcantarillas entre 1994 y 1996 (mg.L<sup>-1</sup>).**

Fuentes	DBO	DQO	Grasas	SS	Flujo m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>
<b>• Al litoral</b>					
San Gabriel	72	312	22	-	0.0015
Metaldón	33	201	12	-	0.0027
San Gerónimo	113	259	15	74	0.2292
<b>• Río Ozana-Isabela</b>					
Ciénaga	202	397	26	305	0.0342
El Farolito	185	515	17	180	0.0434
Bonabides	108	158	-	155	0.1884
Hoyo Chulín	228	371	20	134	0.0432
Zoológico	209	339	19	227	0.0271
La Goya	274	1680	-	1064	0.0262

En la Tabla 8 del Anexo 2 y Tabla 3.31, aparecen los aportes individuales anuales y el valor promedio de las cargas contaminantes aportadas por las alcantarillas evaluadas durante toda la etapa de trabajo.

**Tabla 3.31: Valores promedios de las principales cargas aportadas por las alcantarillas (kg.día<sup>-1</sup>).**

Fuentes	DBO	DQO	Grasas	SS	Flujo m <sup>3</sup> .día <sup>-1</sup>
<b>• Al litoral</b>					
San Gabriel	9	40	3	-	130
Metaldón	8	47	-	-	233
San Gerónimo	2632	5792	151	1544	19800
<b>• Al Río Ozana-Isabela</b>					
Ciénaga	629	899	36	1647	2952
El Farolito	974	3186	3	682	4336
Bonabides	1374	2222	-	412	12675
Hoyo Chulín	735	1004	24	597	3437
Zoológico	358	385	40	603	2345
La Goya	616	3385	-	2107	2258
La Zurza	11403	16666	-	10187	38226
<b>• Al Río Haina</b>					
Guajimía	2611	3480	-	3275	19267

Con relación a las cargas contaminantes, los valores de los principales parámetros que son indicadores de la misma aparecen los resultados de las cargas contaminantes obtenidas en 1994-1996 en la Tabla 8 del Anexo 2. En el resumen se puede observar que la alcantarilla San Gerónimo es la principal fuente de aportes de contaminantes, excepto en la generación de materia suspendida, que es superada por la Goya.

Otra alcantarilla que aporta grandes cantidades de materia orgánica, es la cañada Bonabides. En la Tabla 3.31, se puede apreciar los grandes volúmenes de residuales que aportan las alcantarillas San Gerónimo y Bonabides; así como los aportes de materia orgánica en términos de DBO<sub>5</sub> (Fig. 3.25).

Los aportes de grasa en todos los casos son pequeños (Fig. 3.26), siendo el más significativo el de San Gerónimo. La materia en suspensión tiene como principales aportes los de la Goya, la Ciénaga y San Gerónimo.

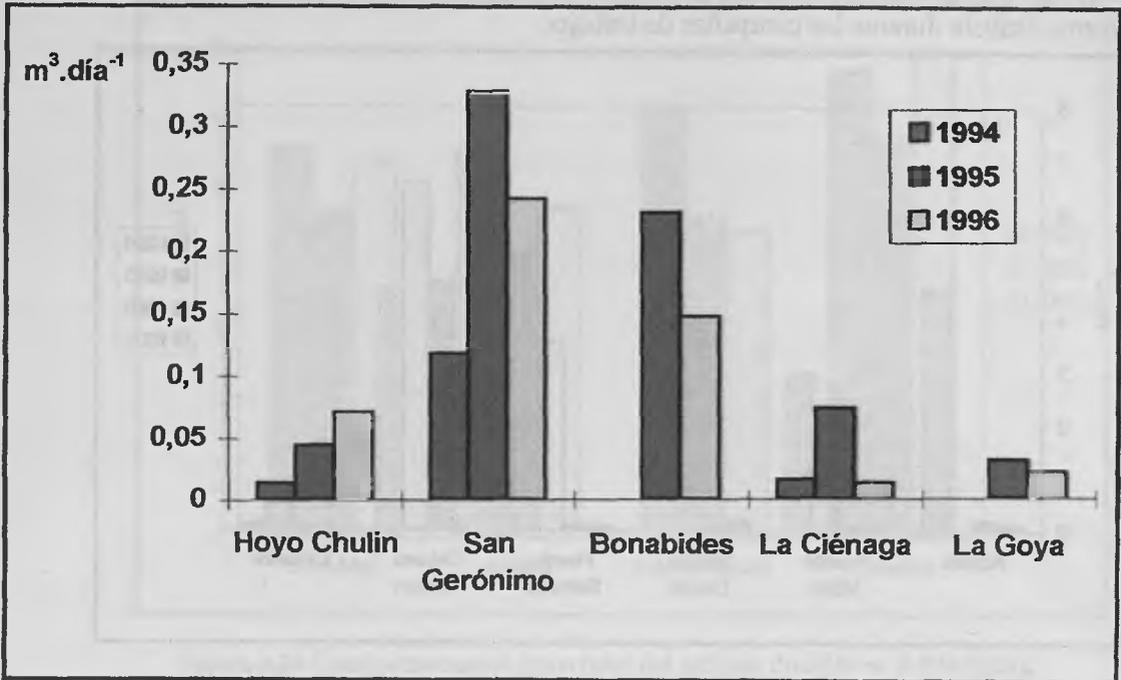


Figura 3.25 Caudales de residuales aportados por las principales alcantarillas

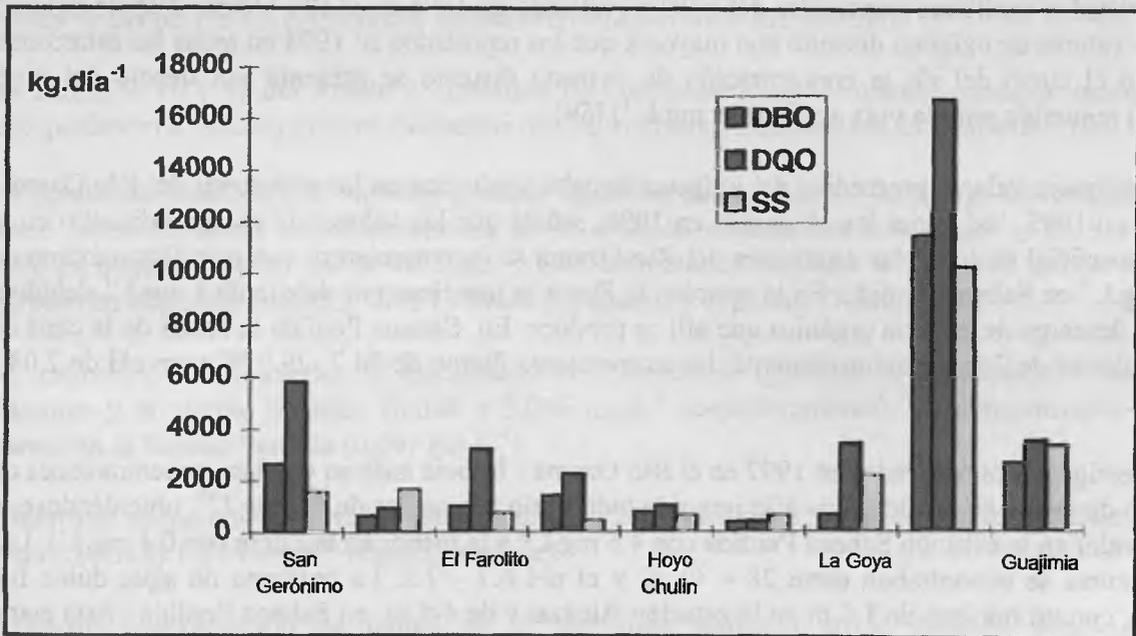
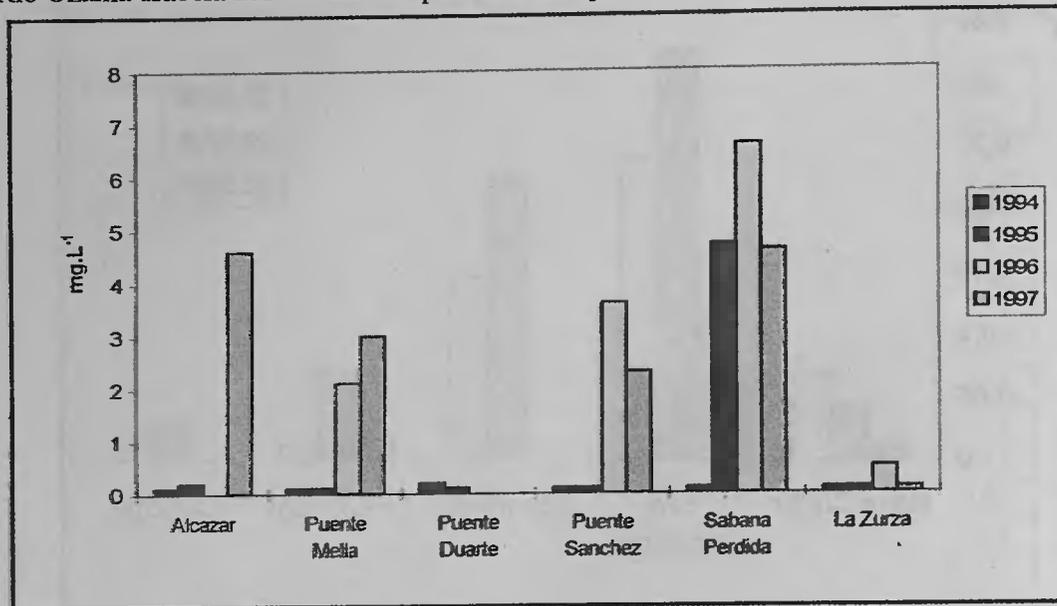


Figura 3.26 Cargas contaminantes aportadas por las principales alcantarillas.

## Ríos.

En la figura 3.27 se reflejan los valores promedios del oxígeno disuelto evaluado en las estaciones del Río Ozama-Isabela durante las campañas de trabajo.



**Figura 3.27 Comportamiento superficial del oxígeno disuelto en el Río Ozama.**

En la misma se observa que los principales valores de oxígeno disuelto en la capa de agua dulce y zona de mezcla, fueron menores a  $1 \text{ mg.L}^{-1}$ . En la zona inferior (aguas oceánicas), el valor máximo reportado fue de  $4.18 \text{ mg.L}^{-1}$ .

Los resultados analíticos principales del trabajo realizado en 1995 en el Río Ozama- Isabela muestra que los valores de oxígeno disuelto son mayores que los reportados en 1994 en todas las estaciones. En todo el curso del río la concentración de oxígeno disuelto se presentó por debajo del nivel mínimo requerido para la vida acuática ( $5 \text{ mg.L}^{-1}$ ) [59].

Los principales valores promedios del oxígeno disuelto evaluados en las estaciones del Río Ozama-Isabela en 1995, así como los obtenidos en 1996, señala que los valores de oxígeno disuelto en la capa superficial en todas las estaciones del Río Ozama se incrementaron; con un valor máximo de  $7.18 \text{ mg.L}^{-1}$  en Sabana Perdida. En la estación la Zurza se mantiene por debajo de  $1 \text{ mg.L}^{-1}$  debido a la gran descarga de materia orgánica que allí se produce. En Sabana Perdida la altura de la capa de agua dulce es de 2 m aproximadamente, las temperaturas fueron de  $24.7 - 29.9 \text{ }^\circ\text{C}$  y un pH de  $7.03 - 7.89$ .

Las investigaciones realizadas en 1997 en el Río Ozama - Isabela indican que las concentraciones de oxígeno disueltos en la superficie a lo largo de todo el río fue menor de  $5.0 \text{ mg.L}^{-1}$ , obteniéndose el mayor valor en la estación Sabana Perdida con  $4.6 \text{ mg.L}^{-1}$  y la menor en la Zurza con  $0.1 \text{ mg.L}^{-1}$ . Las temperaturas se encontraban entre  $28 - 30 \text{ }^\circ\text{C}$  y el pH  $6.7 - 7.3$ . La columna de agua dulce fue elevada, con un mínimo de 1,5 m en la estación Alcázar y de 4-5 m en Sabana Perdida. Esta etapa de trabajo fue realizada en época de lluvia. Se alcanzaron caudales de más de  $100 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  ( $114.2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  en Alcázar).

En la figura 3.28 se muestra el comportamiento de los niveles de oxígeno en la capa superficial en toda la etapa de trabajo.

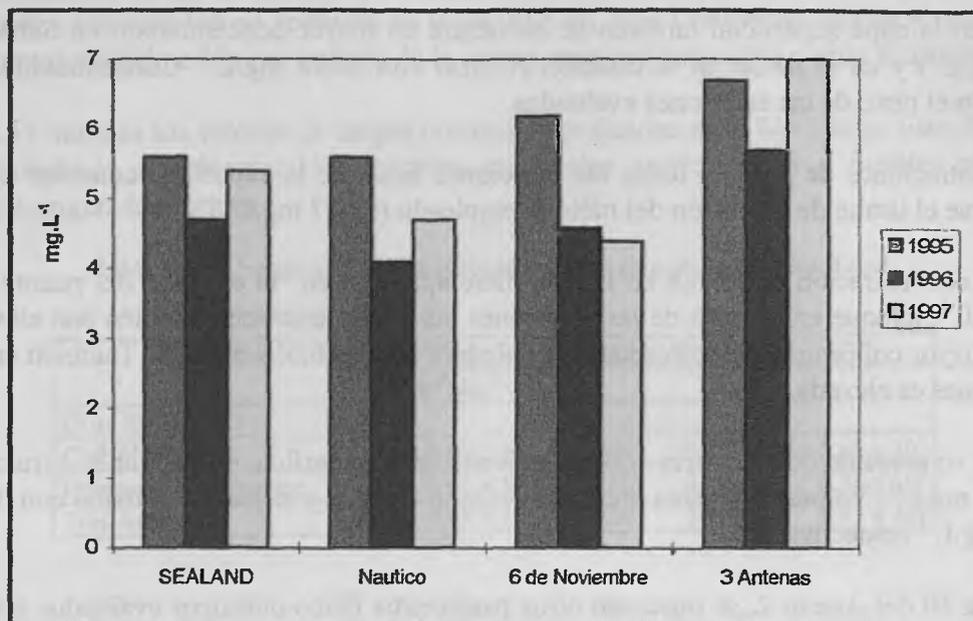


Figura 3.28 Comportamiento superficial del oxígeno disuelto en el Río Haina.

Durante el período de estudio, los registros del Río Haina presentaron valores elevados de oxígeno disuelto en la superficie en todas las estaciones. El valor mínimo fue de 4.4 mg.L<sup>-1</sup>. En el puente 6 de Noviembre los valores de temperatura fueron estables con variaciones entre 28.8 - 30.5 °C. Los valores de pH de 7.3 - 7.7. El caudal aportado a la Zona litoral fue de 7.6 m<sup>3</sup>. s<sup>-1</sup>.

Las Tablas 9, 10 y 11 del Anexo 2 muestran las concentraciones de metales pesados, nutrientes y otros parámetros físico-químicos evaluados en el Río Ozama-Isabela en la campaña de 1994.

Los resultados analíticos de metales pesados aparecen en la tabla 9. La mayor concentración de cromo en la superficie fueron detectadas en la estación Alcázar con 0.86 mg.L<sup>-1</sup> y en el nivel de fondo en Sabana Perdida con 0.167 mg.L<sup>-1</sup>. Concentraciones similares a la de esta última estación aparecen en el puente Peinado, Club F. Gruta (La Zurza) y el puente Duarte.

Las mayores concentraciones de manganeso en la superficie aparecen en las estaciones del dique F.Benitez y el puente Sánchez (0.048 y 0.096 mg.L<sup>-1</sup> respectivamente). La concentración mayor aparece en la Sabana Perdida (0.091 mg.L<sup>-1</sup>).

El hierro se encuentra en mayores concentraciones en la superficie y fondo en la estación de Sabana Perdida (0.318y 0.234 mg.L<sup>-1</sup> respectivamente).

La mayor concentración de níquel en la superficie aparecen en la estación puente Duarte (1.42 mg.L<sup>-1</sup>). Concentraciones elevadas aparecen también en el puente Peinado, Alcázar y Sabana Perdida con 1.090, 1.000 y 0.095 mg.L<sup>-1</sup> respectivamente. La mayor concentración en el fondo aparecen en el Club F. Gruta con 1.522 mg.L<sup>-1</sup> y Sabana Perdida con 1.510 mg.L<sup>-1</sup>. Otras estaciones

que presentan concentraciones elevadas son el puente Peinado con  $1.435 \text{ mg.L}^{-1}$  y el puente Duarte con  $1.029 \text{ mg.L}^{-1}$ .

El cobre en la capa superficial también se encuentra en mayor concentración en Sabana Perdida ( $0.051 \text{ mg.L}^{-1}$ ) y en el fondo en la estación Alcázar con  $0.092 \text{ mg.L}^{-1}$ . Concentraciones similares aparecen en el resto de las estaciones evaluadas.

Las concentraciones de zinc en todas las estaciones tanto en la superficie como en el fondo son menores que el límite de detección del método empleado ( $0.087 \text{ mg.L}^{-1}$ ).

La mayor concentración de plomo en la superficie aparecen en la estación del puente Duarte con  $0.534 \text{ mg.L}^{-1}$ , aunque en el resto de las estaciones las concentraciones también son elevadas. En el fondo la mayor concentración corresponde a Sabana Perdida ( $0.669 \text{ mg.L}^{-1}$ ). También en el resto de las estaciones es elevada.

El cadmio se presenta con mayores concentraciones en la superficie en el Club F. Gruta (La Zurza) con  $0.146 \text{ mg.L}^{-1}$ . Valores similares presentan Sabana Perdida y el puente Peinado con  $0.144 \text{ mg.L}^{-1}$  y  $0.140 \text{ mg.L}^{-1}$  respectivamente.

En la tabla 10 del Anexo 2, se observan otros parámetros físico-químicos evaluados que indican la calidad del agua evaluada en 1994, en el Río Ozana-Isabela.

Los valores de calcio, magnesio y sulfato en casi todos los casos están por encima de la norma, las concentraciones de  $\text{Cl}^{-1}$  en todas las estaciones son superiores. El pH se encuentra dentro de los límites.

La tabla 11 del Anexo 2, muestra las concentraciones de nutrientes evaluados en el Río Ozama-Isabela en 1994. Los valores de nitratos se encuentran por debajo del método de detección empleado. En la norma Dominicana NORDOM 436 no especifica el límite para el agua con fines de uso recreativo y vida acuática. La norma brasileña establece para el nitrato y nitrito  $10.0 \text{ mg.L}^{-1}$  y  $0.1 \text{ mg.L}^{-1}$  respectivamente para fines de vida acuática [59].

En la tabla 3.32, aparecen las variaciones promedios de parámetros de calidad de aguas evaluados en las estaciones del Río Haina en  $\text{mg.L}^{-1}$ .

**Tabla 3.32: Parámetros promedios de la calidad del agua en el Río Haina.**

Estación	Flujo	DQO	Grasas	SST	ST	Coliformes (NMP, $100 \text{ mL}^{-1}$ )	
						fecal	total
	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$		$\text{mg.L}^{-1}$				
Grúa SEALAND	-	34.8	0.007	1593	14438	$8.3 \times 10^4$	$1.1 \times 10^5$
Club Náutico	7.6	54.3	0.014	3627	11187	$2.5 \times 10^4$	$1.1 \times 10^5$
Puente 6 de Noviembre	6.7	67.9	0.036	628	2740	$2,0 \times 10^3$	$4.3 \times 10^3$
Tres Antenas	6.4	18.2	0.007	773	245	$2,0 \times 10^3$	$1.0 \times 10^4$

En la tabla, están reflejados los datos analíticos promedios. En ésta se puede observar que las concentraciones de DQO en la estación del puente 6 de Noviembre son inferiores a la encontrada la del Club Náutico, lo cual demuestra que no hay una buena mezcla de los residuales provenientes de la cañada Guajimía en esta estación.

Las variaciones de los parámetros más importantes indican el aporte de contaminantes al Río Haina. Las concentraciones de DQO son elevadas. La NORDOM no especifica valores para este parámetro. Las concentraciones de grasa excepto en el Club Náutico, están por debajo de la NORDOM. Los sólidos totales y suspendidos no aparecen en la NORDOM. Los Coliformes fecales y totales excepto en Tres Antenas también están por encima de la norma para uso recreativo y vida acuática.

La Tabla 3.33 muestra los valores de cargas promedios evaluadas en el Río Haina. Este río no aporta una carga orgánica significativa. Sus aportes principales corresponden a metales pesados y a residuales de origen domésticos.

**Tabla 3.33: Cargas promedios evaluadas en las estaciones del Río Haina.**

Estación	Flujo	DBO	DQO	SST
	m <sup>3</sup> .día <sup>-1</sup>	kg.día <sup>-1</sup>		
Grúa SEALAND	-	-	-	-
Club Náutico	0.67 x 10 <sup>6</sup>	1904	35656	2.46 x 10 <sup>6</sup>
Puente 6 de Noviembre	0.64 x 10 <sup>6</sup>	768	43456	0.41 x 10 <sup>6</sup>
Tres Antenas	0.55 x 10 <sup>6</sup>	829	10064	0.43 x 10 <sup>6</sup>

En la Tabla 13 del Anexo 2, se muestran los principales parámetros físico-químicos evaluados en el Río Haina en 1996. Los valores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> y Cl<sup>-1</sup> están por encima de los parámetros de la NORDOM, al igual que algunos valores de Ca<sup>+2</sup> y Mg<sup>+2</sup>.

La Tabla 3.34 reporta las concentraciones de metales pesados de los sedimentos de los ríos Ozama y Haina en las estaciones que se encuentran próximas a sus desembocaduras.

**Tabla 3.34: Metales pesados en sedimentos de los ríos Ozama y Haina (1995).**

Fuente	Concentración (µg.g <sup>-1</sup> )					
	Ni	Zn	Cr	Cu	Pb	Cd
• Río Ozama						
Estación L10	48.293	213.140	84.023	83.258	50.172	<0.153
Estación L11	74.758	380.210	90.171	131.308	93.128	<0.212
• Río Haina						
Estación H3	110.536	81.643	177.025	101.921	9.624	<0.007
Estación H5	101.300	67.051	183.714	86.866	4.154	<0.007

Los niveles de Ni, Cu, Zn y Cr en las estaciones de los ríos Ozama (desembocadura y Alcázar) y Haina (desembocadura y grúa SEALAND) son superiores a todas las estaciones del litoral [59].

Las concentraciones de metales pesados encontrados en los sedimentos de los dos ríos en las estaciones próximas a sus desembocaduras en 1995 y 1997, presentan valores elevados.

En la Tabla 3.35 aparecen las concentraciones de *Clostridium perfringens* encontrados en los sedimentos de los dos ríos en las estaciones próximas a sus desembocaduras en 1995. Todas las estaciones evaluadas presentan valores elevados [30].

**Tabla 3.35: *Clostridium perfringens* en sedimentos de los ríos Ozama y Haina (1995).**

Fuente	Concentración (UFC)
	<i>Clostridium perfringens</i>
<b>• Río Ozama</b>	
Estación 9	$5.0 \times 10^5$
Estación 10	$2.3 \times 10^5$
Estación 11	$2.4 \times 10^5$
<b>• Río Haina</b>	
Estación 16	$2.6 \times 10^4$

La Tabla 14 del Anexo 2, resume las concentraciones de algunos indicadores de contaminación evaluados en el Río Ozama - Isabela en 1997. Las muestras fueron colectadas, en todas las estaciones, en el centro del río. Los valores de DBO<sub>5</sub> en las estaciones fueron superiores a la norma dominicana para uso recreativo, excepto en el Puente Mella que el promedio fue de  $4.5 \text{ mg.L}^{-1}$ . También supera la condición para la preservación de la vida acuática que es de  $10 \text{ mg.L}^{-1}$ . Las DQO también son elevados. La NORDOM no contempla valores específicos para este parámetro. Los sólidos sedimentables dan en todas las estaciones  $< 1.0 \text{ mg.L}^{-1}$ . Este parámetro no está contemplado en la NORDOM.

Los hidrocarburos en todos los casos supera el valor de  $0.8 - 1.0 \text{ mg.L}^{-1}$  máximo que fija la norma dominicana. El valor mínimo promedio encontrado fue de  $4.7 \text{ mg.L}^{-1}$ . En la estación Alcázar y el máximo de  $9.1 \text{ mg.L}^{-1}$  en la Zurza.

En todas las estaciones los valores de coliformes fecales y totales supera ampliamente la NORDOM. Todos los valores son  $> 1 \times 10^5 \text{ NMP.100 mL}^{-1}$ .

La tabla 15 del Anexo 2, está referida a valores de otros parámetros físico-químicos que también son indicadores de calidad de las de las aguas. En esta se observan valores elevados de nitratos, sulfatos y cloruros, lo cual indica la contaminación de las aguas con residuales urbano - industriales.

En la tabla 3.36 se resume las cargas promedio de los principales parámetros evaluados en los ríos Ozama y Haina durante 1997, apreciándose que para el Río Ozama los valores de todos los parámetros son elevados, a diferencia de los del Río Haina.

Tabla 3.36: Cargas contaminantes promedios (t.día<sup>-1</sup>) de los principales parámetros evaluados en los ríos Ozama y Haina en 1997.

Estación	Caudal (m <sup>3</sup> /día)	DBO	DQO	ST	SST	SSed.	SD	H/C
<b>• Río Ozama – Isabela</b>								
Alcázar	9.87 x 10 <sup>6</sup>	546.0	2 700.0	-	-	2.0	29 700.0	46.4
Puente Mella	9.39 x 10 <sup>6</sup>	650.0	2 180.0	-	-	-	12 200.0	-
Puente Sánchez	9.18 x 10 <sup>6</sup>	43.1	630.0	-	-	2.8	3 300.0	-
La Zurza	0.87 x 10 <sup>6</sup>	32.3	108.0	-	-	0.3	1 015.0	7.9
Sabana Perdida	5.65 x 10 <sup>6</sup>	9.4	52.0	-	-	0.4	830.0	-
<b>• Río Haina</b>								
Club Náutico	0.66 x 10 <sup>6</sup>	0.9	59.8	5 260.0	137.0	-	5 080.0	-
Puente 6 de Noviembre	0.63 x 10 <sup>6</sup>	0.8	71.0	10 980.0	550.0	-	9 200.0	0.5
3 Antenas	0.55 x 10 <sup>6</sup>	0.8	11.0	4 720.0	683.0	-	4040.0	-

La carga de materia orgánica expresadas en términos de DBO<sub>5</sub> que se descargan al litoral son superiores a las 500 t.día<sup>-1</sup>.

En las estaciones del puente Sánchez y la Zurza las cargas son de 43.1 t.día<sup>-1</sup> y 32.3 t.día<sup>-1</sup> respectivamente. Los aportes del Río Haina son menores a 1.0 t.día<sup>-1</sup>.

El Río Ozama aporta al litoral aproximadamente 2 t.día<sup>-1</sup> de sólidos sedimentables y 46.4 t.día<sup>-1</sup> de hidrocarburos . El aporte de hidrocarburos del Haina son menores a 1 t.día<sup>-1</sup> y de sólidos suspendidos totales de 137 t.día<sup>-1</sup>.

Si comparamos los resultados de aportes de cargas contaminantes de la estación 6 de Noviembre (Tabla 3.36) y los encontrados en 1995 (Tabla 3.37) se puede observar que el caudal de 1995 es aproximadamente 2.5 veces superior al de 1997. Sin embargo los aportes de DQO, son similares y el aporte de sólidos suspendidos totales alcanzados en 1997 son aproximadamente 2 veces los encontrados en 1995 y similares los aportes de grasas 0.5 t.día<sup>-1</sup> en 1997 y 0. 6 t.día<sup>-1</sup> en 1995.

**Tabla 3.37: Cargas aportadas por el Río Haina y evaluadas en la estación del puente el 6 de Noviembre en 1995.**

Parámetro	Valor
Flujo (m <sup>3</sup> .día <sup>-1</sup> )	1.72 x 10 <sup>6</sup>
DQO (t.día <sup>-1</sup> )	83.0
SST (t.día <sup>-1</sup> )	265.0
ST (t.día <sup>-1</sup> )	4 713.0
Grasas (t.día <sup>-1</sup> )	0.6

Los estudios realizados en el Río Ozama en el período de 1980-1982 [12], se detectaron concentraciones de coliformes de 2.4 x 10<sup>4</sup> NMP.100mL<sup>-1</sup>, valores de oxígeno disuelto de 0.8 - 2.9 mg.L<sup>-1</sup> y un valor mínimo de DBO<sub>5</sub> de 0.5 mg.L<sup>-1</sup> próximo a la Zurza, sólidos disueltos de 1400-6000 mg.L<sup>-1</sup> y la sílice de 5000 mg.L<sup>-1</sup> en la fábrica de cemento (próxima a la Zurza) y de 2900 mg.L<sup>-1</sup> en Sans Souci (próxima a Alcázar). Los detergentes y grasas de 10 mg.L<sup>-1</sup>, la salinidad de 400 mg.L<sup>-1</sup> y el pH de 6.8 - 7.4. Esta contaminación significativa en este período, fue atribuida principalmente a los aportes de aguas contaminadas del Arroyo La Zurza y del lixiviado del Vertedero Guaricano. En esta etapa el 56 % de las industrias del país estaban ubicadas en el Distrito Nacional y localizadas la mayoría de estas en la Avenida Máximo Gómez, las cuales descargan sus residuales al Río Ozama .

De todo este estudio se puede concluir, que el Río Ozama es el cuerpo receptor de la zona de estudio que más carga de residuales recibe. Esto se puede observar en la Tabla 3.38, que resumen las cargas totales de todas las fuentes contaminantes evaluadas en el Proyecto.

**Tabla 3.38: Cargas contaminantes promedios evaluadas en las principales fuentes contaminantes (kg.día<sup>-1</sup>).**

Fuente	Flujo	DBO	DQO	Grasas	SST	SSed.
	(m <sup>3</sup> día <sup>-1</sup> )					
<b>• Río Ozama</b>						
Destilería Barceló	5943	36282	59943	93	8561	13
Ingenio Ozama	6145	8112	37757	105	24675	326
La Manicera	1909	2039	4735	397	928	3
Pollos Cibao	740	2119	8980	363	1722	12
Colgate – Palmolive	531	75	897	5	-	-
Oxígeno Dominicano	20	-	13	-	219	1
Industrias Nacionales	685	-	227	51	228	0
Dominit	142	-	16	-	88	2
La Zurza	43531	41506	71845	7043	64266	165
La Ciénaga	2952	629	899	36	1648	-
El Farolito	4336	974	3186	3	682	-
Bonabides	12675	1374	2222	-	412	-
Hoyo Chulín	3437	735	1004	24	597	-
Zoológico						
La Goya	2258	616	3385	-	2107	-
<b>Total</b>	<b>85389</b>	<b>92705</b>	<b>189858</b>	<b>7762</b>	<b>105789</b>	<b>917</b>
<b>• Río Haina</b>						
Cervecería Bohemia	5625	290	1817	-	2043	33
INDUSPAPEL	2316	-	1057	-	-	172
Cañada Guajimía	15742	898	3118	97	3090	-
<b>Total</b>	<b>15742</b>	<b>898</b>	<b>3118</b>	<b>97</b>	<b>3090</b>	<b>-</b>
<b>• Al litoral</b>						
Ingenio Haina	12485	78725	-	-	116235	-
Cervecería Presidente	22281	5222	21851	497	6316	20
Refinería de Petróleo	1066	75	221	23	50	-
San Grabiél	130	8	40	3	-	-
Metaldón	233	9	47	-	-	-
San Gerónimo	19800	2632	5792	151	-	-
<b>Total</b>	<b>55995</b>	<b>86671</b>	<b>27951</b>	<b>674</b>	<b>122601</b>	<b>20</b>

## CONCLUSIONES.

### Industrias.

- La principal fuente contaminante por materia orgánica, grasas y metales pesados es la cañada La Zurza, la cual vierte sus aguas al Río Ozama.
- La destilería Barceló es la segunda fuente contaminante en importancia teniendo en cuenta sus aportes de materia orgánica y sólidos suspendidos. (En la etapa evaluada).
- De todas las fuentes evaluadas, La Manicera es la que mayor cantidad de grasas aporta a la cañada La Zurza. Actualmente cuenta con una planta de tratamiento.
- Otra importante fuente en aportes de materia orgánica, grasas y sólidos suspendidos es el matadero de pollos Cibao.
- La cervecería Bohemia cuenta en la actualidad con una planta de tratamiento para sus residuales que debe ser supervisada periódicamente por el Estado.
- La planta Industrias Nacionales (INCA) es la principal fuente contaminante por metales pesados al Río Ozama.
- Existe un importante grupo de industrias que cuentan con plantas de tratamiento de residuales, las que deben ser controladas en el futuro con vistas a precisar sus eficiencias.

### Alcantarillas

- Las alcantarillas San Gerónimo, la Goya, Bonabides y la Ciénaga son las que más impacto negativo producen en el Río Ozama y la zona litoral.
- Desde el punto de vista sanitario la alcantarilla San Gerónimo es la que mayor impacto produce en la zona litoral.
- Las cañadas La Ciénaga y Bonabides son las que mayores aportes de sólidos flotantes y aguas servidas aportan al Río Ozama.
- La cañada Guajimía es la principal fuente de aguas servidas y sólidos flotantes al Río Haina.

### Ríos.

- El Río Ozama es la principal fuente contaminante del litoral, aportando grandes cantidades de: materia orgánica, grasas, hidrocarburos, metales pesados y microorganismos. El Río Haina presenta una incidencia menos significativa de acuerdo a sus aportes contaminantes.
- Todas las estaciones del Río Ozama presentaron valores por encima de los máximos permisibles para fines recreativos o de conservación de la vida acuática, de acuerdo a las Normas Dominicanas (NORDOM).
- Los principales aportes de aguas contaminadas con residuales urbanos-industriales al Río Ozama se realizan a través de: la cañada La Zurza, el Arroyo Bonabides y El Farolito. El Río Haina recibe importantes los aportes urbanos- industriales a través de la cañada Guajimía.
- Los mayores aportes de residuales industriales al Río Ozama proceden de las fábricas ubicadas en la Avenida Máximo Gómez, el Ingenio Ozama, los Mataderos e industrias de recubrimientos superficiales de metales.
- El Río Ozama recibe importantes aportes de materiales flotantes, que llegan a través de las cañadas y de los asentamientos urbanos existentes a todo lo largo de su rivera derecha del Ozama.

- Los fondos de ambos ríos presentan gran acumulación de sedimentos orgánicos y metálicos, lo cual repercute en los bajos niveles de oxígeno disuelto de las aguas próximas a sus lechos.

## RECOMENDACIONES.

### Industrias.

- Mantener el control sistemático futuro de todas las fuentes contaminantes a fin de evaluar su comportamiento e impacto sobre el medio.
- Revisar y mantener actualizado el inventario de todas las fuentes contaminantes a las ríos y litoral.
- Revisar y controlar los sistemas de tratamiento de residuales propuestos para las industrias, de forma que cumplan con los parámetros ambientales.
- Definir los proyectos de sistemas de tratamiento vinculados a la cañada La Zurza.
- Los servicentros de expendio de gasolina, plantas de fregado y engrase, talleres automotores y bases de vehículos, deben estar considerados en el programa de control de fuentes contaminantes.

### Alcantarillas.

- Acometer un estudio de factibilidad para la solución definitiva de los problemas del alcantarillado de la ciudad, que incluya la disposición final de los residuales líquidos mediante emisarios submarinos.
- Realizar determinaciones de hidrocarburos y plaguicidas en las principales alcantarillas.

### Ríos.

- Garantizar el aforo y determinaciones de la calidad de las aguas en puntos de interés de los ríos Ozama y Haina.
- Acometer un estudio de factibilidad para el dragado de los ríos Ozama y Haina, tendente a mejorar la circulación de sus aguas, remoción de los sólidos sedimentados en los mismos y el drenaje de las zonas urbanas colindantes.
- Acometer en el Río Ozama un estudio de factibilidad para el reordenamiento de sus márgenes, mejorando sus condiciones naturales y estéticas, a fin de evitar la erosión de sus riveras y el aporte de sólidos procedentes de la ciudad.

**ANEXO 1**

**Tabla 1: Inventario de fuentes contaminantes pendientes a ser supervisadas.**

<b>Fuente</b>	<b>Lugar de descarga</b>	<b>Sistema de tratamiento.</b>
1.- Granja avícola San Luís	Río Ozama	No
2.- Matadero Hnos. Mañón.	Río Ozama	Tratamiento biológico
3.- Matadero Cachón	Río Ozama	No
4.- Matadero los Tres Brazos	Río Isabela	Laguna anaeróbica
5.- Matadero Cristo Redentor	Río Isabela	No
6.- Matadero Taváres	Río Isabela	En construcción
7.- Matadero Carne Popular	Cañada La Zurza	En construcción laguna anaeróbica.
8.- Matadero El Corral	Río Isabela	Tratamiento biológico
9.- Ganadera del Sur	Río Isabela	Tratamiento biológico
10.- Matadero Las Minas	Río Ozama	Reactor anaerób. y biológ.
11.- Matadero avícola Almíbar, S.A.	Río Isabela	Tratamiento biológico
12.- Agro industria Dominicana	Río Isabela	No
13.- Industria Ganadera	Río Isabela	No
14.- Matadero Galaxia	Arroyo Guaba	Planta de tratamiento
15.- Embutidos del Valle	Río Isabela	Planta de tratamiento
16.- Productos Quisqueyana (Goya)	Río Isabela	En construcción
17.- Embutidos San Martín	Río Isabela	No
18.- Matadero de Pollo	Alcantarillado	No
19.- Granja Mora	Río Isabela	No
20.- Bon Agroindustrial	En proyecto	Planta terminada
21.- Destilería Siboney	Río Ozama	No
22.- Cesar Iglesias (Jabón)	litoral	En proyecto
23.- Industria Lavador (Jabón, etc.)	Cañada La Zurza	En proyecto
24.- Industria jabonera	Cañada La Zurza	En proyecto
25.- Sociedad Industrial Dominicana	Río Isabela	No
26.- Máximo Gómez P C x A	Río Isabela	No
27.- Cartonera Santo Domingo	Río Isabela	No
28.- Cartonera Hernández	Río Isabela	No
29.- Avón Desperdeco	Río Isabela	No
30.- Papelera Industrial	Río Isabela	No
31.- Cantonera Hued	Río Isabela	No
32.- Desperdeco C x A	Río Isabela	No
33.- Industria papel Sido	Río Isabela	No
34.- Papel Sanitario y Servilletas	Río Guaba	En construcción
35.- Polyplos	Río Isabela	No
36.- Espumas industriales	Río Isabela	No
37.- Tuberías Dominicanas	Río Isabela	No
38.- Industrias fibras domésticas	Río Isabela	No
39.- Productos plásticos	Cañada La Zurza	No
40.- Plásticos flexibles	Subsuelo	No
41.- Nesplas	Alcantarillado	No
42.- Agroplast	Subsuelo	No
43.- Industria petroquímica	Cañada La Zurza	No

44.- Axo Dominicana (gas licuado)	Río Isabela	No
45.- Pinturas Popular	Subsuelo	No
46.- Pinturas Tropical	Subsuelo	No
47.- PIDOCA	Alcantarillado	No
48.- Arco Iris	Alcantarillado	No
49.- Pintura Pinta Casa	Alcantarillado	No
<b>• Baterías</b>		
50.- Baterías Hércules	Litoral	No
51.- Baterías Edison	Litoral	No
52.- Baterías Quisqueya	Subsuelo	No
53.- Interquímica ( disolventes )	Río Nigua	No
<b>• Plantas Eléctricas</b>		
54.- 2 (Wartisilla) CDE	Río Ozama	No
55.- 5 Plantas termoeléctricas	Río Haina	No
<b>• Procesadoras de metales</b>		
56.- METALDON	Litoral	No
57.- INDUCA	Cañada La Zurza	No
58.- Alambres lisos, puas	Río Isabela	No
59.- Acero en general	Río Isabela	No
60.- Clavos Enriquillo	Río Isabela	No
<b>• Farmacias y Cosméticos</b>		
61.- Cosméticos Tropical	Cañada La Zurza	No
62.- STAR PRODUCTTS	Cañada La Zurza	No
63.- Refinería de sal	Cañada La Zurza	No
64.- FERSAN	Cañada La Zurza	No
65.- Pacinos Industrial	Alcantarillado	planta en construcción
66.- Industria Textil	Cañada La Zurza	No
67.- Industria Textil del Caribe	Cañada La Zurza	No
68.- La algodónera	Cañada La Zurza	No
69.- Industria Textil Venecia	Cañada La Zurza	No
70.- Industria Textil Puig	Cañada La Zurza	No
71.- Zona franca Alcarrizos	Subsuelo	No
72.-Tenería FA-2 CxA	Río Ozama	No
<b>• Materiales de Construcción</b>		
73.- Hormigón Industrial	Río Isabela	No
74.- Pisos y techos Turginol	Río Isabela	No
75.- Marmolería Nacional	Río Isabela	No
76.- Cerámica Industrial del Caribe	Río Haina	No
77.- Planta Procesadora de agregados	Litoral	No
<b>• Industrias de Alimentos</b>		
78.- Dulcería Dominicana PANCA	Cañada La Zurza	No
79.- Cortes y Hermanos	Cañada La Zurza	No
80.- Productos del Chef, S.A	Río Isabela	No
81.- Muñe	Río Isabela	No
82.- Productos La Estrella	Río Isabela	No
83.- Sociedad Industrial Dominicana	Río Isabela	Planta de tratamiento
84.- Manicera Nacional	Río Isabela	No

- |                              |                 |                  |
|------------------------------|-----------------|------------------|
| 85.- Fábrica de aceite Ambar | Río Ozama       | No               |
| 86.- PRONALBA                | Río Isabela     | No               |
| 87.- Maicera Dominicana      | Río Isabela     | No               |
| 88.- Helados Bons            | Arroyo La Guaba | Planta en diseño |
| 89.- Proteínas Nacionales    | Río Isabela     | No               |
- 90.-Revisar las plantas de tratamiento Guachupita y otras existentes.

1	...	...	...
2	...	...	...
3	...	...	...
4	...	...	...
5	...	...	...
6	...	...	...
7	...	...	...
8	...	...	...
9	...	...	...
10	...	...	...
11	...	...	...
12	...	...	...
13	...	...	...
14	...	...	...
15	...	...	...
16	...	...	...
17	...	...	...
18	...	...	...
19	...	...	...
20	...	...	...
21	...	...	...
22	...	...	...
23	...	...	...
24	...	...	...
25	...	...	...
26	...	...	...
27	...	...	...
28	...	...	...
29	...	...	...
30	...	...	...
31	...	...	...
32	...	...	...
33	...	...	...
34	...	...	...
35	...	...	...
36	...	...	...
37	...	...	...
38	...	...	...
39	...	...	...
40	...	...	...
41	...	...	...
42	...	...	...
43	...	...	...
44	...	...	...
45	...	...	...
46	...	...	...
47	...	...	...
48	...	...	...
49	...	...	...
50	...	...	...
51	...	...	...
52	...	...	...
53	...	...	...
54	...	...	...
55	...	...	...
56	...	...	...
57	...	...	...
58	...	...	...
59	...	...	...
60	...	...	...
61	...	...	...
62	...	...	...
63	...	...	...
64	...	...	...
65	...	...	...
66	...	...	...
67	...	...	...
68	...	...	...
69	...	...	...
70	...	...	...
71	...	...	...
72	...	...	...
73	...	...	...
74	...	...	...
75	...	...	...
76	...	...	...
77	...	...	...
78	...	...	...
79	...	...	...
80	...	...	...
81	...	...	...
82	...	...	...
83	...	...	...
84	...	...	...
85	...	...	...
86	...	...	...
87	...	...	...
88	...	...	...
89	...	...	...
90	...	...	...
91	...	...	...
92	...	...	...
93	...	...	...
94	...	...	...
95	...	...	...
96	...	...	...
97	...	...	...
98	...	...	...
99	...	...	...
100	...	...	...

**ANEXO 2**

1	...	...	...
2	...	...	...
3	...	...	...
4	...	...	...
5	...	...	...
6	...	...	...
7	...	...	...
8	...	...	...
9	...	...	...
10	...	...	...
11	...	...	...
12	...	...	...
13	...	...	...
14	...	...	...
15	...	...	...
16	...	...	...
17	...	...	...
18	...	...	...
19	...	...	...
20	...	...	...
21	...	...	...
22	...	...	...
23	...	...	...
24	...	...	...
25	...	...	...
26	...	...	...
27	...	...	...
28	...	...	...
29	...	...	...
30	...	...	...
31	...	...	...
32	...	...	...
33	...	...	...
34	...	...	...
35	...	...	...
36	...	...	...
37	...	...	...
38	...	...	...
39	...	...	...
40	...	...	...
41	...	...	...
42	...	...	...
43	...	...	...
44	...	...	...
45	...	...	...
46	...	...	...
47	...	...	...
48	...	...	...
49	...	...	...
50	...	...	...
51	...	...	...
52	...	...	...
53	...	...	...
54	...	...	...
55	...	...	...
56	...	...	...
57	...	...	...
58	...	...	...
59	...	...	...
60	...	...	...
61	...	...	...
62	...	...	...
63	...	...	...
64	...	...	...
65	...	...	...
66	...	...	...
67	...	...	...
68	...	...	...
69	...	...	...
70	...	...	...
71	...	...	...
72	...	...	...
73	...	...	...
74	...	...	...
75	...	...	...
76	...	...	...
77	...	...	...
78	...	...	...
79	...	...	...
80	...	...	...
81	...	...	...
82	...	...	...
83	...	...	...
84	...	...	...
85	...	...	...
86	...	...	...
87	...	...	...
88	...	...	...
89	...	...	...
90	...	...	...
91	...	...	...
92	...	...	...
93	...	...	...
94	...	...	...
95	...	...	...
96	...	...	...
97	...	...	...
98	...	...	...
99	...	...	...
100	...	...	...

**Tabla 1: Concentraciones medias anuales de los principales parámetros evaluados en las industrias (mg.L<sup>-1</sup>).**

Fuente	Flujo (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )			DBO			DQO			Grasas			SS.			SSed		
	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996
Ingenio Ozama	-	0.032	0.013	-	1332	1159	-	8992	4271	-	38	-	-	4056	-	-	-	34
Ingenio Haina <sup>(1)</sup>	-	1.400	0.144	-	-	6306	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cervecería Presidente	0.347	0.310	0.072	144	797	797	443	1463	1668	16	32	-	-	376	-	-	-	-
Destilería Barceló	0.081	0.063	0.072	2849	6735	9328	-	11294	1536	6	18	-	-	1647	-	-	3	5
Cervecería Bohemia <sup>(2)</sup>	-	-	0.065	-	-	52	-	-	363	-	-	-	-	-	-	-	-	-
La Manicera															443			-
• Planta de aceite	-	-	0.018	-	1477	667	-	2300	2401	-	-	119	-	-	676	-	-	4
• Planta de jabón	-	-	0.041	-	-	684	-	-	2825	-	-	600	-	-	-	-	-	1
Matadero Pollo Cibao	-	-	0.026	-	-	2864	-	-	12136	-	-	491	-	-	2328	-	-	2
Levapan	-	-	-	-	-	1553	-	2346	-	-	-	-	-	-	1556	-	-	1
Agro Delta	-	-	-	-	-	307	-	-	979	-	-	75	-	-	327	-	-	-
Cañada La Zurza																		
• Canal Izquierdo	0.278	0.307	0.310	1170	1200	1797	1690	1746	-	252	246	267	-	358	2399	6	3	-
• Canal Derecho	0.159	0.202	0.136	642	325	163	1020	402	-	36	30	29	-	202	-	3	3	-
Cañada Guajimía	-	0.010	0.263	-	70	134	-	243	181	-	11	-	-	264	170	-	-	-
Colgate-Palmolive <sup>(2)</sup>	-	-	0.006	-	-	146	-	-	1858	-	-	9	-	-	-	-	-	-
Oxígeno Dominicano	-	-	0.0002	-	-	-	-	-	664	-	-	-	-	-	10915	-	-	56
INDUSPAPEL	-	-	0.003	-	-	-	-	-	457	-	-	-	-	-	-	-	-	74
Industrias Nacionales	-	-	0.008	-	-	-	-	-	331	-	-	74	-	-	405	-	-	0
DOMINIT	-	-	0.002	-	-	-	-	-	115	-	-	-	-	-	620	-	-	12
Refinería de Petróleo	-	0.013	0.011	-	-	102	-	167	263	-	36	7	-	46	47	-	-	-

(1): Residuales mezclados con agua de mar.

(2): En la salida de la planta de tratamiento.

**Tabla 2: Concentraciones promedios de parámetros químicos de industrias importantes evaluadas por la Oficina de Saneamiento Ecológico ( mg.L<sup>-1</sup> ).**

Fuente	DBO	DQO	SST	SSed.
<b>• Vertiendo al Río Ozama</b>				
Matadero Tablejeros	1461	2435	1690	15.0
Matadero Las Minas	816	960	1172	25.0
Matadero Taveras	372	2099	2098	18.0
Matadero Don Lolo	163	252	435	3.0
Productora Quiqueyana. Entrada planta trat.	4000	11507	10576	7.0
Salida " "		1032		
Granja Joselyn. Salida segunda laguna	167	1459	-	0.4
Cortes y Hermanos	2040	4005	1469	2.0
Manufactura textil	159	327	-	-
Star Products	176	708	-	< 0.5
Textil M. González	133	402	1022	-
Textil Puig	239	612	-	0.0
Cartonera Hernández	468	989	4406	1.0
Plaza del Jeans	114	317	-	-
Warner Chilcott Entrada alcantarillado.	6400	7936	-	500.1
Registro.	508	3174	-	
Dominit. Entrada planta trat	20	44	-	15.0
Salida " "	17	36	-	0.4
Textil Puig. Alcantarillado.	194	594	-	0.5
Pollo Cibao	1194	3597	660	13.5
Embutidos Sabrosos	-	11110	24350	40.0
Sociedad industrial La Manicera.	45100	59827	3915	0.2
	814	1391	3850	29.0
Industria del papel SIDA	67	189	602	1.3
Cosmético Tropical Salida a cuneta.	1070	3178	-	0,1
Lavado de frascos.	615	1318	-	< 0.1
Colgata-Palmolive. Entrada planta trat.	290	1209	-	0,5
Salida " "	115	213	-	< 0.1
Industrias Nacionales Entrada Sed. Pintura.	821	7750	-	0.8
Salida planta trat.	47	78	-	< 0.1
Oxígeno Dominicano. Salida al río	-	3968	53462	175
Cerınca CxA	127	206	-	0.7
<b>• Vertiendo al Río Haina</b>				
Agro Delta	587	1131	-	6.6
Industria Lavador. Salida decantador.	3270	7116	-	0.1
Cervecería Bohemia. Entrada planta trat.	1482	1992	5314	25.0
Salida " "	386	2789	5776	420.0
Acero en general. Lecho de arena.	-	98	-	-
Descarga al río.	-	43	-	-
Avícola Almfar. Salida de producción.	-	4440	-	40.0
Salida planta trat.	-	620	-	18.0
Helados Bon. Solventina.	1079	1318	-	0.1
Pasteurizador.	7400	20151	-	8.0
Sala de producción.	3730	4495	-	2.0
Lavadero	1651	2751	-	59.0

**Tabla 3: Resultados analíticos de parámetros evaluados en la cañada La Zurza en 1985 <sup>(1)</sup>.**

Parámetro	26.06.1985		12.07.1985	
	Colectores Industriales 9.15 AM	Desembocadura al Río Isabela 9.25 AM	Colectores Industriales 10.35 AM	Desembocadura al río Isabela 10.45 AM
PH	12.6	12.4	12.2	12,0
Temperatura (°C)	30.0	29.0	30.0	29.0
Sólidos Sedimentables (mg.L <sup>-1</sup> )	210.0	200.0	18.0	17.0
Materia Suspendida (mg.L <sup>-1</sup> )	2510.0	8242.0	4982.0	1285.0
Materia Disuelta (mg.L <sup>-1</sup> )	7712.0	2955.0	9285.0	3537.0
Oxígeno Disuelto (mg.L <sup>-1</sup> )	0.0	0.0	0.0	0.0
DBO <sub>5</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	-	-	524.3	586.8
DQO (mg.L <sup>-1</sup> )	14338.0	16401.0	9306.6	7846.7
Cobre (mg.L <sup>-1</sup> )	0.0	0.0	0,0	0.0
Sulfuros (mg.L <sup>-1</sup> )	2.0	0.5	1.5	2.0
Cromo (mg.L <sup>-1</sup> )	0.4	0.0	2.6	0.0
N.amoniaco (mg.L <sup>-1</sup> )	8.8	23.8	10.0	1.3
N. nitritos (mg.L <sup>-1</sup> )	0.0	0.0	0.0	0.2
N. nitratos (mg.L <sup>-1</sup> )	7.6	11.0	6.0	11.0
Conductividad (μ S. cm <sup>-1</sup> )	20000.0	17000.0	2150.0	8200.0
Cloruros (mg.L <sup>-1</sup> )	-	-	930.0	1000.0
Coliformes (NMP. 100 mL <sup>-1</sup> )	< 30.0	< 30.0	150000.0	4000.0

(1) Las muestras fueron tomadas en los colectores industriales y en el punto de descarga al río Isabela.

**Tabla 4: Resultados analíticos obtenidos en los muestreos al Río Ozama en 1985. (evaluación del efecto de la cañada La Zurza )**

Parámetro	Río Isabela a 300 m de la descarga	Ave. Jorge Washington y 19 de marzo	Río Ozama debajo del puente Mella
PH	12.2	6.6	7.7
Temperatura °C	29.0	31.0	29.0
Sólidos sedimentables (mg.L <sup>-1</sup> )	108.5	10.2	0.05
Materia suspendida (mg.L <sup>-1</sup> )	4763.0	172.0	2019.0
Materia disuelta (mg.L <sup>-1</sup> )	3246.0	312.0	4244.0
Oxígeno disuelto (mg.L <sup>-1</sup> )	0.0	1.6	3.6
DBO <sub>5</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	555.6	152.8	13.0
DQO (mg.L <sup>-1</sup> )	12123.4	305.3	510.9
Cobre (mg.L <sup>-1</sup> )	-	0.0	0.0
Cromo (mg.L <sup>-1</sup> )	-	0.0	0.0
N.amoniaco (mg.L <sup>-1</sup> )	-	115.0	1.5
N. (mg.L <sup>-1</sup> )	-	0.0	0.08
N. nitratos (mg.L <sup>-1</sup> )	-	1.5	4.0
Conductividad (μ S. cm <sup>-1</sup> )	-	-	14000.0
Cloruros (mg.L <sup>-1</sup> )	-	-	5500.0

Nota : Los valores no reflejados en la Tabla no se distinguen correctamente en el documento original.

**Tabla 5: Cargas contaminantes aportadas por las principales industrias (kg.día<sup>-1</sup>).**

Fuente	Flujo (m <sup>3</sup> .día <sup>-1</sup> )			DBO			DQO			Grasas			SST		SSed.
	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1995	1996	19696
Ingenio Ozama	-	2722	9569	-	5132	11091	-	34644	40870	-	152	57	16039	32076	326
Ingenio Haina	-	-	12485	-	-	78725	-	-	-	-	-	-	-	116200	-
Cervecería Presidente	29981	26784	10080	4230	21340	6124	12960	39182	13411	475	778	238	10074	2559	-
Cervecería Bohemia	-	-	5625	-	290	290	-	-	1817	-	-	-	-	2043	33
Destilería Barceló	7016	4627	6186	19981	31161	57703	-	52254	67631	42	129	108	7617	9504	13
La Manicera	-	-	1909	-	-	2039	-	-	4735	-	-	397	-	928	0,4
Matadero Pollo Cibao	-	-	740	-	-	2220	-	-	8980	-	-	363	-	1722	3
Cañada Guajimía	-	8813	22671	-	620	1177	-	2142	4094	-	97	-	2327	3854	-
Cañada La Zurza <sup>(1)</sup>	37806	43952	38534	36973	37493	50052	54678	53318	107539	6698	7065	7506	-	64266	58
Refinería de petróleo	-	1226	906	-	57	92	-	205	238	-	44	3	3	-	24
Colgate - Palmolive	-	-	531	-	-	75	-	-	897	-	-	5	-	-	-
Oxígeno Dominicano	-	-	20	-	-	-	-	-	13	-	-	-	-	219	1
Industria del papel	-	-	2316	-	-	-	-	-	1057	-	-	-	-	-	172
Industrias Nacionales	-	-	685	-	-	-	-	-	227	-	-	-	51	228	-
DOMINIT	-	-	142	-	-	-	-	-	16	-	-	-	-	88	-

( 1 ): Los aportes de SSed. de la cañada La Zurza en 1994 fueron de 214 kg.día<sup>-1</sup>

**Tabla 6: Cargas aportadas por un grupo de fuentes en 1991 (t.año<sup>-1</sup>).**

Fuentes	DBO	DQO	SST
<b>• Industrias Azucareras</b>			
Ingenio Ozama	234.1	470.0	508.6
Ingenio Haina	317.4	640.0	689.5
<b>• Industrias Químicas</b>			
Colgate-Palmolive	8.4	922.6	524.2
Industria del Papel	28.4	63.2	1143.9
Fábrica de Cemento	215.0	465.5	575.0
<b>• Destilerías y Cervecerías</b>			
Barceló	2970.0	6534.0	5383.7
Vinaza Barceló	1180.0	3042.0	325.5
Cervecería Presidente	13200.0	25080.0	4400.0
Cervecería Bohemia	1170.0	574.0	292.5
Refinería de Petróleo	11217.6	20665.0	38601.7
Manicera Nacional	3.2	7.4	4.1
Sociedad Industrial Dominicana	99.0	25.2	13.2
<b>• Industrias Cárnicas (ganado, aves y cerdos) que descargan al Río Ozama.</b>			
Carne de Res	1056.0	2175.0	985.6
Cerdo	72.9	1050.0	93.1
Aves	1868.9	3760.0	2029.1
<b>Total</b>	<b>2696.8</b>	<b>6085.0</b>	<b>3107.8</b>
Leche	66.8	140.1	467.9
Huevos	1892.2	3807.0	957.2
<b>Total</b>	<b>1959.0</b>	<b>3947.1</b>	<b>1425.1</b>
<b>Total General</b>	<b>4956.9</b>	<b>10032.1</b>	<b>4532.9</b>
<b>• Cargas generadas por la población<sup>(1)</sup></b>			
Santo Domingo (2 <sup>1</sup> 512 494 hab. )	45653.0	-	1 <sup>1</sup> 650 708.5 residuos Sólidos.

( 1 ): Se asume 0.05 kg.día<sup>-1</sup> de DBO<sub>5</sub> y 1.8 kg.día<sup>-1</sup> de residuos sólidos por habitante.

**Tabla7: Concentraciones medias anuales de las principales alcantarillas ( mg.L<sup>-1</sup> ).**

Fuente	Flujo (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )			DBO			DQO			Grasas	SS.	
	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996
<b>• Al litoral</b>												
1.- San Gabriel	0.0015	-	-	72	-	-	312	-	-	22	-	-
2.- METALDON	0.0027	-	-	33	-	-	201	-	-	12	-	-
3.- San Gerónimo	0.1180	0.3280	0.2415	31	152	155	174	403	200	15	-	74
<b>• Al Río Ozama-Isabela</b>												
4.- Ciénaga	0.0160	0.0736	0.0129	75	227	303	306	245	641	26	308	301
5.- El Farolito	0.0023	0.0023	0.1255	109	109	230	367	367	934	17	-	96
6.- Zoológico	0.0240	0.0417	0.0157	212	-	205	-	418	260	19	263	191
7.-Hoyo Chulín	0.0140	0.0445	0.0710	239	306	140	569	362	182	20	150	117
8.- Bonabides	-	0.2300	0.1467	-	110	106	-	155	160	-	277	33
9.- La Goya	-	0.0311	0.0212	-	272	275	-	732	2628	-	379	1748

**Tabla 8: Cargas promedios aportadas por las principales alcantarillas (kg.día<sup>-1</sup>)**

Fuente	Flujo (m <sup>3</sup> .día <sup>-1</sup> )			DBO			DQO			Grasas	SS	
	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996		1995	1996
<b>• Al litoral</b>												
1.- San Gabriel	120	-	-	9	-	-	40	-	-	3		-
2.- METALDON	233	-	-	8	-	-	47	-	-	3		-
3.- San Gerónimo	10195	28339	20866	361	4310	3238	1777	11426	4173	151		1544
<b>• Al Río Ozama-Isabela</b>												
4.- Ciénaga	1382	6356	1116	104	1445	337	423	1558	716	36	1958	1336
5.- El Farolito	195	3594	9218	21	777	2123	71	881	8607	3	484	880
6.- Zoológico	2074	3603	1357	438	-	278	-	418	352	40	947	260
7.-Hoyo Chulín	1212	3853	5245	290	1179	734	668	1393	953	8	578	616
8.- Bonabides	-	16891	12675	-	1858	1374	-	2618	2222	-	4670	412
9.- La Goya	-	2687	1829	-	730	503	-	1967	4804	-	1018	3196

**Tabla 9: Concentraciones de metales pesados totales (mg.L<sup>-1</sup>) en las estaciones muestreadas en 1994.**

Estación	Nivel	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Pb	Cd
Alcázar	<i>S</i>	0.086	<0.042	-	1.000	<0.003	<0.087	0.380	<0.126
	<i>F</i>	0.052	<0.042	0.130	0.709	0.092	<0.087	0.498	<0.126
Puente Duarte	<i>S</i>	0.013	<0.042	0.113	1.419	<0.003	<0.087	0.534	<0.126
	<i>F</i>	0.125	<0.042	0.094	1.029	0.084	<0.087	0.470	<0.126
Dique F. Benitez	<i>S</i>	0.063	0.048	0.155	0.623	<0.003	<0.087	0.294	<0.126
	<i>F</i>	0.045	<0.042	0.084	0.457	0.061	<0.087	0.413	<0.126
Puente Sánchez	<i>S</i>	0.073	0.046	0.212	0.706	<0.003	<0.087	0.312	<0.126
	<i>F</i>	0.042	<0.042	0.136	0.625	0.085	<0.087	0.466	<0.126
Sabana Perdida	<i>S</i>	0.083	<0.042	0.318	0.925	0.051	<0.087	0.308	<0.126
	<i>F</i>	0.167	0.091	0.234	1.510	0.077	<0.087	0.669	0.144
Club F. Gruta	<i>S</i>	0.074	<0.042	0.088	0.759	<0.033	<0.087	0.308	<0.126
	<i>F</i>	0.155	0.050	0.163	1.522	0.072	<0.087	0.640	0.148
Puente Peinado	<i>S</i>	0.096	<0.042	0.025	1.090	0.0355	<0.087	0.387	<0.126
	<i>F</i>	0.148	<0.042	0.208	1.435	0.075	<0.087	0.623	0.140

**Tabla 10: Concentraciones promedios de parámetros físico-químicos en agua evaluados en el Río Ozama - Isabela en 1994.**

Estación	Nivel	CE	pH	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	K <sup>+1</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>
		μScm <sup>-1</sup>									
Alcázar	<i>S</i>	65900	7.2	480	1164	21030	1985	12.0	140	3840	28354
	<i>F</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Puente Duarte	<i>S</i>	6610	6.7	100	144	1114	50	0.0	195	612	1948
	<i>F</i>	66900	7.4	400	1236	26490	3570	18.0	122	3600	30441
Puente Sánchez	<i>S</i>	4890	7.1	80	144	922	89	0.0	201	228	1426
	<i>F</i>	53040	7.1	540	1836	23215	2299	0,0	159	8280	34964
Sabana Perdida	<i>S</i>	2860	7.3	60	48	467	82	0.0	165	134	762
	<i>F</i>	32000	7.0	740	2616	2761	4760	0.0	165	6000	37399
Dique F. Benitez	<i>S</i>	4900	7.1	70	108	900	91	0.0	189	252	1409
	<i>F</i>	32780	7.6	320	2052	22720	2215	24.0	104	4800	3895
Puente Peinado	<i>S</i>	2530	8.2	30	60	900	91	30.0	232	101	634
	<i>F</i>	52390	7.7	900	2988	16899	1940	12.0	232	6480	36525
Club F. Zurza	<i>S</i>	3800	7.5	80	30	451	47	0.0	256	90	800
	<i>F</i>	52560	7.0	600	1824	28164	2660	0.0	183	7440	33225

**Tabla 11: Concentraciones de nutrientes evaluados en el Río Ozama en 1994 <sup>(1)</sup>.**

Estación	Nivel	NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>
		mg. L <sup>-1</sup>	
Alcázar	S	< 0.5	0.045
	F		-
Puente Duarte	S	< 0.5	0.120
	F		0.040
Puente Sánchez	S	< 0.5	0.100
	F		0.035
Sabana Perdida	S	< 0.5	0.070
	F		0.140
Dique F. Benitez	S	< 0.5	0.120
	F		0.025
Puente Peinado	S	< 0.5	0.125
	F		0.125
Club Gruta. Zurza	S	< 0.5	0.160
	F		0.140

(1) 0.5 mg.L<sup>-1</sup> es el límite de detección del método colorimétrico de la brucina para nitratos.

**Tabla 12: Parámetros promedios de la calidad del agua en el Río Haina en 1994.**

Estación	Flujo	DQO	Grasas	SST	ST	Coliformes (NMP. 100 mL <sup>-1</sup> )	
						fecal	total
	m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>					
Grúa SEALAND	-	34.8	0.007	1593	14438	8.3x10 <sub>4</sub>	1.1x10 <sup>5</sup>
Club Náutico	7.6	54.3	0.014	3627	11187	2.5x10 <sub>4</sub>	1.1x10 <sup>5</sup>
Puente S. Cristóbal	6.7	67.9	0.036	628	2740	2,0x10 <sub>3</sub>	4.3x10 <sup>3</sup>
Tres Antenas	6.4	18.2	0.007	773	245	2,0x10 <sub>3</sub>	1.0x10 <sup>4</sup>

**Tabla13: Concentraciones de parámetros físico-químicos evaluados en el Río Haina 1996**

Estación	Nivel	NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-1</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	K <sup>+1</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>
		mg.L <sup>-1</sup>									
Grúa SEALAND	<i>S</i>	55	0.213	602	148	6776	200	-	134	1700	5457
	<i>F</i>	99	0.205	732	613	8019	598	18	110	4233	14730
Club Náutico	<i>S</i>	47	0.049	55	162	1181	39	-	131	388	1783
	<i>F</i>	33	0.039	145	855	7805	576	24	67	2799	20526
San Cristóbal	<i>S</i>	56	0.043	131	60	589	23	-	122	113	4870
	<i>F</i>	85	0.025	986	208	7147	379	6	134	1472	14177
Tres Antenas	<i>S</i>	16	0.053	70	20	785	18	-	171	98	939
	<i>F</i>	62	0.039	281	766	7435	393	-	159	2649	6225

**Tabla 14: Concentraciones de parámetros evaluados en el Río Ozama durante 1997 (mg.L<sup>-1</sup>).**

Fuente	Valores	DBO	DQO	ST	SST	SD	H/C	Coli. fecal	Coli. total
		(mg.L <sup>-1</sup> )							NMP.100mL <sup>-1</sup>
Alcázar	Mín.	13.3	171.3	-	0.2	2450.1	4.2	0.5 x 10 <sup>6</sup>	0.5 x 10 <sup>6</sup>
	Máx.	106.0	354.6	-	0.3	3640.0	5.2	>1.1 x 10 <sup>6</sup>	> 1.1x 10 <sup>6</sup>
	Prom.	55.3	272.9	-	0.3	3005.0	4.7	0.8 x 10 <sup>6</sup>	0.8 x 10 <sup>6</sup>
Puente Sánchez	Mín.	1.1	15.9	-	0.1	39.8	-	0.9 x 10 <sup>5</sup>	2.4 x 10 <sup>5</sup>
	Máx.	11.1	119.5	-	0.4	700.0	-	2.4 x 10 <sup>5</sup>	4.6 x 10 <sup>5</sup>
	Prom.	4.7	68.7	-	0.3	356.3	-	1.7 x 10 <sup>5</sup>	3.5 x 10 <sup>5</sup>
Puente Mella	Mín.	29.6	207.1	-	-	207.1	-	0.2 x 10 <sup>6</sup>	1.1 x 10 <sup>6</sup>
	Máx.	89.0	247.0	-	-	2380.0	-	2.4 x 10 <sup>6</sup>	2.4 x 10 <sup>6</sup>
	Prom.	67.8	232.4	-	-	1298.7	-	1.3 x 10 <sup>6</sup>	1.8 x 10 <sup>6</sup>
La Zurza	Mín.	6.4	31.9	-	0.2	31.9	5.4	>1.1 x 10 <sup>6</sup>	>1.1 x 10 <sup>6</sup>
	Máx.	100.0	215.1	-	0.4	2688.0	12.8	11.1 x 10 <sup>6</sup>	11.1 x 10 <sup>6</sup>
	Prom.	37.0	124.3	-	0.3	1166.8	9.1	6.0 x 10 <sup>6</sup>	6.0 x 10 <sup>6</sup>
Sabana Perdida	Mín.	2.2	8.0	-	0.3	12.0	-	0.2 x 10 <sup>5</sup>	0.5 x 10 <sup>5</sup>
	Máx.	31.8	223.1	-	0.5	2527.0	-	2.4 x 10 <sup>5</sup>	2.4 x 10 <sup>5</sup>
	Prom.	10.8	59.8	-	0.4	955.4	-	1.2 x 10 <sup>5</sup>	1.4 x 10 <sup>5</sup>

**Tabla 15: Concentraciones de nutrientes evaluados en 1997 (mg.L<sup>-1</sup>).**

Estación	Valores	P0 <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	S0 <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	N0 <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	N0 <sub>2</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>
<b>• Río Ozama</b>						
Alcázar	Mín.	2.1	25.2	126.9	0.8	156.1
	Máx.	4.1	189.1	554.1	56.5	1221.1
	Prom.	3.3	97.5	279.9	23.8	568.5
Puente Sánchez	Mín.	0.4	354.0	90.8	10.3	2298.9
	Máx.	5.0	487.5	589.4	47.0	3163.7
	Prom.	2.0	447.1	416.5	34.5	2900.8
Puente Mella	Mín.	1.0	89.8	431.3	21.6	576.2
	Máx.	3.8	391.6	593.9	39.6	3166.9
	Prom.	2.3	338.0	540.0	31.6	2190.6
La Zurza	Mín.	1.0	72.3	91.8	16.4	462.5
	Máx.	5.1	137.2	504.3	59.8	884.3
	Prom.	2.4	87.3	329.7	28.3	560.1
Sabana Perdida	Mín.	0.3	246.6	60.7	2.5	1596.1
	Máx.	4.3	324.2	166.5	13.3	2101.4
	Prom.	1.6	269.1	86.5	8.5	1742.5
<b>• Río Haina</b>						
Grúa SEALAND	Mín.	0.9	1763.3	16.4	0.03	292.1
	Máx.	1.3	1836.3	22.2	0.20	2989.4
	Prom.	1.1	1802.6	19.6	0.08	1028.8
Club Náutico	Mín.	0.10	1533.3	13.3	0.00	421.7
	Máx.	0.20	1809.1	17.3	0.20	3112.0
	Prom.	0.15	1680.7	15.4	0.06	1330.6
Puente 6 de Noviembre	Mín.	0.3	78.0	19.1	0.04	818.1
	Máx.	0.8	384.0	28.4	0.05	1983.4
	Prom.	0.6	244.5	22.7	0.05	1483.5
3 Antenas	Mín.	0.02	3.3	8.1	0.05	423.4
	Máx.	0.03	79.5	15.3	0.05	825.5
	Prom.	0.03	45.5	10.9	0.05	647.2

## 4. BASES PARA LA FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.

### 4.1 Normas Ambientales.

#### 4.1.1 Antecedentes.

La política ambiental dominicana existe desde 1911, cuando se promulgó la Ley de Policía donde se encarga a esta entre otras cosas de la higiene, aseo y ornato de las poblaciones. En el Artículo 29 refiere: “que prohíbe a los dueños de fábricas poner toda clase de materiales en la calle...”. En el Artículo 11 se plantea: “...poner multas a los que arrojasen basuras, aguas corrompidas, mostos o cualquier inmundicia dentro de las poblaciones...” y en el 12 en igual modo se señala: “... “por los caños de sus casas arrojasen o dejaran aguas residuales sucias o corrompidas, dejando formar pantanos en la boca de dichos caños...”.

La Constitución Dominicana también prevé aspectos sobre la protección del medio ambiente. En su sección II, Artículo 5 párrafo 3, con referencia al Territorio Nacional: “... son también parte del territorio nacional, el mar territorial y el suelo y el subsuelo submarinos correspondientes, así como el espacio aéreo sobre ellos comprendido, la extensión del mar territorial, del espacio aéreo y de la zona contigua y de su defensa, lo mismo que las del subsuelo submarino y su aprovechamiento, serán establecidos y regulados por la Ley ...”

Los problemas de la contaminación en el país continuaron creciendo y fueron dictadas a partir de la década del 50 toda una serie de Leyes y Decretos-Leyes más específicos y para contrarrestar esta problemática. Entre otras se encuentran la Ley 3003 de 1951 sobre la creación de la Policía, la 4559 de 1956 sobre la comandancia de los puertos, que en su artículo 37 dice: “... Está prohibido echar dentro del puerto, lastres, sustancias corrompidas, basuras y desperdicios, los cuales deben ser llevados al lugar que la comandancia del puerto indique...”.

#### 4.1.2 Punto de partida.

En sus inicios la política ambiental dominicana se caracterizó por ser de tipo estructural y legislativo, esto permitió crear las bases para el establecimiento de una política ambiental que contemplara aspectos más concretos para luchar contra el creciente deterioro del medio ambiente del país[61].

Las regulaciones que se refieren directa o indirectamente a la contaminación, son fragmentadas, dispersas y de origen circunstancial, con instancias superpuestas unas a las otras. En muchas ocasiones el mismo recurso es puesto bajo la jurisdicción de varias instituciones, con nefastos resultados, ya que ninguna de ellas es efectivamente responsable de las acciones que deben efectuarse.

No existe en la Legislación Dominicana, disposiciones que de manera exclusiva traten sobre el vertido de basuras, líquidos o cualquier clase de desechos desde buques, ni sobre su tratamiento o disposición final, aunque algunas Leyes y Decretos, tocan aspectos parciales y de forma tangencial

esta problemática. La legislación sobre aguas residuales está contenida en Leyes y Reglamentos que crean y organizan distintas instituciones, y en resoluciones de los ayuntamientos del país.

Con el desarrollo industrial en la década del 60, aumentó el vertido de sustancias contaminantes a través de todos los cursos de agua de la ciudad. Este problema generó la creación de los mecanismos para contrarrestar este fenómeno. Existen un grupo de instituciones que tienen responsabilidades sobre la prevención de la contaminación del medio ambiente. Estas son:

Mediante la Ley N° 4378 del 10 de febrero de 1965 fue creada la Secretaría de Estado de Agricultura, cuya Subsecretaría de Recursos Naturales (SURENA) tiene los departamentos de Vida Silvestre, Recursos Pesqueros, Tierra y Agua, Sanidad Vegetal, Inventario de Recursos Naturales y Educación Ambiental. Esta Subsecretaría actualmente ha sido designada como la Unidad Coordinadora de todas las instituciones que están involucradas en el estudio y análisis del Convenio MARPOL 73/78. La Ley N° 8 del 8 de agosto del mismo año regula sus funciones. El Decreto N° 49 del 8 de agosto de 1965, dispone que el Servicio Meteorológico Nacional funcione bajo su jurisdicción.

En 1965, fue creado el Instituto Nacional de Aguas Potables y Alcantarillado (INAPA), el cual dirigirá y vigilará todo lo concerniente para proveer a los habitantes de la república de un servicio adecuado de agua potable, disposición y tratamiento de aguas residuales; determinará la prioridad que tiene la satisfacción de las distintas necesidades de construcción, reforma, ampliación, explotación y administración de los sistemas de acueductos y alcantarillado sanitarios y pluviales, previos los estudios e investigaciones necesarios; promoverá la reforestación de las cuencas hidrográficas para proteger las fuentes de aguas potables. Mantendrá y operará todos los servicios de aguas potables, de aguas residuales y pluviales, establecidos o que en un futuro se establezcan, en todo el territorio nacional.

En 1965 se creó la Secretaría de Estado de Recursos Hidráulicos, que tenía a su cargo las funciones del INAPA. Por la Ley N° 5 de 1965, se cita: "... El Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI), creado en el propio año, está encargado de organizar, dirigir y reglamentar los trabajos de aprovechamiento de las aguas con la cooperación de la Corporación de Fomento Industrial y la Corporación Dominicana de Electricidad, cuando se trate de aprovechamiento para la generación de energía eléctrica o fines industriales, y con el Instituto Nacional de Aguas Potables y alcantarillado, cuando se trate de aprovechamiento para acueductos...".

La Oficina de la Defensa Civil, creada en 1966, coordina todos los recursos del Estado y del Sector Privado, para responder ante cualquier eventualidad que se presente en un momento determinado. (desastres naturales y tecnológicos)

La Autoridad Portuaria fue creada en 1970, y está a cargo de todos los aspectos administrativos e institucionales de los puertos.

En 1972 fue dictado el Decreto N° 2592, que crea la Comisión para estudiar niveles de contaminación en centros urbanos y ecosistemas naturales.

La Corporación de Acueductos y Alcantarillado de Santo Domingo (CAASD), creada en 1973 restringe la competencia de INAPA. Según el artículo 1 de la Ley N° 498 se define: "...la CAASD

es una institución de servicio público con carácter autónomo. Esta elaborará y ejecutará el plan de los sistemas de abastecimiento de agua potable y disposición de aguas residuales de la ciudad de Santo Domingo y algunas poblaciones de su área de influencia; tendrá a su cargo la administración, operación, mantenimiento y ampliación de los sistemas de acueducto y alcantarillado de la ciudad de Santo Domingo y algunas poblaciones de su área de influencia. Le corresponde a la CAASD, dirigir, planear, construir, mantener y administrar las obras de ingeniería sanitarias para proveer a los habitantes de la ciudad de Santo Domingo y algunas poblaciones de su área de influencia, de un servicio adecuado de agua potable, recolección, tratamiento y disposición de aguas residuales. Se le autoriza a asesorar a los demás organismos del Estado y organizaciones públicas y privadas en todos los asuntos que a ella competen...”

La Secretaría de Estado de Salud Pública y Asistencia Social, es la responsable de la aplicación del código de salud. Supervisa y fiscaliza el control de calidad del agua suministrada a los usuarios y el estado sanitario de los cursos de agua. Inspecciona los buques y aeronaves que llegan a los puertos y los aeropuertos dominicanos.

La Secretaría de Estado de Industrias y Comercio, a través del Departamento de Marina Mercante, que está a cargo de la actividad comercial en los puertos del país y la Dirección General de Normas y Sistemas de Calidad (DIGENOR), quien elabora las normas de seguridad para las actividades comerciales en los puertos y controla las descargas de efluentes a los ríos y el mar. Entre sus atribuciones está la de coordinar a través de la Dirección General de la Defensa Civil, todo lo relativo a la calidad del aire y la contaminación ambiental.

La Secretaría de Estado de Turismo, es la encargada de regular las estrategias para desarrollar el país como destino turístico y de establecer los controles pertinentes para garantizar el cumplimiento de la Ley del Turismo.

La Dirección Nacional de Parques, es el organismo que tiene la responsabilidad de administrar en forma sostenida los espacios protegidos. Esta Dirección fue creada mediante la Ley N° 67 del 8 de noviembre de 1974. El Sistema Nacional de Areas Silvestres Protegidas está compuesto por 40 áreas (32 parques nacionales, 7 reservas científicas y una vista panorámica), representando esto el 15 % del territorio nacional. En el área de estudio se encuentra, el área protegida Parque Nacional litoral de Santo Domingo. Este tiene una extensión de 10.8 km.<sup>2</sup>. Su vegetación original ha sido alterada en un 90 %. Existe poca información sobre su biodiversidad asociada, en especial su avifauna [60].

La Comisión de Conservación de la Flora y la Fauna marinas, fue creada en 1980.

El Comité Dominicano para el Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO fue creado en 1987. En este mismo año también fue creada la Comisión Nacional para el Medio Ambiente, la cual tiene como funciones controlar, reducir o eliminar las actividades que dañen a los seres humanos y para prevenir el deterioro de los ecosistemas.

En 1990 es creada la Comisión Técnico-Ecológica, con el objetivo de enfrentar la contaminación de las masas acuíferas debido a la actividad industrial y agrícola, y para exigir la instalación de plantas de tratamiento en las industrias cercanas a los ríos.

En 1990 fue creada la Comisión Nacional de Saneamiento Ecológico del medio ambiente, para controlar y prevenir la contaminación.

La Comisión Nacional para dar seguimiento a los acuerdos de la Conferencia de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo (UNCED), fue creada en 1992. En 1995, es designado el Secretario General del Consejo Técnico y Administrativo para la protección Costero-Marina del país adscrito a la Presidencia de la República.

La Marina de Guerra es responsable de la supervisión y control de la seguridad de las operaciones portuarias y de las áreas costero-marinas, a través de las Comandancias de los Puertos, e impone el orden como Policía de Puertos. El Decreto N°. 112 de 1995 pone bajo su responsabilidad la aplicación de todas las prohibiciones que contempla. Refiriendo “...**extracción de corales y de otras especies marinas, así como la presencia de sedimentos terrestres, basuras y materias químicas que arrojan en el mar, los ríos y las aguas residuales, afectan gravemente la existencia de los bancos de arrecife que rodean nuestro territorio, los cuales protegen nuestras costas, y especialmente las playas, de la acción erosiva de los oleajes marinos...**”.

La Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), a través del Centro de Biología Marina (CIBIMA), realiza importantes investigaciones en las áreas marinas y costeras.

El Ayuntamiento del Distrito Nacional (ADN) constituye una entidad política y administrativa, dotada de la personalidad jurídica, con patrimonio propio y con capacidad para realizar todos los actos políticos para el cumplimiento de esos fines. El ADN evalúa los proyectos del sector, programas de inversiones, regula las tasas y tarifas de aseo urbano.

Fue creado en 1995 el Consejo de Costas, para la protección de la biodiversidad mediante el Decreto N° 112/95.

La Refinería Dominicana de petróleo es una empresa propiedad de la Shell Company (WI), Ltd., y del Gobierno Dominicano, creada en 1969. El petróleo que recibe es traído a la planta desde multiboyas localizadas en el mar. Actualmente posee una base de tanques para el almacenaje de crudos en Nizao, a unos 25.0 km. de la refinería. Este petróleo llega a la planta a través de un oleoducto. La operación de la Shell Company está regulada por normas locales e internacionales. Ella actualmente ha esbozado un plan contra los derrames de petróleo sobre las aguas, y forma parte de varios Convenios internacionales y de Organizaciones tales como la Clean Caribbean Corporation (CCC).

Si se realiza un análisis detallado de los Organismos Institucionales descriptos anteriormente, se verá, que en muchos de ellos, el trabajo se superpone, debido a que sus límites de fronteras no han sido claramente establecidos, ni en el aspecto operacional ni en el técnico.

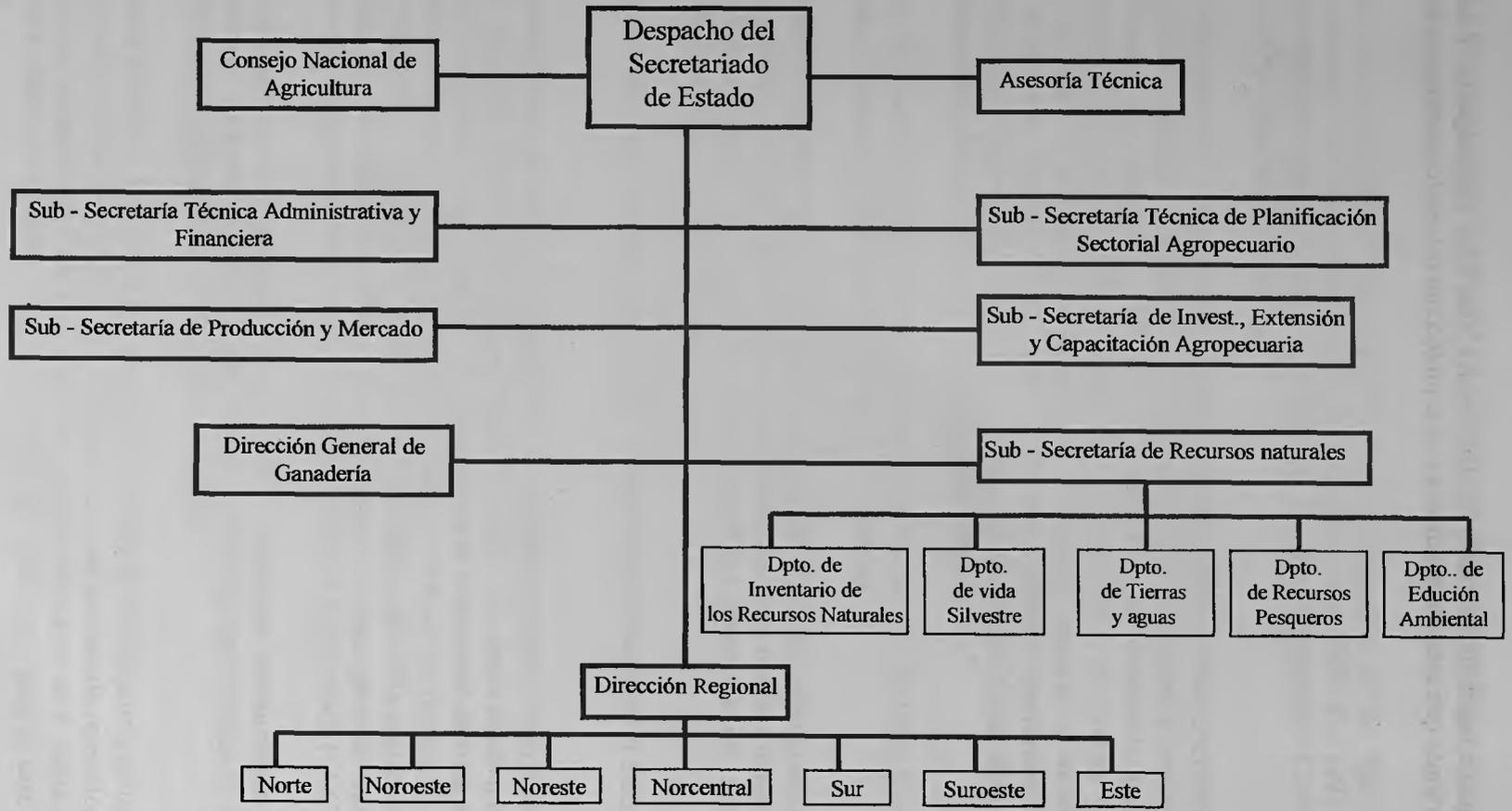
La Comisión de Saneamiento Ecológico ha elaborado un proyecto de Plan de Contingencia sobre el vertido de aceite y contaminación hídrica por desechos de industrias, el cual contempla operaciones dentro de la zona portuaria, en distancias medias a la costa y en aguas a distancia de la costa. La refinería de petróleo también trabaja en la elaboración de normas y procedimiento para el caso de derrames de hidrocarburos.

En el marco legislativo, durante las décadas del 50 al 90 se promulgaron 38 Leyes, 13 Decretos y 28 Resoluciones que están relacionadas con la protección del medio ambiente y los recursos naturales.



4.1.3 Organigrama de la Secretaría de Estado de Agricultura.

ORGANIGRAMA DE LA SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA



#### 4.1.4 Situación legislativa actual.

Actualmente existen tres nuevas propuestas de legislaciones con relación a la conservación del medio ambiente.

1. Anteproyectos de Códigos (Código de Aguas, Código Forestal y Código de Salud).
2. Anteproyecto de Ley de Calidad Ambiental.
3. Anteproyecto de Ley de Areas Naturales y Protegidas.

#### **Anteproyectos de Códigos.**

##### **Código de aguas:**

Se proponen 5 artículos, los cuales contemplan regulaciones para el vertido de sustancias contaminantes a los diferentes cursos de aguas, redes de alcantarillado, medidas correctivas a los infractores, y establecimiento de límites de concentraciones permisibles de vertimiento.

##### **Código de salud:**

Propone 17 artículos, en los cuales se establecen regulaciones en los servicios médicos en los puertos, control de la calidad del agua de consumo humano, control y disposición de los desechos sólidos, y control de sustancias tóxicas, radioactivas o peligrosas.

##### **Código forestal:**

En el proyecto de este código, se establecen las disposiciones generales para proteger las cuencas hidrográficas, mediante la conservación, mejoramiento o establecimiento de bosques para prevenir y combatir la erosión de los suelos. También regula y armoniza el uso de plaguicidas y prohíbe el corte, mutilación y destrucción del mangle costero, y obliga a la realización de estudios de impacto ambiental en casos de proyectos turísticos y/o de cualquier obra de desarrollo económico en zonas costeras.

#### **Anteproyecto de Ley de protección y calidad ambiental.**

Plantea 13 artículos, en los cuales establece que el estado es el único propietario de las aguas, prohíbe toda acción que pueda causar deterioro y/o degradación en la cantidad y calidad de la misma, vertido de sustancias venenosas, patógenos, sustancias químicas, plaguicidas, metales pesados, hidrocarburos, artículos sólidos en cuerpos de agua, sus riberas, cauces, cuencas, acuíferos, pozos, depósitos lacustres, aguas para riego, represas, superficiales o subterráneas y fondos marinos. Señala el control de las construcciones de obras, descarga, fuga o lavado de buques cisternas, el vaciado, derrame intencional o crónico de hidrocarburos [61].

En el marco de la política ambiental dominicana aparecen lineamientos en sus leyes, decretos y resoluciones con relación a la conservación del medio ambiente. Estos son :

- Dominio de las aguas terrestres y distribución de aguas públicas.
- Prevención de la contaminación de las aguas marinas y fluviales.
- Explotación de recursos naturales.
- Programas de educación ambiental.
- Regulaciones tributarias por incidencias en la contaminación ambiental.
- Limitaciones en el uso de productos químicos .
- Ordenamiento territorial y creación de zonas protegidas.
- Manejo y disposición de residuos sólidos.
- Uso integral y manejo racional de las cuencas y sistemas hídricos. Cinturón Verde.
- Areas protegidas.

#### 4.1.5 Directrices de las principales medidas adoptadas en materia ambiental.

##### Protección de las aguas

###### **Aguas continentales.**

- Resolución N° 300 del 18 de junio de 1964; aprueba la convención del mar territorial y zona contigua, convención de pesca, conservación de los recursos vivos en alta mar, y la convención sobre la plataforma continental.
- Ley N° 255 del 22 de junio de 1966; aprueba la convención para facilitar el tráfico marítimo.

###### **Aguas Marítimas.**

- Ley N° 3003 del 4 de agosto de 1951; crea la Policía de Puertos y Costas.
- Ley N° 4382 del 9 de febrero de 1956; la cual prohíbe lanzar al mar o a los ríos la cachaza producida en los ingenios azucareros.
- Ley N° 186 del 17 de septiembre de 1967; establece los límites de las aguas territoriales en 6 millas náuticas.
- Ley N° 305 del 29 de mayo de 1968; prohíbe la construcción o edificación de instalaciones en 60 metros de la línea de marea.
- Ley N° 70 del 18 de diciembre de 1970; crea la Autoridad Portuaria.
- Ley N° 189 del 7 de junio de 1975; sobre la Protección y Desarrollo de la Marina Mercante.
- Ley N° 573 del 4 de abril de 1977; modifica la Ley anterior y fija los límites de la zona contigua en 24 millas náuticas y establece la zona económica exclusiva en 200 millas náuticas.
- Decreto N° 112 de 1995; sobre la protección de las playas y red arrecifal que la rodea.
- Decreto N° 125 de 1995; designa al Secretario General del Consejo Técnico y Administrativo para la protección costera adscripto a la Presidencia de la República.

###### **Aguas interiores.**

- Ley N° 4471 de 1956; que contiene el Código Sanitario, el cual se refiere a las aguas residuales, agua potable, servicios de alcantarillado o desagües, aguas industriales y otras.
- Ley N° 5852 del 10 de octubre de 1964; sobre el dominio de las aguas terrestres y distribución de aguas públicas.
- Ley N° 487 del 1 de noviembre de 1969; sobre el control y explotación de las aguas subterráneas.

- Ley N° 123 del 10 de mayo de 1971; la cual regula la extracción de arena, gravas y gravillas desde áreas pluviales.

### Protección del Suelo.

- Ley N° 627 del 2 de julio de 1977; declara el interés nacional por el uso y protección de las áreas cordilleranas por parte del estado.
- Ley N° 218 de 1984; prohíbe introducir al país excrementos humanos o de animales, basuras y sus derivados y lodos cloacales e industriales para ser usados como abono en llanuras costeras.

### **Ley de minas.**

- Ley N° 146 de 1971; prohíbe el uso de sustancias que afectan al hombre, fauna y flora; además evitar alteraciones en los recursos próximos a las minas, ríos, estuarios, etc.

### Protección y gestión del espacio, el medio y los recursos naturales.

#### **Recursos naturales, zonas protegidas y reservas.**

- Ley N° 146 del 16 de junio de 1971; Ley de Minería.
- Ley N° 295 del 3 de septiembre de 1985; agrega la educación sobre el medio ambiente a los programas de educación nacional.
- Resolución N° 436 del 11 de junio de 1991; oficializa la Norma Dominicana de Emergencia No 436 de 1991 (NORDOM).
- Decreto N° 183 del 30 de junio de 1993; crea en la ciudad de Santo Domingo un Cinturón Verde.

#### **Forestales.**

- Ley N° 4990 del 3 de septiembre de 1958; sobre Sanidad Vegetal.
- Ley N° 5856 del 27 de octubre de 1962; sobre conservación de bosques y árboles frutales.
- Ley N° 206 del 8 de noviembre de 1967; encarga a las Fuerzas Armadas y a la Policía Nacional de velar por la conservación, restauración y fomento forestal de la República.
- Ley N° 311 de 1968; regula y armoniza el uso de plaguicidas en el país.
- Ley N° 632 del 2 de julio de 1977; prohíbe el corte y tala de árboles en las cabeceras de los ríos y arroyos en las cuencas del país.
- Ley N° 112 de 1984; que crea el Servicio Forestal Obligatorio para estudiantes de escuelas superiores.
- Decreto N° 322 de 1988; que controla los plaguicidas junto a la Comisión Internacional de Sanidad Agropecuaria (SEA).
- Decreto N° 217 de 1991; prohíbe la venta de 20 químicos agrícolas, entre los cuales está el herbicidas Paraquat.

#### **Petróleo.**

- Ley N° 4542 del 28 de septiembre de 1956; regula la exploración, uso comercial y los beneficios particulares de depósitos de petróleo y sus derivados.

## **Agricultura y ganadería.**

- Ley N° 532 del 12 de diciembre de 1969; sobre la promoción agrícola y ganadera.

## **Pesca.**

- Ley N° 5914 del 7 de julio de 1962; Ley de Pesca.

## **Fauna.**

- Ley N° 1609 de 1947; prohíbe captura y caza de aves.
- Decreto N° 318 de 1962; sobre prohibición de extracción de Corales.
- Decreto N° 1580 de 1967; sobre exportación de Langostas y Cangrejos.
- Decreto N° 1445 de 1967; sobre protección de la Langosta, Cangrejo y Carey.
- Decreto N° 317 de 1972; sobre veda del Cangrejo.
- Decreto N° 1728 de 1976; sobre Corales.
- Decreto N° 2585 de 1977; sobre prohibición de comercialización del cangrejo hembra.
- Decreto N° 1823 de 1983; sobre importación de especies.
- Decreto N° 312 de 1986; sobre protección del Jambí.
- Decreto N° 316 de 1986; sobre veda de la Langosta.
- Decreto N° 2099 de 1986; sobre veda del Mero.
- Decreto N° 313 de 1986; sobre peces ciguatópicos.
- Decreto N° 314 de 1986; sobre prohibición de captura de especies de reptiles.
- Decreto N° 124 de 1986; sobre comercialización de Tortugas marinas.
- Decreto N° 315 de 1986; sobre vida de Jicoteas.
- Decreto N° 311 de 1986; sobre comercialización de especies marinas.
- Decreto N° 343 de 1987; sobre prohibición de usos de artes de pesca.
- Decreto N° 122 de 1987; prohíbe capturas con mallas de 3 cm. estiradas.
- Decreto N° 289 de 1987; sobre protección del Manatí.
- Decreto N° 233 de 1996; sobre declaración de varias reservas marinas en zonas costeras.
- Decreto N° 112 de 1995; sobre la creación del Consejo de Costas para la protección de la biodiversidad.
- Ley N° 95; prohíbe la exportación de conchas de Carey.

## **Áreas protegidas.**

- Ley N° 305 del 23 de mayo de 1968; crea el parque Nacional del Litoral Sur de Santo Domingo.
- Ley N° 67 del 8 de noviembre de 1974; crea la Dirección Nacional de Parques.
- Decreto N° 1311; crea el Comité Especial para asesorar y colaborar con la Dirección Nacional de Parques.
- Decreto N° 1315 del 11 de agosto de 1983; dicta legislaciones para crear un grupo de Parques Nacionales (4 parques).

Con relación a las Áreas protegidas están dictadas en el país 9 leyes y 7 decretos

## Salud.

- Ley N° 4471 de 1956; contiene el Código de Salud.

## Turismo.

- Ley N° 153 del 4 de junio de 1971; sobre incentivo y protección al Turismo.

## Legislación internacional.

Desde 1940, la República Dominicana ha firmado numerosos tratados internacionales relacionados con el medio ambiente.

- Resolución N° 3485 del 11 de febrero de 1953; aprueba la Convención sobre la Organización Marítima Intergubernamental y Consultiva, llamada ahora Organización Marítima Internacional.(OMI).
- Resolución N° 130 del 30 de enero de 1964; aprueba el tratado que prohíbe el ensayo con armas nucleares.
- Resolución N° 300 del 18 de junio de 1964; aprueba la Convención del mar territorial y la zona contigua. Convención de pesca y conservación de los recursos naturales vivos en alta mar y la Conservación sobre la plataforma continental.
- Ley N° 255 del 26 de junio de 1966; aprueba la convención para facilitar el tráfico marítimo.
- Resolución N° 533 del 31 de diciembre de 1969; aprueba el acuerdo de la construcción de la refinera de petróleo entre el Estado Dominicano y la SHELL International Petroleum company, Ltd.
- Resolución N° 184 del 19 de septiembre de 1971; la cual aprueba el tratado sobre la prohibición de colocar armas nucleares y otras de destrucción masiva.
- Resolución N° 528 del 10 de julio de 1973; que aprueba el convenio para facilitar el transporte acuático internacional.
- Resolución N° 542 del 8 de agosto de 1973; aprueba el Convenio de la prevención de la contaminación del mar por el vertimiento de desechos y otras materias (Convenio de Londres).
- Resolución N° 703 del 23 de agosto de 1974; aprueba la Convención internacional sobre intervención en alta mar en casos de accidentes que provoquen contaminación por petróleo.
- Resolución N° 108 del 4 de enero de 1975; aprueba la Convención internacional sobre responsabilidad civil por daños causados por la contaminación de las aguas del mar por hidrocarburos (Convenio de responsabilidad civil).
- Resolución N° 419 del 29 de diciembre de 1976; la cual aprueba la Resolución A-175 (VI) emitida el 21 de octubre de 1969 en la Sexta Asamblea de la Organización Marítima Intergubernamental (IMCO).
- Resolución N° 854 del 4 de noviembre de 1978; aprueba la Convención de los límites marinos y espacios submarinos y cooperación marina entre la República Dominicana y la de Colombia.
- Resolución N° 81 del 12 de diciembre de 1979; aprueba la Convención internacional para la seguridad de la vida en el mar (SOLAS).
- Resolución N° 244 del 15 de enero de 1981; aprueba el Tratado de delimitación de áreas marinas y submarinas con la República de Venezuela.

En noviembre de 1993, y en el marco de la reunión patrocinada por la OMI, la Red Operacional de Cooperación Regional entre Autoridades Marítimas (ROCRAN) y América Central (ROCRAN-CA), la Secretaría de Estado de Agricultura y la Comisión de Seguimiento de los acuerdos de la Cumbre de la Tierra, revisaron y aprobaron un plan preliminar para el manejo de los puertos y sus actividades.

### **Convenios sobre el medio ambiente en proceso de estudio que interesan al proyecto WCISW.**

- Convenio sobre la contaminación del mar por el vertimiento de desechos y otras materias (Convenio de Londres). Ratificado por la Resolución 542 de 1973.
- Convención internacional sobre responsabilidad civil por daños causados por la contaminación de las aguas del mar por hidrocarburos.(Convenio de responsabilidad civil). Fue ratificado por la Resolución N° 108 del 4 de enero de 1975.
- Convención de Basilea sobre el control de los movimientos fronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación de 1989.
- Convenio de Naciones Unidas sobre derechos del mar.
- Convenio para la protección y el desarrollo del medio marino en la Región del Caribe (Acuerdo de Cartagena).
- Acuerdo del Caribe para el control por el estado de la rectoría de puertos.
- International Convention on Oil Pollution Preparedness Response and Co-operation, 1990 (OPRC).
- Convenio internacional de constitución de un fondo internacional de indemnización de daños causados por la contaminación por hidrocarburos (Convenio de fondos).

### **Desechos sólidos.**

Existen en la ciudad instituciones que se ocupan del aseo de la ciudad, entre las cuales se encuentran :

- La Policía Nacional a la cual se le asignó esta responsabilidad mediante la Ley N° 4984 del 27 de marzo de 1911; cuya obligación entre otras cosas está el ornato y la higiene, los mataderos, el corte de madera, la crianza de animales, los hatos y la montería.
- El Ayuntamiento del Distrito Nacional, el cual mediante la Ley N° 3456 del 29 de marzo de 1953; dice que el ADN constituye una entidad política y administrativa dotada de personalidad jurídica, con patrimonio propio y con capacidad para realizar todos los actos políticos para el cumplimiento de esos fines. Le corresponde las programaciones de inversiones previa autorización de la Sala Capitular. También el rol de regular tasas y tarifas de aseo urbano.

De todo este conjunto de decretos y leyes se desprende que es necesario la formulación de políticas claras y precisas, elaboradas con el consenso de las instituciones oficiales y privadas que intervienen en la defensa y conservación del recurso agua y la disposición de los residuos sólidos.

En el mes de mayo de 1995 se promulgó el Decreto N° 112; donde se responsabiliza a la Marina de Guerra de aplicar las prohibiciones que tendrán como consecuencia la preservación de los recursos que determinan el equilibrio ecológico de las áreas marinas de interés nacional.

Es necesario estudiar, revisar y analizar profundamente las legislaciones existentes y las propuestas en lo referente a la contaminación de las aguas, la recogida, el transporte y disposición de los residuos sólidos y realizar las modificaciones que hagan prevalecer la efectividad de su aplicación, delimitando al mismo tiempo, la responsabilidad de cada institución en las mismas.

El país debe comprometerse en ratificar las convenciones internacionales acerca de la protección del medio ambiente marino tales como la Convención de las Naciones Unidas sobre Derechos del Mar, la Convención Internacional para la Protección y el Desarrollo del Medio ambiente Marino en el Gran Caribe, la Convención de Basilea sobre los Movimientos Transfronterizos de Desechos Peligrosos, así como la Convención Internacional para la Prevención de la Contaminación desde Barcos (MARPOL 73/78).

#### **4.2 Definición de las Estrategias.**

Para elaborar las estrategias de un Plan de Manejo Ambiental, es necesario conocer con precisión los usos alternativos de la zona de estudio, tanto los históricos, actuales y futuros. También los programas de desarrollo socioeconómicos, que se presentan en los Planes Directores o Maestros de los lugares que son objeto de estudio.

El litoral de Santo Domingo, se ha utilizado históricamente como la principal zona marítimo-portuaria, recreacional, receptora de residuales líquidos urbano-industriales de forma directa o a través de los ríos que desembocan en la misma, receptora de residuos sólidos y pesquero.

A partir de la década del 60, comenzó el desarrollo industrial, lo que fue acompañado de un incremento brusco de la población por el aumento de la inmigración, provocando el aumento de los residuales, tanto líquidos como sólidos. Para esta problemática aún no existe actualmente una disposición final correcta. Esto ha ocasionado un mayor deterioro de la calidad de vida de la población debido a que los cuerpos receptores se encuentran cada día más afectados por la contaminación.

A partir de la década del 80, se fomentaron un grupo de medidas, con la finalidad de contrarrestar los efectos de la contaminación. Fueron realizados algunos estudios de calidad de las aguas, tanto de los ríos como de la zona litoral; se dictaron leyes y decretos para controlar o eliminar la contaminación. Algunas de estas legislaciones fueron para crear un grupo de instituciones estatales, las cuales tienen entre sus funciones el control del medio ambiente y los recursos naturales. Los estudios anteriores y actuales han posibilitado una base de datos, que permiten dar los primeros pasos para la elaboración de las estrategias del Plan de Manejo Ambiental del litoral de Santo Domingo.

Cada una de las acciones de los programas deberán tener un plan de implementación inmediato, a mediano y largo plazo, por etapas, en función de decisiones de gobierno, condiciones objetivas, financiamiento, etc.

#### **Programa de fortalecimiento institucional, legal y concienciación.**

1. Fortalecer o crear las instituciones responsables de la implementación y control de la política ambiental.

2. Delimitar las responsabilidades de los organismos del Estado que tienen incidencia en las regulaciones ambientales.
3. Actualizar y complementar la legislación para el control de la contaminación ambiental.
4. Sugerir la ratificación de los convenios internacionales sobre el medio ambiente pertinentes. (especialmente la Convención de Cartagena).
5. Implementar la obligatoriedad de la valoración de nuevos proyectos (industriales, de obras, de desarrollo urbano) y la ejecución de estudios de su impacto ambiental.
6. Incrementar los programas sobre educación ambiental a través de los medios masivos de información (comunicación) y del sistema nacional de educación.

#### **Programa de control de efluentes industriales.**

7. Fortalecer el monitoreo de las industrias que realizan los mayores aportes de contaminantes y controlar la eficiencia de sus sistemas de tratamiento de residuales.
8. Identificar las industrias que pueden quedar conectadas a las redes del sistema de alcantarillado y las que necesitan sistemas de tratamiento para cumplir las normas de vertimiento al alcantarillado sanitario.
9. Estimular la sustitución de las tecnologías industriales ambientalmente inadecuadas por otras más avanzadas (mejores prácticas y tecnologías limpias).
10. Exigir a todas las estaciones de gasolina, plantas de lavado y engrase y a los talleres de reparaciones automotrices de los medios necesarios para la recolección y entrega de sedimentos y productos oleosos.

#### **Programa de gestión de residuales líquidos urbanos.**

11. Revisar y aplicar las normas de vertimiento para el control de los residuales industriales líquidos.
12. Evaluar las soluciones estudiadas para el manejo y tratamiento de los residuales líquidos urbanos.
13. Estudiar como una necesidad urgente el sistema de tratamiento y disposición final de las aguas residuales de la cañada La Zurza.
14. Acometer las obras del sistema de recolección, tratamiento y disposición final de los residuales líquidos de la ciudad.
15. Desarrollar los estudios de factibilidad (incluyendo la evaluación de impacto ambiental) para la ubicación de emisarios submarinos en el litoral
16. Disponer de un sistema integral de alcantarillado y drenaje pluvial eficiente.

## **Programa de gestión de residuos sólidos urbanos.**

17. Ejecutar el Estudio de Factibilidad de la gestión de los residuos sólidos.
18. Implementar el sistema de recogida de los desechos sólidos, principalmente en los sectores de la Zurza, Ciénaga, Hoyo Chulín, Los Guandules, San Luis y márgenes del Río Ozama-Isabela.
19. Proyectar y construir los puntos de disposición de los residuos sólidos que sustituyan los actuales basureros inadecuadamente localizados, con sus correspondientes tecnologías de manejo.

## **Sistema de vigilancia.**

20. Diseñar e implementar el sistema de monitoreo para el control de las fuentes contaminantes relevantes y la calidad de las aguas en los ríos y el litoral.

## **Saneamiento marítimo - portuario.**

21. Crear una unidad de saneamiento portuario e implementar el sistema para el saneamiento y control de la contaminación proveniente de la actividad marítimo - portuaria.
22. Desarrollar la base material adecuada para implementar los convenios internacionales en materia de prevención de la contaminación marina MARPOL73/78 y DUMPING/72.
23. Disponer adecuadamente los residuales provenientes de la actividad marítimo - portuaria.

## **Otras acciones.**

24. Estudiar la implementación de mecanismos económicos que coadyuven a la solución de la introducción en las industrias contaminantes de mejores prácticas ambientalmente efectivas.
25. Realizar acciones tendientes a obtener los recursos financieros para implementar las estrategias definidas en este proyecto.
26. Ejecutar el estudio integral para el manejo de las cuencas de los ríos Ozama - Isabela y Haina.
27. Preparar el plan de repoblación forestal para las márgenes de los Ríos Ozama, Isabela y Haina.
28. Acometer las acciones para el saneamiento de las riberas de los ríos y la zona litoral.
29. Ejecutar los trabajos para la expansión del Cinturón Verde de la ciudad.
30. Reestructurar los barrios marginales para agilizar la solución de sus residuales líquidos y sólidos actuales.

## **4.3 Bases para el diseño del Programa de Vigilancia Ambiental.**

### **4.3.1 Control de la calidad del litoral y su evolución**

Los trabajos de vigilancia en las aguas y los sedimentos del litoral, son propuestos solamente para las zonas más comprometidas ambientalmente donde se observaron pérdidas de sus valores naturales.

El deterioro que se observa en las zonas utilizada como baño, para la recreación (contacto primario) de la ciudad, debe ser objeto de un estricto control y vigilancia sistemática, analizando los niveles alcanzados por los indicadores del estado sanitario, tanto para contacto primario como secundario, logrando implementar la prohibición de sus usos con fines recreativos.

Los estudios abarcarán las siguientes actividades:

- **Hidroquímica:** La variable agua se colectará en dos ocasiones al año, cada seis meses de forma de abarcar ambos periodos climáticos (seca y lluvia). Las muestras se tomarán a dos niveles de profundidad superficie y fondo (< 10 metros), se analizarán los siguientes parámetros: salinidad, nutrientes (nitrógeno total; fósforo total, fosfato y silicato) y sólidos suspendidos volátiles y totales.
- **Tóxicos (orgánicos e inorgánicos):** Los hidrocarburos disueltos y dispersos (DDPH) y los plaguicidas organoclorados en el agua, sólo se medirán en el nivel de superficie de acuerdo a la red de estaciones y frecuencia señalada en el aspecto anterior. Cada tres años serán colectados sedimentos superficiales en la misma red de estaciones, a los que se analizarán hidrocarburos del petróleo y metales pesados (Cu, Ni, Pb, Zn, Cr y Cd), mediante digestión fuerte y de ser posible evaluar la fracción biodisponible.
- **Microbiología:** Se analizarán coliformes y estreptococos en aguas superficiales de acuerdo a la frecuencia y red de estaciones empleada en la caracterización hidroquímica y *Clostridium perfringens* en sedimentos superficiales colectados cada dos años.
- **Comunidades naturales:** Comunidades planctónicas: Se estudiarán simultáneamente con las variables hidroquímicas; comprenderán análisis de pigmentos fotosintetizadores, producción primaria del fitoplancton y la caracterización de éste y el zooplancton. Deberán acometerse estudios de bioacumulación de contaminantes orgánicos (hidrocarburos del petróleo) e inorgánicos (metales pesados). Para esto deberá realizarse un inventario de las especies más representativas de la fauna bentónica, para seleccionar al menos dos especies filtradoras de importancia ecológica y para el consumo humano. Se realizarán al menos 2 muestreos anuales.

La red de estaciones se presenta en la figura 4.1, se debe incluir una estación de referencia en el mar abierto del litoral, ubicada a una distancia de la línea de costa, no influida por la contaminación.

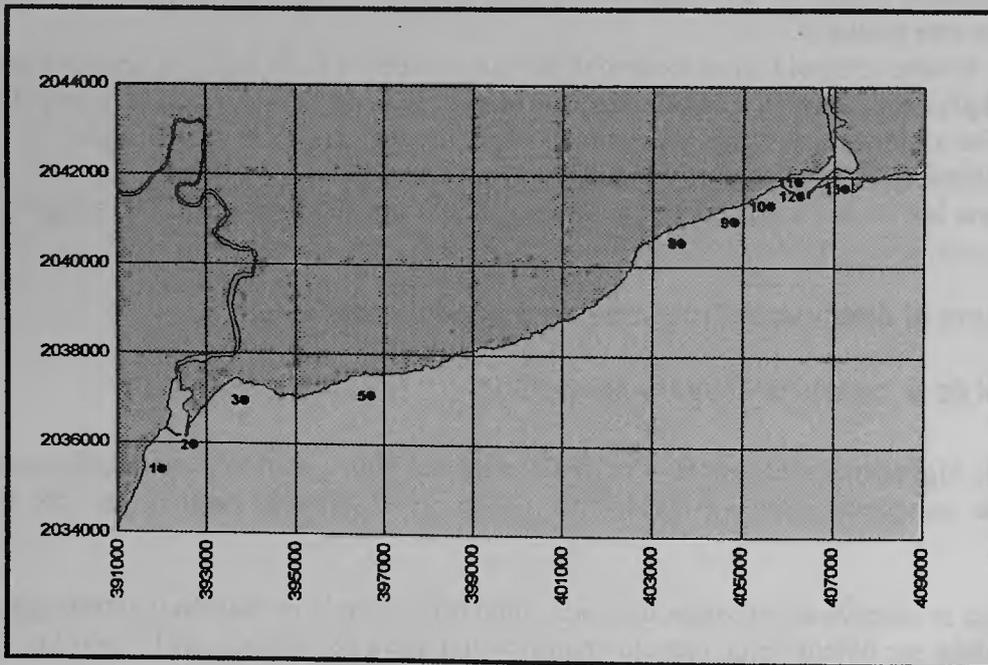


Figura 4.1 Red de muestreo para evaluar la calidad del agua.

### 4.3.2 Control de la calidad de las fuentes contaminantes y su evolución.

Los trabajos de vigilancia ambiental (monitoreo) en las fuentes de emisión tributarias a los ríos y al litoral, proporcionan una medida de la efectividad de las acciones correctivas planteadas en los planes de manejo.

Se establece el monitoreo de las fuentes de emisión directas e indirectas en las zonas más comprometidas ambientalmente mediante un programa de muestreo y aforo que permita conocer el comportamiento de la calidad ambiental de la fuente de emisión en el tiempo, la efectividad de las medidas correctivas introducidas y diagnosticar el aporte contaminante a la zona en cada muestreo.

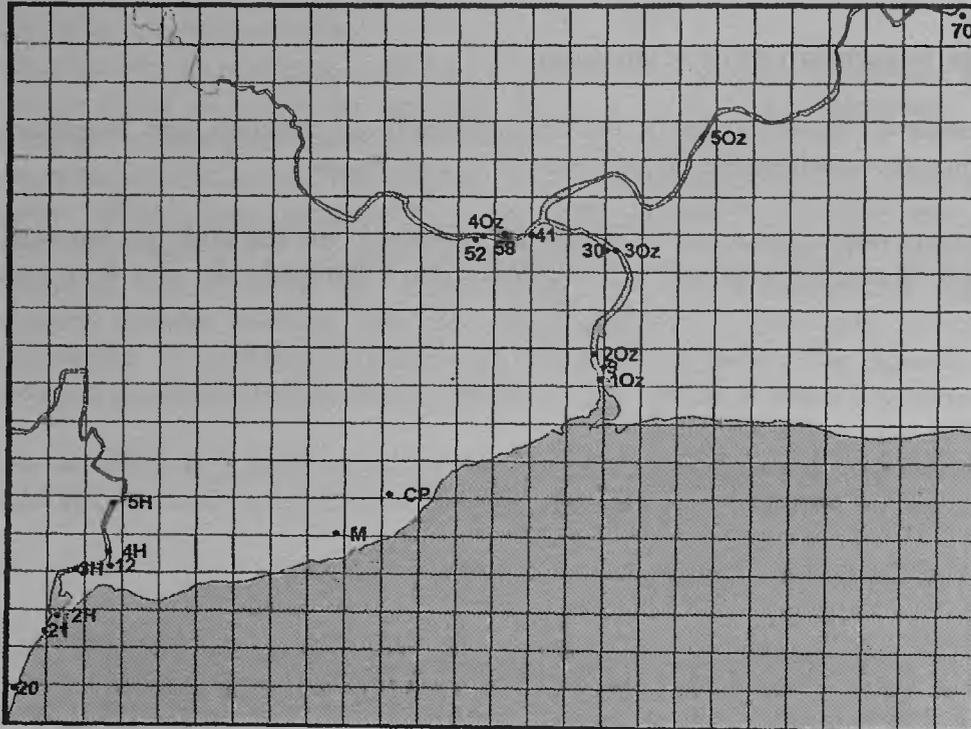
#### **Tipo de análisis, frecuencia y tipos de muestreo**

La tabla 1 presenta el tipo de fuente de emisión, frecuencia de muestreo, tipo de análisis y las estaciones de muestreo consideradas, las que se localizan en la figura 4.1.

Las fuentes terrestres que actualmente son objeto de vigilancia y que mediante una caracterización semestral, durante un año, se compruebe su no influencia, serán eliminadas del plan de vigilancia.

## Actualización del diagnóstico

La selección de las fuentes de emisión, así como los parámetros a analizar responden a los tipos de contaminantes de mayor incidencia negativa en la calidad ambiental del ecosistema y los niveles de carga contaminante aportada por cada fuente. Así, se incluyen fuentes con aportes de materia orgánica y nutrientes, hidrocarburos (aromáticos y alifáticos en la columna de agua), residuos sólidos y sólidos suspendidos y metales pesados que son los mayores causantes del deterioro ambiental de los ríos, del litoral y de la degradación de su paisaje.



### LEYENDA

2H	Sealand.	M	Metaldon
3H	Club Náutico.	9	Desagüe Destilería Barcelo No. 5
4H	Puente 6 de Noviembre.	12	Cañada Guajimía.
5H	Tres antenas.	20	Desagüe de la Refinería.
1Oz	Alcázar	21	Salida del Ingenio Haina.
2Oz	Puente Mella	30	Cañada Bonabides
3Oz	Puente Sánchez	41	Cañada San Gerónimo
4Oz	La Zurza	52	Cañada la Zurza
5Oz	Sabana Perdida	58	Desagüe Fábrica de Clavos
CP	Cervecería Presidente	70	Salida Ingenio San Luis

Figura 4.2 Red de estaciones de muestreo para evaluar las fuentes de emisión

**Tabla 4.1: Vigilancia ambiental en fuentes contaminantes al litoral de Santo Domingo.**

Nº	Fuente	Frecuencia de muestreo	Estaciones de muestreo	Tipo análisis	Observaciones
1.	Río Ozama – Isabela	semestral	Sabana Perdida, La Zurza, Puente Sánchez, Puente Mella y Alcázar.	Flujo , HC, DBO DQO, SST, Ssed., O <sub>2</sub> dis. Salinidad, Plaguicidas, sedimentos y Coliformes	El muestreo se realizará a través de las brigadas de INDRHI
2.	Río Haina	semestral	3 Antenas, Puente 6 de Noviembre, Club Náutico y Grúa SEALAND.	Flujo , HC, DBO DQO, SST, Ssed., O <sub>2</sub> dis. Salinidad, Plaguicidas, Sedimentos y Coliformes	El muestreo se realizará a través de las brigadas de INDRHI
3.	Cañada La Zurza	semestral	Descarga al Río Isabela	Flujo, DBO, DQO, SST, Ssed., Grasas	El muestreo se realizará a través de las brigadas de CAASD
4	Cañada Guajimía	semestral	Descarga al Río Haina. Buenos Aires, Herrera.	Flujo, DBO, DQO, SST, Ssed., Grasas	El muestreo se realizará a través de las brigadas de CAASD
5	Cañada Bonabides	semestral	Descarga al Río Ozama	Flujo, DBO, DQO, SST, Ssed., Grasas	El muestreo se realizará a través de las brigadas de CAASD
6	Alcantarilla San Gerónimo	semestral	Litoral	Flujo, DBO, DQO, SST, Ssed., Grasas y Plaguicidas,	El muestreo se realizará a través de las brigadas de CAASD
7	Ingenio Ozama (San Luís)	Epoca de zafra. Mensual	Descarga al Río Ozama	Flujo, DBO, DQO, SST, Ssed.,	El muestreo se realizará por INDOTEC
8	Ingenio Haina	Epoca de zafra. Mensual	Salida del efluente en la propia industria	Flujo, DBO, DQO, SST, Ssed.,	El muestreo se realizará por INDOTEC.
9	Destilería Barceló	semestral	2 salidas del efluente en la propia industria	Flujo, DBO, DQO, SST, Ssed.,	El muestreo se realizará por INDOTEC.
10	Cervecería Presidente	semestral	Salida del efluente en la propia industria	Flujo, DBO, DQO, SST, Ssed.,	El muestreo se realizará por INDOTEC.

**Tabla 4.1: Vigilancia ambiental en fuentes contaminantes al litoral de Santo Domingo (Continuación).**

11	Cervecería Bohemia	Semestral	Salida del efluente en la propia industria	Flujo, DBO, DQO, SST, SSed.,	El muestreo se realizará por INDOTEC
12	Estación Agrodelta	Trimestral	Salida del efluente en la propia industria	Flujo, DBO, DQO, SST, SSed.,	El muestreo se realizará por INDOTEC
13	Pollo Cibao	Trimestral	Salida del efluente en la propia industria	Flujo, DBO, DQO, SST, SSed.,	El muestreo se realizará por INDOTEC
14	Levapan	Trimestral	Salida del efluente en la propia industria	Flujo, DBO, DQO, SST, SSed.,	El muestreo se realizará por INDOTEC
15	La Manicera	Semestral	Salida del efluente en la propia industria	Flujo, DBO, DQO, SST, SSed., Grasas	El muestreo se realizará por INDOTEC
16	Industrias Nacionales	Semestral	Salida del efluente en la propia industria	DQO, Metales pesados	El muestreo se realizará por INDOTEC
17	INDUSPAPEL	Semestral	Salida del efluente en la propia industria	Flujo, DQO, SST, Ssed. .	El muestreo se realizará por INDOTEC
18	Colgate – Palmolive	Semestral	Salida del efluente en la propia industria	Flujo, DBO, DQO, SST, SSed., Grasas	El muestreo se realizará por INDOTEC
19	Refinería de Petróleo	Semestral	Salida del separador de petróleo	Flujo, DQO, SST, H/C, Fenoles	El muestreo se realizará por INDOTEC
20	METALDOM	Semestral	Salida del efluente en la propia industria	metales pesados	El muestreo se realizará por el Lab. de Física, de la UASD

Nota: En la relación de fuentes contaminantes facilitadas por la Oficina de Saneamiento Ecológico, aparece un grupo numeroso de mataderos y otras industrias importantes que no fueron evaluadas durante las etapas de trabajo efectuadas en el Proyecto. En el Anexo 1 también aparecen otras no caracterizadas. Debe confeccionarse un programa de visitas a las mismas y seleccionar las que tienen mayor incidencia en la contaminación de los ríos y litoral.

## **Tendencia de la calidad del ecosistema fluvial y litoral.**

- **Río Ozama.**

Es la principal fuente de contaminación al litoral. Aporta grandes cantidades de materia orgánica, hidrocarburos, sólidos sedimentables y metales pesados. Este río recibe descargas de las más importantes y mayor número de industrias y asentamientos humanos que existen en su cuenca, así como la escorrentía urbana de un importante sector de la ciudad.

Las propuestas de Plan de Manejo Ambiental están dirigidas a las soluciones de las fuentes contaminantes responsables de su degradación. El saneamiento de este río constituye el principal elemento para la solución de la contaminación del litoral.

- **Río Haina.**

No aporta grandes cantidades de materia orgánica al litoral. Sus principales contaminantes son los metales pesados. La concentración de estos elementos en el sedimento son inferiores a los encontrados en el Río Ozama. Este río también recibe descargas de aguas servidas.

Las propuestas del Plan de Manejo están dirigidas a la solución de las instalaciones que afectan la calidad de su rivera.

- **Cañada La Zurza.**

Es la principal fuente de contaminación al Río Ozama. Aporta las mayores cargas de materia orgánica expresadas en términos de  $DBO_5$ , grasas, sólidos suspendidos y sedimentables y metales pesados.

Las propuestas realizadas en el Plan de Manejo están dirigidas a la solución definitiva de la disposición final de las aguas residuales que esta cañada descarga al río. Las propuestas realizadas son el empleo de planta convencional de tratamiento de residuales y/o mediante emisario submarino. Se deben estudiar todas las fuentes que descargan a la misma, y buscar algunas soluciones alternativas que mitiguen el impacto de esos vertimientos.

- **Cañada Guajimía.**

Constituye la principal fuente de contaminación por materia orgánica, grasas y sólidos suspendidos y flotantes al Río Haina. Recibe las descargas de un grupo de industrias y de núcleos poblacionales existentes a todo lo largo de su recorrido. La solución de esta cañada está vinculada fundamentalmente con la remodelación del sistema de alcantarillado, la recogida de la basura y la gestión de los residuales de algunas industrias vinculadas a ella.

- **Cañada Bonabides.**

Es la segunda cañada en importancia en el aporte de residuales urbanos líquidos y sólidos. Estos contaminantes proceden de un grupo de barrios marginales asentados en las márgenes de este arroyo, así como de la escorrentía de una zona de la ciudad. Esta cañada aporta grandes cantidades de sólidos flotantes en las épocas de lluvias.

La solución de los residuales de esta cañada está vinculada con las soluciones previstas para los barrios marginales y el futuro sistema de alcantarillado de la ciudad.

- **Alcantarillado San Gerónimo.**

Es la principal fuente de aguas servidas a la zona litoral. No recibe aportes importantes de residuales industriales. La eliminación de estas descargas constituye un elemento esencial para el saneamiento del litoral. La solución definitiva, está vinculada con la rehabilitación del sistema de alcantarillado.

- **Ingenio Ozama (San Luís).**

Durante la época de zafra constituye una fuente de gran impacto ambiental al Río Ozama, ya que aporta grandes cantidades de materia orgánica, sólidos suspendidos y sedimentables. En el período de lluvias , continua siendo una importante fuente de contaminación por los arrastres de contaminantes producidos por las escorrentías de los campos cañeros fertilizados con las aguas residuales y la cachaza.

Debe estudiarse la posibilidad de tratar estos residuales. Esta contemplado en los estudios del saneamiento de la cuenca del Río Ozama.

- **Ingenio Haina.**

Es la principal industria contaminante por materia orgánica y sólidos suspendidos al litoral. Esta industria solo trabaja en el período que dura la zafra azucarera. Es la industria que realiza la mayor descarga al litoral. Es necesario definir la disposición final de sus residuales.

- **Destilería Barceló.**

Constituye la segunda mayor fuente de aportes de contaminantes orgánicos al Río Ozama. También descarga importantes cantidades de sólidos suspendidos totales y sedimentables. Actualmente la torre de destilación no se encuentra funcionando. Este proceso fue trasladado para San Pedro de Macorís.

La propuesta de Plan de Manejo está dirigida a la desactivación definitiva de esta parte del proceso de la industria, que constituye el principal aporte de contaminante de esta fuente al río.

- **La Manicera.**

Es la principal fuente de aporte de grasas a la cañada La Zurza y al Río Ozama. En la actualidad cuenta con una planta de tratamiento de residuales para los desechos producidos en la fabricación de aceite.

- **Cervecería Presidente.**

Es la segunda industria contaminante al litoral por materia orgánica y sólidos suspendidos. Su aporte de contaminantes orgánicos es superior al de la alcantarilla San Gerónimo.

La propuesta del Plan de Manejo es la construcción de una planta de tratamiento. Se plantea que se encuentra en fase de construcción.

- **Cervecería Bohemia.**

Eventualmente podría tener cierta incidencia en el aporte de contaminantes al Río Haina. Posee una planta de tratamiento de residuales que periódicamente debe ser supervisada por el Estado.

- **Agrodelta.**

Esta industria no fue caracterizada completamente. Requiere de otras mediciones de caudales y toma de muestras. Descarga sus residuales al Río Haina. Debe ser monitoreada sistemáticamente y analizar si requiere tratamiento para sus residuales.

- **Levapan.**

No fue totalmente caracterizada. Sus residuales son infiltrados en el manto freático. Requiere de monitoreo sistemático. Tiene prevista la construcción de una planta de tratamiento para sus residuales.

- **Matadero de Pollos Cibao.**

Realiza una contribución importante de materia Orgánica, grasas y sólidos suspendidos y sedimentables al Río Ozama. Requiere de control sistemático. Posee una planta de tratamiento de residuales, la cual no trabaja con buena eficiencia.

- **Industrias Nacionales (INCA).**

Es la principal industria contaminante por metales pesados al Río Ozama. Requiere de monitoreo sistemático. Actualmente cuenta con una planta de tratamiento para sus residuales.

- **Colgate - Palmolive.**

Actualmente no realiza un aporte significativo de residuales a la cañada La Zurza. Posee una planta de tratamiento de residuales que trabaja eficientemente.

- **INDUSPAPEL.**

Aporta gran cantidad de sólidos sedimentables al Río Haina. Requiere del empleo de sedimentadores dentro del sistema de tratamiento de residuales que debe construir.

- **Refinería de petróleo.**

Esta industria eventualmente podría tener incidencia en la contaminación por hidrocarburos al Río Haina y a la zona litoral. Debido a que es una gran fuente potencial de contaminación por petróleo, debe tener actualizado su Plan de Contingencia y disponer de medios necesarios para contrarrestar un posible derrame. Su sistema separador de hidrocarburos trabaja con buena eficiencia.

- **Fábrica Milano, DOMINIT y Oxígeno Dominicano.**

Estas industrias no inciden significativamente en la contaminación al medio ambiente. En Oxígeno Dominicano debe construirse una trampa de sólidos.

### **4.3.3 Revisión y control de las inversiones.**

Otro aspecto importante de la vigilancia ambiental en las fuentes de emisión lo constituye el control y revisión de las inversiones, que considera las ampliaciones o cambios de tecnologías en industrias o proyectos de actuación existentes, así como las nuevas inversiones proyectadas en el territorio.

Su importancia radica en que las diferentes actuaciones de desarrollo originan en la mayoría de los casos importantes alteraciones al medio ambiente. Incluso proyectos destinados al tratamiento y mejoramiento de sus aguas residuales pueden producir cambios significativos en la estructura y funcionamiento del ecosistema sino se lleva a cabo una integración adecuada del proyecto en el territorio.

En la zona de estudio la destilería Barceló, cervecería Bohemia, La Manicera, Colgate - Palmolive, Levapan, matadero de Pollos Cibao e Industrias Nacionales, han sufrido cambios tecnológicos y productivos que requieren de nuevos monitoreos. La destilería eliminó el proceso de destilación de la industria y actualmente se dedica fundamentalmente a la fabricación de ron. La cervecería Bohemia construyó una moderna planta de tratamiento de residuales, la cual minimiza sus aportes de residuales al medio ambiente. La misma situación presenta la Manicera . Esta industria ha reducido significativamente sus aportes de grasas a la cañada La Zurza. Colgate - Palmolive cuenta con un sistema de tratamiento recientemente construido que trabaja eficientemente. En el caso de Levapan, si terminó la construcción de su planta de tratamiento, es necesario realizar nuevas caracterizaciones.

Es necesario evaluar las plantas de tratamientos del matadero de Pollos Cibao e Industrias Nacionales para determinar las razones de sus ineficiencias.

### 4.3.4 Cronograma de ejecución

ACTIVIDAD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Control de calidad en agua		■						■				
Control de calidad en sedimentos	<b>Cada tres años</b>											
Muestreo de organismos para bioacumulacion		■			■			■			■	
Estudios biológicos:												
Fitoplancton		■						■				
Zooplancton		■						■				
Pigmentos fotosintétizadores		■						■				
Producción primaria		■						■				
Control de las fuentes:	<b>2 años de trabajo</b>											
Río Ozama			■			■			■			■
Río Haina												
Cañada La Zurza			■						■			
Cañada Guajimía												
Cañada Bonabides												
Alcantarillado San Gerónimo												
Ingenio Ozama	■	■	■	■								
Ingenio Haina	■	■	■	■								
Destilería Barceló						■	■	■	■	■	■	■
Cervecería Presidente						■	■	■	■	■	■	■
Cervecería Bohemia						■	■	■	■	■	■	■
La Manicera			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Agrodelta												
Levapan												
Pollos Cibao			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Industrias Nacionales												
Colgate - Palmolive												
INDUSPEPEL												
Refinería de Petróleo												
Informe Parcial	<b>Al concluir el año de muestreo</b>											
Informe Final	<b>Integración con los resultados de sedimentos y biología</b>											

#### 4.4 Elementos para la elaboración de un Plan de Contingencia.

Para la elaboración de un Plan de Contingencias en casos de derrames de hidrocarburos y otras sustancias nocivas desde buques, instalaciones terrestres o marinas, entran en juego un grupo de cuestiones entre las cuales se encuentran las estructuras gubernamentales, las cuales varían según el país en cuestión, los medios de que disponen los Gobiernos para elaborar planes nacionales y la diversidad de sustancias que pueden ser objeto de un derrame. Es posible preparar organizaciones o planes modelos que sirvan concretamente para todas las situaciones imaginables y que fuesen plenamente satisfactorios, es necesario identificar los puntos que procede tener en cuenta al establecer organizaciones de lucha contra derrames y al preparar planes de contingencias [62].

El establecimiento de una organización para las operaciones anticontaminación no consiste en tener almacenados cierta cantidad de equipos para combatir la contaminación, lo esencial de una organización, es que cuente con un personal adiestrado, con buques y aviones, medios de comunicación, vigilancia, apoyo y mantenimiento y otras. Es difícil de estructurar de una sola vez un plan completo de contingencias ; hay que estructurarlo a medida que se reciben o se van creando los medios previstos en el plan ; se debe utilizar inicialmente las organizaciones existentes, tales como las vinculadas a la inspección de buques, servicios de guarda costas, departamentos municipales de obras públicas y las fuerzas armadas. Se debe escoger un determinado organismo rector, que sea el responsable del establecimiento de la organización nacional de operaciones anticontaminación marina, con autoridad para planificar en su conjunto y coordinar los esfuerzos nacionales en esta materia.

El Plan de Contingencias se define como un conjunto de informaciones y disposiciones para asegurar que la respuesta a un derrame de petróleo sea lo más rápida, eficiente y menos costosa, reduciendo a un mínimo los daños causados por un siniestro. [63].

Los factores que se deben tener en cuenta para la elaboración de un plan de contingencias comprende:

- Evaluación de la naturaleza y magnitud de la amenaza que pueda ocurrir.
- Características geográficas de la zona.
- Efectos en el medio ambiente de cada tipo de contaminación
- Estructura gubernamental y subdivisiones administrativas.
- Posibilidad de recurrir a organizaciones adecuadas existentes del sector industrial o de países vecinos.

##### **Evaluación de la naturaleza y magnitud de la amenaza.**

Debe valorarse la susceptibilidad y vulnerabilidad del medio marino y zona litoral en lo referente a los atractivos naturales, pesca, flora y fauna, o de intereses económicos. El Gobierno tendrá que determinar el grado de urgencia y la amplitud que se quiera dar a la intervención, teniendo en cuenta las limitaciones financieras, de personal o de otro tipo. Las acciones se extenderán a las costas, zonas marítimas adyacentes, los puertos, terminales de carga y descarga en tierra o dentro del mar y las aguas por donde navegan los buques tanqueros.

En cuanto a la contingencia de que se trate, las cuales pueden ser de hidrocarburos crudos o sus productos, y gran variedad de productos químicos, muchas veces los elementos que rigen la planificación para contingencias y la índole y el alcance de la organización necesaria de operaciones anticontaminación son comunes a todos los casos. Lo primero y más importante en la preparación de los planes, es identificar los sitios en que haya más posibilidades de que ocurra y tenga mayores consecuencias algún suceso. Esta identificación comprende :

- Lugares en que se manipulen hidrocarburos o sustancias nocivas en cantidades suficientes para constituir un riesgo de contaminación.(depósitos al aire libre, terminales con oleoductos y refinerías)
- Cantidades y frecuencia con que se manipulan esas materias.
- Intensidad del tráfico marítimo. (tanqueros que arriban a los puertos y que circulan a lo largo de las costas)
- Zonas y actividades particularmente vulnerables desde el punto de vista ecológico.(pesqueras, flora y fauna, aves acuáticas y la explotación de los recursos del mar.
- Características oceanográficas, meteorológicas y geográficas de la zona para pronosticar el modo en que los factores ambientales pueden incidir. (corrientes, vientos, etc.)

Una vez identificadas las fuentes posibles de contaminación y las zonas particularmente expuestas, se estará en condiciones de estructurar una organización de lucha contra derrames.

### **Consideración de otros elementos a tener en cuenta ante una emergencia para el plan de operaciones anticontaminación.**

Los derrames mayores no suelen ser más que uno de los aspectos de una situación de emergencia. Cuando se produce un siniestro marino o en las instalaciones terrestres, estos pueden ocasionar muertes, o heridas graves u otras consecuencias que durante algún tiempo merecen prioridad frente a las medidas contra la contaminación. No obstante, puede ser necesario movilizar y aprestar la organización de lucha contra la contaminación, al mismo tiempo que se atiende a esos aspectos más urgentes.

Otros aspectos que también se pueden desarrollar son los relativos a la contención de la contaminación, búsqueda y salvamento. Aunque no siempre es posible de lograr, hay que tratar de que todas las actividades ante un siniestro, recayesen en un mismo organismo rector.

Todo derrame de hidrocarburos de grandes proporciones entrañará una contaminación de las playas. Las operaciones de limpieza de estas, se le encargaran a las autoridades locales con sus respectivos medios.

### **Amplitud de la organización de operaciones anticontaminación.**

La organización de lucha contra la contaminación debe guardar relación con la magnitud y el carácter de la amenaza, con las posibles consecuencias de un derrame y con la posibilidad de fondos. No es necesario elaborar planes detallados para hacer frente al peor de los sucesos imaginables, pero los preparativos deben tener la flexibilidad necesaria para que sea fácil, o ampliarlos si hay que hacer frente a un desastre de grandes proporciones, o realizar una operación particularmente complicada. Los planes deben abarcar tanto la operación anticontaminación con

medios relativamente modestos para derrames pequeños y localizados, como la de compleja coordinación para grandes derrames.

Las organizaciones para operaciones anticontaminación garantizan:

- Velan porque se proporcione el equipo especializado de lucha contra la contaminación.
- Se encargan de las actividades de formación y enlace necesarias.
- Preparan los planes de contingencia
- Ejecutan esos planes.

La organizaciones para operaciones anticontaminación solo proporcionan por su cuenta el personal y los medios esenciales para hacer frente al derrame. El resto lo reciben del organismo central o de otros organismos oficiales y del sector privado.

### **Delegación de la responsabilidad gubernamental.**

El Gobierno tendrá que ver, si bastará con una sola organización nacional de limpieza de la contaminación para hacer frente a tales sucesos, o si conviene más delegar parte o la totalidad de la responsabilidad en los organismos que se ocupan del mar, la costa, los puertos y sus zonas naturales y las aguas naturales interiores. Sea cual fuere la decisión, es indispensable que se definan y se comprendan claramente las responsabilidades. El gobierno procurará :

- que tanto en la planificación como en las operaciones, se tenga en cuenta la vulnerabilidad relativa de las distintas zonas marítimas o franjas del litoral y que se establezcan las correspondientes prioridades.
- Que se hayan tomado las medidas adecuadas para que los organismos de lucha contra la contaminación, consulten con las organizaciones que representen los intereses pesqueros y de la defensa de la flora y fauna, tanto durante la etapa de planificación como durante las operaciones, o que todos los organismos conozcan de dichos intereses y los tengan en cuenta.
- Que existan medios adecuados de comunicación para deliberaciones urgentes con todos los sectores pertinentes.
- Que se concierten arreglos adecuados con los capitanes de buques que se hallen en aguas adyacentes y con los comandantes de aeronaves que sobrevuelan esas aguas, para que notifiquen cualquier derrame de hidrocarburos o de productos químicos, avistando a un determinado organismo, el cual se ocupará de que dicho informe sea inmediatamente transmitido a los organismos rectores.
- Que se establezca un enlace adecuado entre la organización nacional de defensa contra la contaminación y las encargadas de otros aspectos de una situación de emergencia en el mar.
- Que las medidas adoptadas para transmitir noticias a los medios de información sean adecuados y no entorpezcan las operaciones.
- Que se provean medios para la formación de personal en las técnicas pertinentes de lucha contra la contaminación.
- Que con determinada prioridad, se hagan ejercicios para descubrir cualquier insuficiencia de los planes, actualizarlos y para cerciorarse del buen estado de preparación de los organismos participantes.
- Que cualquiera que sea el momento en que se produzca un suceso, existan medios adecuados para establecer contacto con todas las personas que probablemente hayan de intervenir. Habrá

que confeccionar directorios adecuados correspondientes a los distintos niveles y sectores de la organización oficial.

- Que se revisen de vez en cuando todos los planes y se modifiquen o actualicen cuando haga falta por cambios en las circunstancias, nuevos adelantos y técnicas, cambios de personal, etc.
- Que se analicen todas las operaciones y los ejercicios después de su ejecución, para poder sacar lecciones y difundirla entre todos los interesados.

### **Funciones de una organización para operaciones anticontaminación.**

Constituyen elementos básicos comunes de los planes de contingencias, a cualquier nivel, las autoridades, nuevas o existentes, que se hayan designado a los siguientes efectos :

- Operaciones de limpieza de carácter local.
- Operación anticontaminación a nivel de distrito o región.
- Operación anticontaminación a nivel nacional.
- Operación anticontaminación que entrañe cooperación internacional.
- Mantener el enlace con los Ministros (Secretarios de Estado).
- Mantener el enlace con el sector industrial.
- Encargarse de las relaciones con el público.
- Resarcirse de los gastos después del suceso.

Es indispensable conferir a una departamento (de una Secretaría) o a una persona, un puesto general de dirección, para que se encargue del cumplimiento de todas las funciones desarrolladas en el acápite anterior.

### **Estructura de mando.**

La estructura de mando de la organización nacional, que es el brazo ejecutivo u operativo de la lucha contra la contaminación, variará según que todas las operaciones estén bajo un control central o que la autoridad se delegue. Hay que definir y comprender claramente la división de responsabilidades. Si la responsabilidad se delega, en cada sector deberá nombrarse a un jefe encargado tanto de la labor de planificación como de las operaciones y vigilarlas. Es imprescindible que dedique a su tarea el tiempo y la atención que haga falta, que funcione el enlace con quienes puedan estar interesados con otros aspectos del suceso, que mantenga buenas comunicaciones tanto con las fuerzas que están a sus ordenes como con otros órganos responsables y que se le confiera la autoridad necesaria para ejercer su tarea.

No es necesario establecer una organización totalmente autónoma ; se puede recurrir a las organizaciones existentes.

Cuando ocurra un derrame en el mar, será necesario seleccionar buques adecuados y tomar medidas para utilizarlos con rapidez.

### **Ejecución del Plan.**

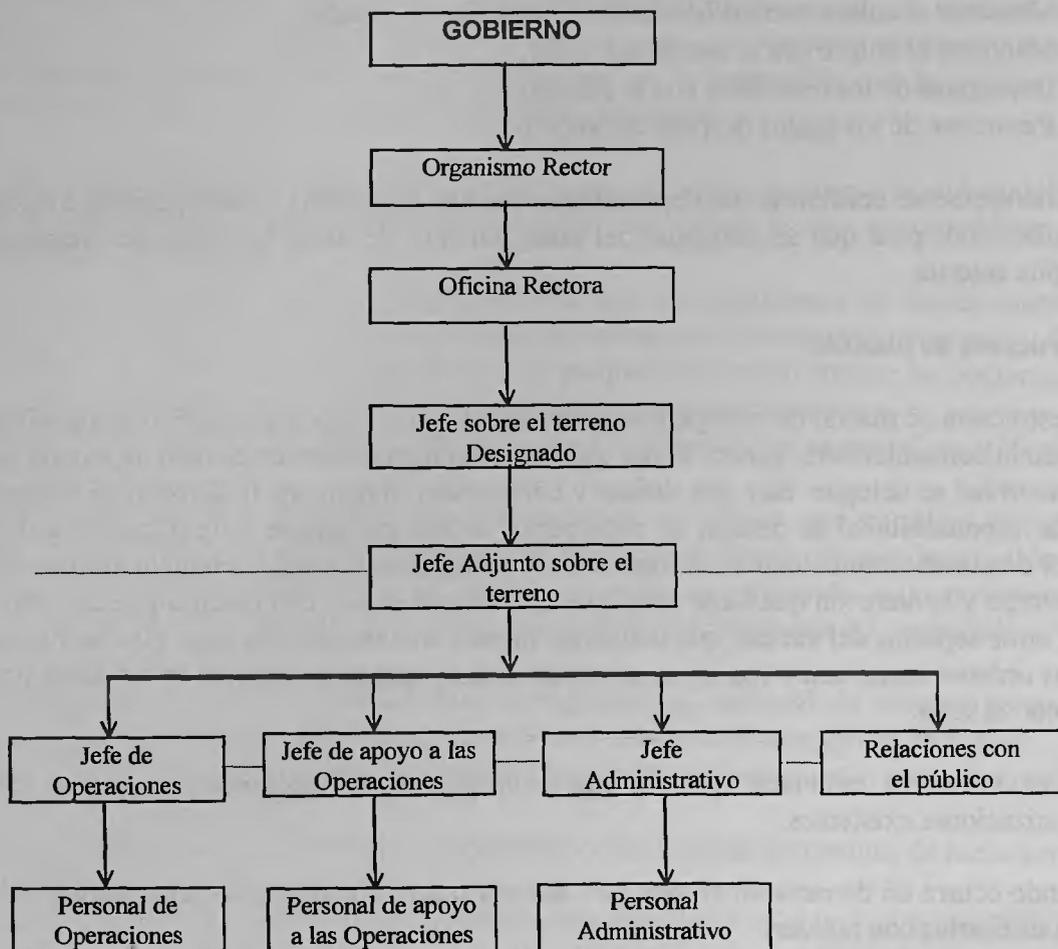
El trabajo de reacción ante un derrame es un factor primordial, por lo que el esfuerzo inicial encaminado a limitar su alcance, es un elemento decisivo en la operación general de limpieza y

contribuirá a reducir al mínimo los daños al medio ambiente. En los preparativos para la ejecución de un plan, hay que incluir una clara definición de quien tiene que dar la orden inicial y quienes deben controlar las operaciones, preparativos para establecer una base de operaciones avanzada, la movilización progresiva del personal y la movilización y el empleo de los recursos necesarios, nombramiento de un jefe embarcado y la alerta a los organismos interesados en otros aspectos del suceso.

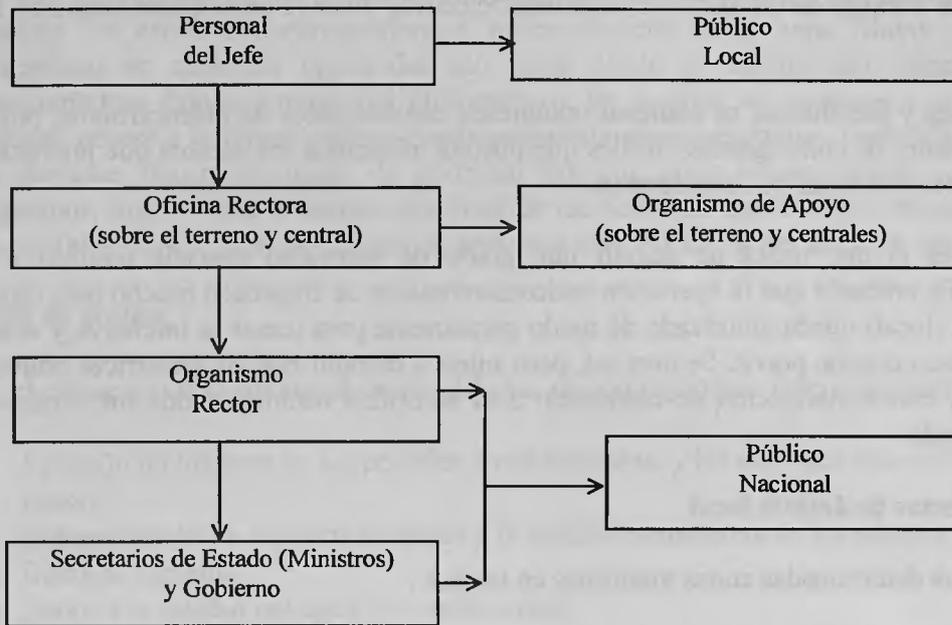
**Relaciones con el público y enlace con los Secretarios de Estado (Ministros).**

Debe encargarse de estas cuestiones la autoridad central. En un derrame de magnitud considerable, es conveniente nombrar a otra persona para atender las peticiones de los medios informativos. Esta persona debe estar cerca del suceso y se mantendrá bien informada a medida que se vaya desarrollando el suceso. Necesitará locales y medios de comunicación adecuados.

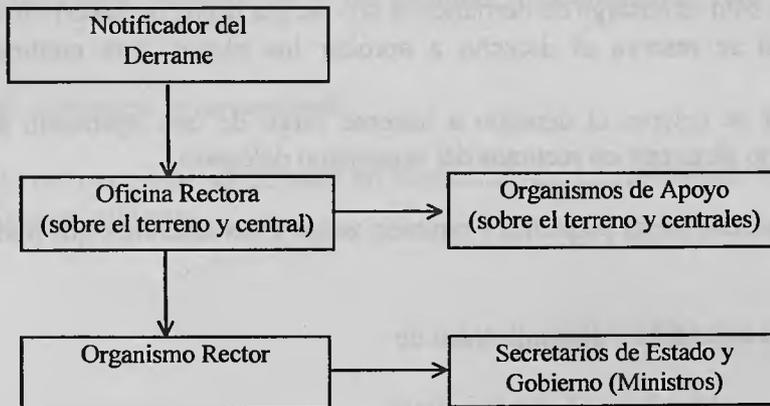
**Organigrama típico de la estructura de mando para una operación importante de limpieza.**



### Estructura sobre las operaciones ante un derrame



### Organigrama sobre advertencias en un derrame.



En la zona de estudio se encuentra ubicada la Refinería de Petróleo Dominicana, la cual posee depósitos de petróleo crudo, productos refinados, una estación de trasvase en el mar (boya), una zona de almacenaje de crudos en Nizao y un oleoducto de Nizao a la refinería. Esta industria también entrega combustibles a través de un oleoducto a la termoeléctrica ubicada en la desembocadura del Río Haina.

En estas instalaciones y oleoductos, se manejan volúmenes considerables de hidrocarburos, por lo cual deben existir planes de contingencias locales que puedan minimizar los efectos que provocaría un derrame de petróleo de magnitud considerable.

El órgano central es el que habrá de decidir que grado de autoridad procede conferir a la organización local. Es probable que la operación anticontaminación se emprenda mucho más rápido si esta organización (local) queda autorizada de modo permanente para tomar la iniciativa y actuar sin tener que pedir autorización previa. Se hará así, pero sujeta a cumplir con las directrices políticas que se consideren y con la obligación de comunicar a la autoridad nacional todos los sucesos y operaciones que ejecute.

### **Planes de contingencias de ámbito local.**

Estos se elaboran para determinadas zonas marítimas en las que :

- Es considerable la probabilidad de que se produzcan derrames
- Las consecuencias de los derrames pueden ser graves.

En lo referente a su estructura de mando más apropiada, estos planes prevén la intervención de oficinas sobre el terreno.

El organismo rector nacional se asegura de que :

- El organismo delegado solo se encarga de derrames a los que sea capaz de hacerle frente.
- El organismo nacional se reserva el derecho a aprobar los planes para contingencias del organismo delegado.
- El organismo nacional se reserva el derecho a hacerse cargo de una operación de limpieza determinada si ve que no alcanzan los recursos del organismo delegado.

Estos planes locales solo abarcan zonas pequeñas y también zonas e instalaciones que pudieran verse afectadas por un derrame.

Deben estar enterados de la ubicación y disponibilidad de :

- Equipos de limpieza y combinaciones de tales equipos.
- Instalaciones para almacenar, tratar o eliminar material contaminado.
- Buques, botes, aeronaves y vehículos
- Comunicaciones (incluido el equipo para trabajar en frecuencia discreta)
- Otros puertos, fondeaderos y rutas de navegación para desviar tráfico.
- Autoridades de control de tráfico marítimo.
- Lista de personas a las que se acudirá en caso de emergencia.

- En el plan local se especifica que si la operación parece rebasar la capacidad de actuación local, se pondrán en marcha los planes de ámbito nacional, con sus estructuras de mando y medios.

Para la elaboración de los planes de contingencias de la refinería y sus instalaciones, es necesario realizar los estudios oceanográficos y meteorológicos de la zona (lluvia y seca), para poder determinar en cualquier época del año hacia donde se dirigirá una mancha de petróleo, las características físico-químicas del hidrocarburo, las posibles afectaciones a la flora y fauna, áreas críticas, acceso a las áreas críticas, zonas potencialmente amenazadas, probabilidad de ocurrencia de un derrame, transporte, orden de prioridad para las zonas potencialmente amenazadas, aspectos logísticos, lugares para la disposición final de los desechos recolectados, inventario de los recursos disponibles en la región, directorios de personas e instituciones vinculadas a contingencias.

### **Plan de acción.**

Es el elemento más importante dentro del plan de contingencias. Este comprende :

- Revisión de los usos en las posibles áreas afectadas, y los usos que estuvieron y que estarán bajo riesgo.
- Determinación de los tipos de daños y la medida cuantitativa de los mismos.
  - a) Daños al turismo.
  - b) Daños a la calidad del agua y los sedimentos
  - c) Daños a las especies económicas.
  - d) Daños al habitat.

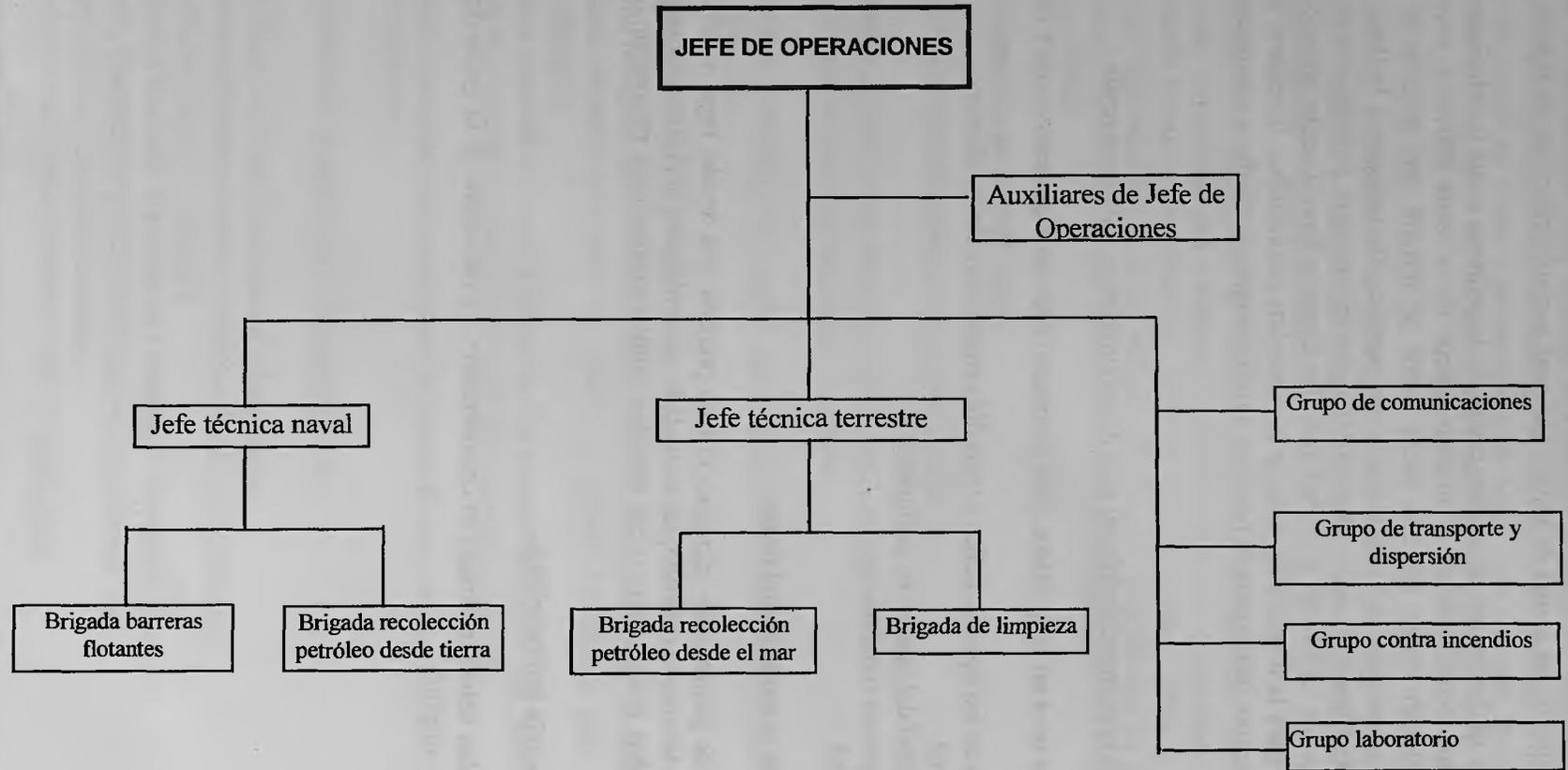
### **Reporte final de la evaluación del daño.**

Constituye la fuente primaria de información para preparar una acción legal y debe constituir un examen detallado del suceso ocurrido, las actividades desarrolladas, decisiones tomadas y resultados obtenidos, los daños ocasionados y las medidas implementadas para minimizar los efectos del derrame.

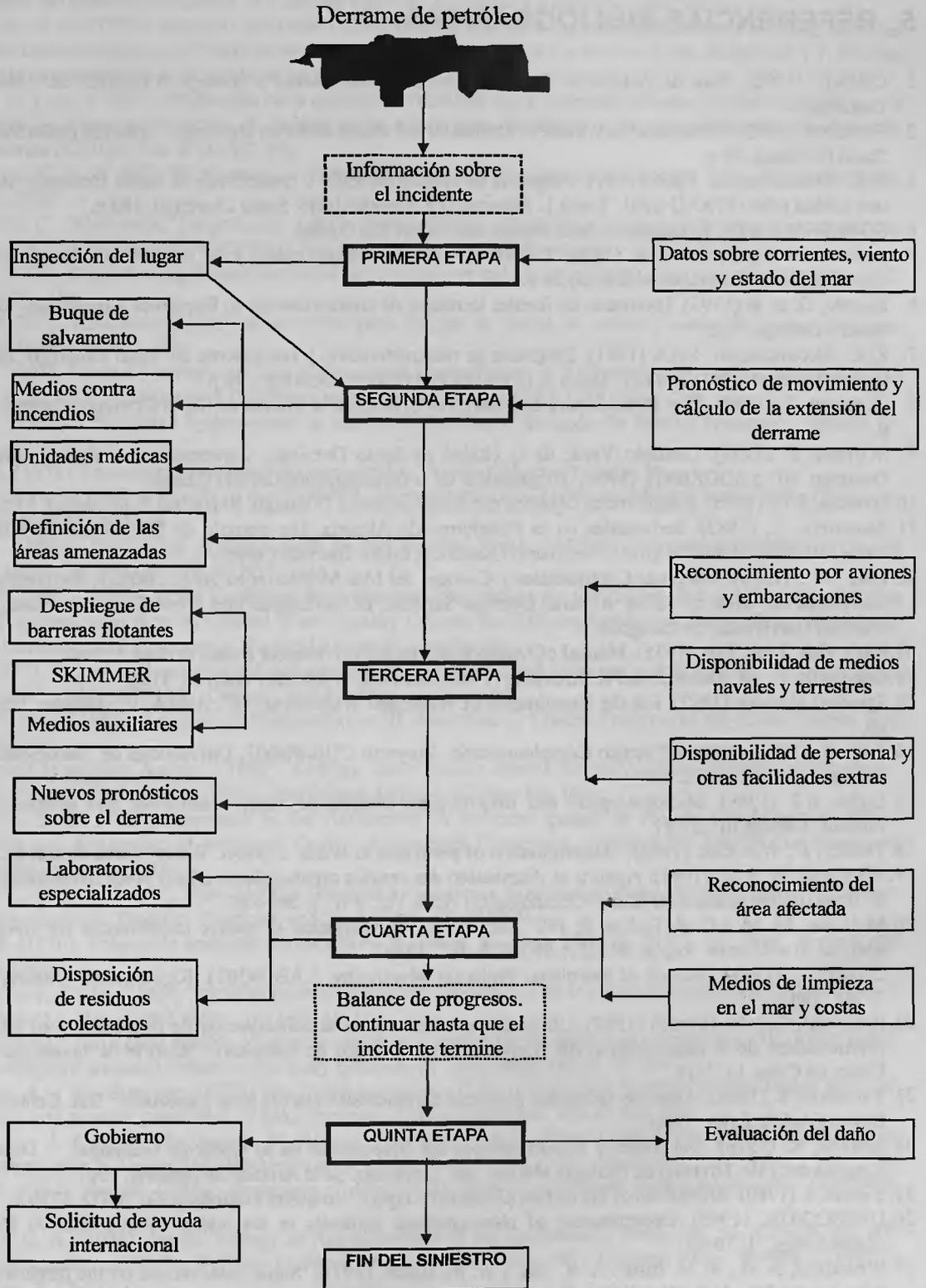
### **Solicitud de asistencia internacional.**

Este aspecto del plan debe ser tomado en consideración. La naturaleza de la ayuda dependerá de las características del siniestro.

# Organigrama de la estructura típica de mando para una unidad local



## Metodología de acción frente a un derrame de petróleo.



## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

1. CIMAB. (1992). Plan de Asistencia Técnica: Proyecto Planificación y Manejo Ambiental del Litoral de Santo Domingo.
2. SURENA. (1993). Planificación y Manejo Ambiental del litoral de Santo Domingo. Informe preliminar de Fuentes. Santo Domingo. 30 p.
3. ELC- Electroconsult S.p.A (1991). Programa de reestructuración y crecimiento de Santo Domingo. Realización de una unidad piloto.SDO-D-2101, Tomo 1. Acueducto y Alcantarillado. Santo Domingo. 180 p.
4. SOGREAH. (1991). Diagnóstico de la contaminación del Río Ozama
5. Auditorias e Ingenierías. S.A. (1994). Calidad de las aguas superficiales y de las infraestructuras existentes en la ciudad de Santo Domingo. AUDING, 34 p.
6. Rosado, G. et. al (1993). Inventario de fuentes terrestres de contaminación en República Dominicana. Informe Final. Santo Domingo. 70 p
7. ELC- Electroconsult S.p.A (1991). Programa de reestructuración y crecimiento de Santo Domingo. Realización de una unidad piloto.SDO-D-2101, Tomo 2. Drenaje Pluvial. Santo Domingo. 90 p.
8. Corporan, R. (1994). Plan Director para el Desarrollo Urbano de la Ciudad de Santo Domingo. Santo Domingo. 241 p.
9. Martínez, E. (1997). Cinturón Verde de la ciudad de Santo Domingo. Compendio de trabajos realizados. Santo Domingo. 107 p.SOGREAH. (1991). Diagnóstico de la contaminación del Río Ozama.
10. Galocha, R.G. (1995). Estudio oceanográfico del litoral de Santo Domingo, Republica Dominicana. I Etapa. CIMAB.
11. Zamarreño, I., (1983). Sedimentos en la Plataforma de Almería: Un ejemplo de Sedimentación Mixta Silícico - Carbonatada en Clima Templado. Seminario Científico, Editor Josefina Castellví.
12. Díaz, J.I., (1985). Márgenes Continentales y Cuencas del Mar Mediterráneo Suroccidental : Sedimentos y Procesos Sedimentarios. Instituto Jaime Almera, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Barcelona, Facultad de Ciencias Universidad de Zaragoza.
13. FAO. Fish. Tech. Pap (1975). Manual of Methods in Aquatic Environment Research. Part 1. 26p.
14. Grasshoff, K; M. Ehrhardt and K. Kremling (1983). Methods of seawater analysis. 419p.
15. Standard Methods (1992). For the Examination of Water and Wastewater"18<sup>th</sup>. APHA. Washington. US: 2-48 and 2-60.
16. Parés R. (1982). Informe Técnico Complementario. Proyecto CUB/80/001. Universidad de Barcelona. Facultad de Biología. España: 30-32.
17. Dutka, B.J. (1989). Microbiological and toxicological analysis of water, wastewater and sediments. Research Institute, Canada III: 37-41
18. Teasley, J. ; W.S. Cox. (1963). Determination of pesticides in Water J. Amer. Water Works Assoc. 55: 14-19.
19. Marchand, M. *et al.* (1983). Apports et distribution des residus organochlores a haut poids moleculaire dans la rade de Brest (milieu marin semi-ferme) Oceanological Acta. Vol. 6 N° 3, 269-280.
20. McKown, M. M. ; C. R Tschirn & PPF Lee. (1978). Investigation of matrix interferences for AAS trace metal analyses in sediments. Report N°. EPA-600/7-78-085. 131p.
21. CARIPOL. (1980). Manual of Petroleum Pollution Monitoring. LAB (4301). Rickenbaker, Causing Miami, Fla. 33149. 14p.
22. Popowski, G. y N. Borrero (1989). Utilización de fijadores en la conservación de flagelados y su influencia en la determinación de la concentración del fitoplancton en el Golfo de Batabanó. Reporte de Investigación. Acad de Cienc. de Cuba. 11: 1-16.
23. Yacubson, S. (1969). Algas de ambientes acuáticos continentales nuevas para Venezuela. Bol. Centro Invest. Biol. Universidad de Zulia. 143p.
24. Jiménez, R. (1976). Diatomeas y silicoflagelados del fitoplancton en el Golfo de Guayaquil. Departamento de Ciencias del Mar, División de Biología Marina. Inst. Oceanogr. de la Armada de Ecuador. 73p.
25. Yamaji, I. (1980). Illustration of the marine plankton of Japan. Hoikusha Publishing Co., LTD. 537p.
26. UNESCO/UN. (1966). Determination of photosynthetic pigments in sea water. Monographs on Oceanographic Methodology. 1: 16-69.
27. Wheatland, A. B., A. M. Inste.; A. R. Aag y A. M. Bruce. (1971). Some observations on the dispersion of sewage from sea out falls. U.K. Wat. Pollut. Res. Lab. Ref. 452: 27p.

28. Galocha, R.G. et al. (1997). Proyecto Regional GEF/PNUD. Planificación y Manejo de Bahías y Zonas Costeras Fuertemente Contaminadas en el Gran Caribe. Estudio de Caso: Bahía de La Habana, Cuba. Resultado 1.4.3 Rehabilitación del emisario submarino de Playa del Chivo de Ciudad de La Habana, Cuba. 123 p.
29. González, H. et al. (1997). Proyecto Regional GEF/PNUD. Planificación y Manejo de Bahías y Zonas Costeras Fuertemente Contaminadas en el Gran Caribe. Estudio de Caso: Bahía de La Habana, Cuba. Resultado 1.1: Niveles actuales de la contaminación en la Bahía de La Habana, Cuba. 102 p.
30. Rosado A. G. y col. (1996). Evaluación de la calidad del litoral de Santo Domingo Informe Parcial preparado por la Subsecretaría de Recursos Naturales de Estado de la Agricultura (SURENA) y el Centro de Investigaciones de Biología Marina (CIBIMA) de la UASD. 19p.
31. Day, J. W. Jr; C. A. S .Hall; W. Kemp y A. Yañez Arencibia. (1989). *Estuarine Ecology* . John Wiley and Sons. New York. 558p.
32. Persich. J.M, C. Odeebrecht, Bergesh, M y P.C. Abreu. (1996). Eutrophication and phitoplankton: comparison between two shalow embayments at the Patos Lagoon estuary. *Alantica, Rio Grande Vol 18: 27-41.*
33. MINSAP (1986). Requisitos higiénicos sanitarios para lugares de baños en costas y masas de aguas interiores. NC-9307:86. Cuba. 10p.
34. MINSAP (1992). Requisitos higiénicos sanitarios para lugares de baños en costas y masas de aguas interiores. Proyecto de Norma Cubana. 10p.
35. N.O.A.A. (1991). Second Summary of Data in Chemicals Contaminants in Sediments from the National Status and Trends Program Rockville Maryland. Technical Memorandum NOAA/OMA USA. 59: 1-29.
36. IAEA/UN. (1990). Chlorinated hydrocarbons in sediments. Reference Methods for Marine Pollution Studies N°. 17: 76p.
37. Albaigés, J. (1978). La contaminación del mar por petróleo. Premio Osborne. España. 30p.
38. Atwood, D.K., *et al.* (1987). Results of the CARIPOL Petroeum Pollution Monitoring Projec in the Wider Caribbean. *Mar. Pollut. Bull. 18: 540-548.*
39. CARIPOL. (1987). Proceeding of Symposium on the Results of the CARIPOL Petroleum Monitoring Project Caribbean Journal of Science. Vol. 23 N° 1: 1-14.
40. IOC/UNEP. (1991). Report of the Caribbean Environmental Programme for the Assessment and Control of Marine Pollution. Regional Workshop on Coastal Water Quality Criteria and Effluent Guidelines for the Wider Caribbean. Caribbean Environmental Programme. Technical Report 8, Jamaica. 41p.
41. Cato, I. (1977). Recent sedimentological and geoquimical conditions and pollution problems intwo marine areas in south-western. Sweden: STRIAE, Uppsala. Vol 6: 158p.
42. Albaigés, J. *et al.* (1983). Analysis of Hydrocarbons. III Workshop in Marine Pollution of the Mediterranean Sea. Cannes, 199-203.
43. Environmental Protection Agency. (1980). Ambient water quality criteria for polynuclear aromatic hydrocarbons. EPA 440/5-80-069. NTIS PB81-117806. Washington. District of Colombia. 193p.
44. Mac Donald, D. D. (1994). Approach to the Assessment of sediment quality in Florida coastal waters. Vol.1- Development and Evaluation of Sediment Quality Assessment Guidelines. Prepared for Florida Department of Environmental Protection. 126p.
45. Botello, A.V., C. González y G. Díaz. (1991). Pollution by petroleum in sediments from continental sheld of Tabasco State, Mexico. *Bulletin. Environ.. Contanm. and Toxicology. 47: 565-571*
46. Blumer, M. (1976). Polycyclic aromatic hydrocarbons in nature. *Sci. Am. 234 (1): 34-45.* (As cited in Sims and Oversacash 1983).
47. Delgado, G. y R. Nodar (1989). Variaciones estacionales del fitoplancton en la región suroriental de la plataforma S de Cuba (Zona A). *Rev. Invest. Pesq. 14 (1-4): 48-72.*
48. Aruga, Y. (1966). Ecological studies of photosynthesis and matter production of phytoplankton. III. Relationship between chlorophyll amount in water and primary productivity. *Bot. Mag. Tokyo 79: 20-27*
49. El-Shaarawi, A. y M. Munawar. (1978). Statistical evaluation of the relationships between phytoplankton biomass, chlorophyll *a*, and primary production in Lake Superior. *J.Great Lakes Res. 4(3-4): 443-455.*
50. Popowski, G. , A. Campos, M. Sánchez, N. Borrero, R. Gómez y M.C. Pérez. (1994). Efecto de la desalinización sobre la estructura de la comunidad planctónica en la laguna de La Leche, Cuba. *Avicennia. 2: 47-61.*
51. Hasle, G.R. y G.A. Fryxell. (1995). Taxonomy of diatoms. En: *Manual of harmful marine microalgae.* UNESCO, 339-364.
52. Paffenhöfer, G. A. (1976). On the biology of Appendicularia of the southeastern North Sea, pp. 437-455 En: *10<sup>th</sup> European Symposium of Marine Biology*; G. Persoone y E. Jaspers (eds), 1975 Universa Press, Wetteren. Ostende, Belgium. Vol. 2: 17-23.
53. Espinosa, M.(1995). Residuales Industriales. Curso de Post-Grado. Instituto Dominicano de Tecnología Industrial (INDOTEC) 124 p.

54. García, A. et. al. (1995). Calidad de las aguas de los ríos Ozama-Isabela y Haina. Informe Técnico. Instituto Nacional de Recursos Hídricos. Santo Domingo. 70 p.
55. Záiter, T. INDRHI. (1996). Segundo informe de calidad de las aguas de los Ríos Ozama - Isabela y Haina
56. SEA. (1994) Informe de la primera campaña de fuentes contaminantes. Santo Domingo 30 p.
57. INDOTEC (1994). Caracterización de fuentes de contaminación, Santo Domingo.
58. Lember, C. et. al. (1985). Evaluación del efecto del Vertedero Guaricano, Canal de la Zurza y residuos domésticos e industriales sobre los ríos Isabela, Yaguaza y Ozama y el Malecón. Santo Domingo. 20 p.
59. FEEMA. (1979). Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras - SLAP. MANUAL DO MEIO AMBIENTE. Brasil. 305 p
60. Valdés, G. et. al. (1992). Sistemas de áreas protegidas de la República Dominicana. Santo Domingo.
61. Valencia, Y. (1995). Legislación Dominicana sobre la contaminación de los cuerpos de aguas y el vertido, la recolección y disposición final de residuos sólidos. Santo Domingo. 54 p.
62. Vergara, I. Pizarro, F. Manual Control de Derrames de Petróleo. IMCO - CPPS -PNUMA. 300 p.
63. Palacios, F. et al. (1990). Plan de contingencias contra derrames de petróleo para la plataforma de extracción de Marbella. Cuba. 11 p.
64. Alberto, N.M; Naut, B. y Delanoy, R (1994). Contenido de metales pesados y variables hidroquímicas en agua de los ríos Ozama e Isabela. Revista Investigación para el Desarrollo de la UASD

editora  
**AO**  
alfa y omega

Se terminó de imprimir  
en el mes de Enero del año 1999,  
en los talleres de la editora  
Alfa & Omega  
Ave. José Contreras No. 69  
Santo Domingo, República Dominicana

