

**AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON (JICA)  
GRUPO DE TRABAJO DEL ESTADO PARA EL SANEAMIENTO, CONSERVACIÓN Y  
DESARROLLO DE LA BAHÍA DE LA HABANA (GTE)  
EN LA REPÚBLICA DE CUBA**

**ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y  
EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA  
DE LA BAHÍA DE LA HABANA EN LA REPÚBLICA DE CUBA**

**INFORME FINAL  
VOLUMEN V INFORME PRINCIPAL**

**MARZO DEL 2004**

**NIHON SUIDO CONSULTANTS Co., LTD.**

**ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL  
DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA  
DE LA BAHÍA DE LA HABANA EN LA REPÚBLICA DE CUBA**

**ÍNDICE**

<b>VOLUMEN I</b>	<b>RESUMEN EJECUTIVO (EN ENGLÉS)</b>
<b>VOLUMEN II</b>	<b>INFORME PRINCIPAL (EN ENGLÉS)</b>
<b>VOLUMEN III</b>	<b>INFORME COMPLEMENTARIO (EN ENGLÉS)</b>
<b>VOLUMEN IV</b>	<b>RESUMEN EJECUTIVO</b>
<b>VOLUMEN V</b>	<b>INFORME PRINCIPAL</b>

**VOLUME V INFORME PRINCIPAL**

**ÍNDICE**

**PARTE I PLAN MAESTRO**

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABLAS

**PARTE II ESTUDIO DE FACTIBILIDAD**

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABLAS

**ABREVIATURA**

**PARTE I PLAN MAESTRO**

**CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN**

1.1	ANTECEDENTES .....	M1-1
1.2	INFORMES .....	M1-2
1.3	ÁREA DE ESTUDIO .....	M1-3
1.4	ORGANIZACION Y PERSONAL.....	M1-5
	1.4.1 ORGANIZACIÓN.....	M1-5
	1.4.2 MIEMBROS DE LA CONTRAPARTE .....	M1-6
	1.4.3 GRUPO DE ESTUDIO .....	M1-7
1.5	PROGRAMA DE ESTUDIO.....	M1-8
	1.5.1 PROGRAMA DE ESTUDIO ENTERO .....	M1-8
	1.5.2 PROGRAMA DE ESTUDIO DE FASES I Y II.....	M1-8

**CAPÍTULO 2 CONDICIONES FÍSICAS Y SOCIO-ECONÓMICAS EN  
EL ÁREA DE ESTUDIO**

2.1	CONDICIONES FÍSICAS .....	M2-1
	2.1.1 GEOLOGÍA Y TOPOGRAFÍA .....	M2-1
	2.1.2 METEOROLOGÍA.....	M2-1

2.1.3	HIDROLOGÍA .....	M2-2
2.2	CONDICIONES SOCIO-ECONÓMICAS .....	M2-4
2.2.1	POBLACIÓN .....	M2-4
2.2.2	CONDICIONES ECONÓMICAS.....	M2-5
2.2.3	CONDICIONES DE SALUD PÚBLICAS .....	M2-11
2.3	INFRAESTRUCTURA URBANA.....	M2-14
2.3.1	PLANIFICACIÓN URBANA Y USO DE LA TIERRA.....	M2-14
2.3.2	CONDICIONES PARA EL ABASTO DE AGUA Y PLANES FUTUROS.....	M2-14
2.3.3	MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.....	M2-15

### **CAPÍTULO 3 CONDICIONES AMBIENTALES, LEYES Y NORMAS**

3.1	GENERALIDADES .....	M3-1
3.2	RÍOS TRIBUTARIOS .....	M3-1
3.2.1	DATOS EXISTENTES .....	M3-1
3.2.2	ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA Y LOS SEDIMENTOS DE LOS RÍOS....	M3-3
3.3	BAHÍA DE LA HABANA .....	M3-10
3.3.1	DATOS EXISTENTES .....	M3-10
3.3.2	ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA Y EL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE LA HABANA.....	M3-16
3.4	AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES.....	M3-23
3.4.1	ESTUDIOS PREVIOS .....	M3-23
3.4.2	ESTUDIOS SOBRE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES.....	M3-27
3.4.3	RESUMEN DE LOS ESTUDIOS.....	M3-36
3.5	LEYES Y NORMAS SOBRE EL CONTROL DE LA CONTAMINACION DEL AGUA .....	M3-37
3.5.1	LEY DEL MEDIO AMBIENTE (LEY GENERAL).....	M3-37
3.5.2	CONTROL DE LA CONTAMINACION DEL AGUA.....	M3-38
3.5.3	NORMAS.....	M3-38
3.5.4	NORMAS SOBRE LA CALIDAD DE LAS DESCARGAS EN EL ALCANTARILLADO .....	M3-40
3.5.5	NORMAS SOBRE CALIDAD DE LOS EFLUENTES.....	M3-42
3.5.6	NORMAS SOBRE CALIDAD AMBIENTAL PARA LAS AGUAS DE PESCA .....	M3-42

### **CAPÍTULO 4 ANÁLISIS DEL NIVEL ACTUAL DE CONTAMINACIÓN Y MODELO DE SIMULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA BAHIA DE LA HABANA**

4.1	GENERALIDADES .....	M4-1
4.1.1	ANÁLISIS DEL NIVEL DE CONTAMINACIÓN.....	M4-1
4.1.2	MODELO DE SIMULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA BAHÍA DE LA HABANA.....	M4-1
4.2	CARGAS DE CONTAMINANTES.....	M4-1
4.2.1	METODOLOGÍA .....	M4-1
4.2.2	CARGA DE CONTAMINACIÓN GENERADA.....	M4-2
4.2.3	CARGAS DE CONTAMINACIÓN VERTIDAS.....	M4-3
4.2.4	TRABAJO ULTERIOR.....	M4-4
4.3	MODELO DE SIMULACION DE LA CALIDAD DEL AGUA.....	M4-5

4.3.1	METODOLOGÍA .....	M4-5
4.3.2	SIMULACIÓN HIDRODINÁMICA DE LA BAHÍA DE LA HABANA.....	M4-5
4.3.3	SIMULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA BAHIA DE LA HABANA ..	M4-25
4.3.4	CALIBRACIÓN Y VERIFICACIÓN DEL MODELO DE LA CALIDAD DEL AGUA .....	M4-32
4.4	ESTUDIO DE LAS CORRIENTES DE CRECIDA .....	M4-42
4.4.1	RESULTADOS DEL ESTUDIO DE LAS MAREAS.....	M4-44

## **CAPÍTULO 5 SISTEMA DE ALCANTARILLADO EXISTENTE Y PLANES FUTUROS**

5.1	GENERALIDADES .....	M5-1
5.2	SISTEMA EXISTENTE DE ALCANTARILLADO.....	M5-1
5.2.1	ÁREA ACTUAL SERVIDA /DISTritos.....	M5-1
5.2.2	ALCANTARILLADOS .....	M5-1
5.2.3	INVESTIGACIÓN DE CONEXIONES CRUZADAS .....	M5-4
5.2.4	ESTACION DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES.....	M5-7
5.2.5	PLAN DE REHABILITACION DE LAS CONDUCCIONES DE AGUA RESIDUAL EXISTENTES .....	M5-9
5.2.6	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES .....	M5-10
5.3	PLANES ACTUALES DE DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO .....	M5-12
5.3.1	PROYECTO GEF / UNDP.....	M5-12

## **CAPÍTULO 6 SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EXISTENTE**

6.1	GENERALIDADES .....	M6-1
6.2	SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EXISTENTE .....	M6-1
6.2.1	ÁREA DE SERVICIO ACTUAL .....	M6-1
6.2.2	ÁREAS DE INUNDACIÓN Y DAÑOS .....	M6-3
6.2.3	CONDICIONES FÍSICAS DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL.....	M6-4
6.2.4	CAPACIDAD HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL .....	M6-5
6.2.5	OTROS DESCUBRIMIENTOS .....	M6-9
6.3	PLANES FUTUROS .....	M6-9
6.4	DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES DESDE LOS CANALES DE DRENAJE EXISTENTES .....	M6-11
6.4.1	DATOS EXISTENTES .....	M6-11
6.4.2	ESTUDIO SOBRE CALIDAD DEL AGUA DE LOS CANALES DE DRENAJE Y EL ALCANTARILLADO .....	M6-11

## **CAPÍTULO 7 ORGANIZACIÓN ACTUAL**

7.1	GENERALIDADES .....	M7-1
7.2	INSTITUCIONES RELACIONADAS AL MEDIO AMBIENTE EN LA BAHÍA DE LA HABANA .....	M7-1
7.2.1	INSTITUCIONES CENTRALES GUBERNAMENTALES .....	M7-1
7.2.2	OTRAS INSTITUCIONES .....	M7-4
7.3	GTE.....	M7-4
7.3.1	OBJETIVOS Y POLÍTICAS .....	M7-4
7.3.2	ESTRUCTURA ORGANIZATIVA .....	M7-5

7.3.3	ROLES Y RESPONSABILIDADES .....	M7-5
7.4	INRH.....	M7-5
7.4.1	OBJETIVOS Y POLÍTICAS .....	M7-5
7.4.2	ESTRUCTURA ORGANIZATIVA .....	M7-5
7.4.3	ROLES Y RESPONSABILIDADES .....	M7-6
7.5	CITMA (MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE).....	M7-9
7.5.1	OBJETIVOS Y POLÍTICAS .....	M7-9
7.5.2	ESTRATEGIA DE MEDIO AMBIENTE.....	M7-9
7.6	EMPRESAS DE AGUA Y ALCANTARILLADOS.....	M7-10
7.6.1	GENERALIDADES .....	M7-10
7.6.2	AGUAS DE LA HABANA.....	M7-12
7.6.3	CORPORACIÓN DE ALCANTARILLADOS Y DRENAJES DEL ESTE.....	M7-18

## **CAPÍTULO 8 SITUACION FINANCIERA ACTUAL**

8.1	GOBIERNO CENTRAL .....	M8-1
8.2	GOBIERNO LOCAL .....	M8-3
8.2.1	GOBIERNO DE CIUDAD DE LA HABANA.....	M8-3
8.2.2	GOBIERNOS MUNICIPALES.....	M8-4
8.3	INRH (INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS HIDRAULICOS).....	M8-15
8.4	COMPAÑIAS ENCARGADAS DEL AGUA Y DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	M8-15
8.4.1	AGUAS DE LA HABANA .....	M8-15
8.4.2	ACUEDUCTO DEL ESTE .....	M8-21
8.4.3	ACUEDUCTO SUR.....	M8-22
8.5	CARGOS A LOS USUARIOS .....	M8-22
8.5.1	TARIFA DEL AGUA Y EL ALCANTARILLADO.....	M8-22
8.5.2	FACTURACIÓN Y COBRO .....	M8-25

## **CAPÍTULO 9 PROGRAMAS DE EDUCACIÓN AMBIENTAL**

9.1	GENERALIDADES .....	M9-1
9.2	ESTADO ACTUAL DE LA EDUCACIÓN AMBIENTAL EN CUBA .....	M9-3
9.2.1	PROGRAMA NACIONAL.....	M9-3
9.2.2	PROGRAMAS APOYADOS POR ORGANIZACIONES INTERNACIONALES Y PAÍSES DONANTES .....	M9-3
9.3	PROPUESTA DEL PROGRAMA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL .....	M9-4
9.3.1	GENERALIDADES .....	M9-4
9.3.2	PROPUESTA DEL PROGRAMA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL .....	M9-4
9.3.3	PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL.....	M9-7
9.4	EVALUACION DE LOS PROGRAMAS IMPLEMENTADOS SOBRE EDUCACION AMBIENTAL.....	M9-9
9.4.1	PROGRAMAS IMPLEMENTADOS SOBRE EDUCACION AMBIENTAL.....	M9-9
9.4.2	EVALUACIÓN GENERAL DE LOS PROGRAMAS EJECUTADOS .....	M9-13
9.4.3	RECOMENDACIONES PARA FUTUROS PROGRAMAS.....	M9-14

## **CAPÍTULO 10 ESTRATEGIA PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA EN LA BAHIA DE LA HABANA**

10.1	GENERALIDADES .....	M10-1
10.1.1	UTILIZACION ACTUAL DE LA BAHIA DE LA HABANA .....	M10-1
10.1.2	PERCEPCION DEL MEDIO AMBIENTE DE LAS AGUAS.....	M10-1
10.1.3	USOS FUTUROS .....	M10-2
10.2	METAS SOBRE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA .....	M10-2
10.2.1	MEDIOAMBIENTAL FUTURO DE LAS AGUAS .....	M10-2
10.2.2	METAS PARA LA CALIDAD DE LAS AGUAS .....	M10-2
10.3	ESCENARIO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN .....	M10-5
10.3.1	PAPEL DE LOS INTERESADOS O CONTAMINADORES .....	M10-5
10.3.2	AGUAS RESIDUALES ADMINISTRADAS POR EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO .....	M10-5
10.3.3	AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES.....	M10-5
10.4	SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA .....	M10-6
10.4.1	SISTEMA EXISTENTE DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA .....	M10-6
10.4.2	RECOMENDACIÓN PARA EL FUTURO SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA .....	M10-6

## **CAPÍTULO 11 BASES PARA EL DISEÑO Y LA PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO**

11.1	AÑO BLANCO PARA LA PLANIFICACION.....	M11-1
11.2	ÁREA DE PLANIFICACIÓN DEL ALCANTARILLADO .....	M11-1
11.3	POBLACION .....	M11-1
11.3.1	POBLACION EN EL AREA DE ESTUDIO .....	M11-1
11.3.2	POBLACIÓN DE SERVICIO DE ALCANTARILLADO.....	M11-3
11.4	GENERACION DE AGUAS RESIDUALES .....	M11-3
11.4.1	GENERALIDADES .....	M11-3
11.4.2	CONSUMO DE AGUA POR PERSONA .....	M11-4
11.4.3	GENERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES POR PERSONA.....	M11-5
11.4.4	GENERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.....	M11-6
11.4.5	CARGA CONTAMINANTE DE DISEÑO.....	M11-7
11.5	CAUDAL DE ENTRADA/INFILTRACIÓN.....	M11-8
11.6	NIVEL DE TRATAMIENTO NECESARIO PARA LAS AGUAS RESIDUALES .....	M11-10
11.6.1	INTRODUCCIÓN .....	M11-10
11.6.2	NIVEL DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES NECESARIO PARA LA DESCARGA EN LA BAHÍA .....	M11-10
11.6.3	NIVEL DE TRATAMIENTO NECESARIO PARA LA DESCARGA EN EL MAR.....	M11-22
11.7	CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO .....	M11-23
11.7.1	SISTEMA DE COLECCIÓN DE AGUAS RESIDUALES .....	M11-23
11.7.2	ESTACIONES DE BOMBEO .....	M11-25
11.7.3	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	M11-25

## **CAPÍTULO 12 ESTUDIOS SOBRE EL MEJORAMIENTO Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO**

12.1	GENERALIDADES .....	M12-1
12.2	MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO EXISTENTE.....	M12-3
12.2.1	GENERALIDADES .....	M12-3
12.2.2	PROBLEMAS RELACIONADOS CON LAS INTERCONEXIONES Y MEDIDAS DE SOLUCIÓN.....	M12-7
12.2.3	MEJORAMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LOS COLECTORES .....	M12-12
12.2.4	ESTUDIO DE LAS ALTERNATIVAS PARA EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO EXISTENTE .....	M12-17
12.2.5	PLAN DE MEJORAMIENTO PROPUESTO PARA EL SISTEMA CENTRAL DE ALCANTARILLADO EXISTENTE .....	M12-27
12.3	PLAN DE DESARROLLO DEL NUEVO SISTEMA DE ALCANTARILLADO .....	M12-30
12.3.1	GENERALIDADES .....	M12-30
12.3.2	ESTUDIO ALTERNATIVO SOBRE EL NUEVO SISTEMA DE ALCANTARILLADO .....	M12-30
12.3.3	PLAN DE DESARROLLO DEL NUEVO SISTEMA DE ALCANTARILLADO HASTA EL AÑO 2020 .....	M12-57

## **CAPÍTULO 13 PLAN MAESTRO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO**

13.1	GENERALIDADES .....	M13-1
13.2	SISTEMA DE ALCANTARILLADO PROPUESTO .....	M13-1
13.2.1	MEJORAS PROPUESTAS PARA EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO EXISTENTE.....	M13-1
13.2.2	DESARROLLO DEL NUEVO SISTEMA DE ALCANTARILLADO PROPUESTO ...	M13-4
13.3	PLAN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO .....	M13-9
13.3.1	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES .....	M13-9
13.3.2	TRABAJOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO .....	M13-9
13.4	PROGRAMA DE EJECUCIÓN POR ETAPAS.....	M13-11
13.4.1	PROGRAMA GENERAL DE EJECUCIÓN.....	M13-11
13.4.2	COMPONENTES DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO POR ETAPAS.....	M13-11
13.4.3	PROGRAMA DE EJECUCIÓN PROPUESTO PARA EL PROYECTO DE CADA ETAPA .....	M13-12
13.5	FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL.....	M13-17
13.5.1	GENERALIDADES .....	M13-17
13.5.2	OPERACION DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y PERSONAL DE MANTENIMIENTO.....	M13-18
13.5.3	OTROS PLANES DE DESARROLLO DE RECURSOS HUMANOS .....	M13-21
13.6	COSTO DEL PROYECTO.....	M13-25
13.6.1	GENERALIDADES .....	M13-25
13.6.2	BASES DEL ESTIMADO DE COSTOS .....	M13-25
13.6.3	COSTO DIRECTO DE CONSTRUCCIÓN.....	M13-26
13.6.4	COSTO INDIRECTO DE CONSTRUCCIÓN.....	M13-27
13.6.5	COSTO DEL PROYECTO.....	M13-27

13.6.6 COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO .....	M13-30
13.7 EFECTOS DEL PROYECTO EN EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA .....	M13-32
13.7.1 REDUCCIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTE.....	M13-32
13.7.2 MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA .....	M13-33
13.8 CAPACIDAD DE FINANCIAMIENTO.....	M13-34
13.8.1 FINANCIADORES DEL PROYECTO .....	M13-34
13.8.2 CAPACIDAD DE PAGO .....	M13-37
13.8.3 FINANCIAMIENTO EXTERNO .....	M13-42
13.8.4 MOVILIZACIÓN COMUNITARIA .....	M13-45
13.9 EVALUACION FINANCIERA Y ECONOMICA .....	M13-46
13.9.1 EVALUACION FINANCIERA .....	M13-46
13.9.2 EVALUACION ECONOMICA.....	M13-53
13.10 PROYECTOS PRIORITARIOS PARA EL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD .....	M13-66
13.10.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN .....	M13-66
13.10.2 SELECCIÓN DE LOS PROYECTOS DE PRIORIDAD PARA EL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.....	M13-66
13.11 EVALUACIÓN AMBIENTAL INICIAL (EAI) DEL PLAN MAESTRO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO .....	M13-68
13.11.1 GENERALIDADES .....	M13-68
13.11.2 EXAMEN AMBIENTAL INICIAL .....	M13-68

## **CAPÍTULO 14 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

14.1 CONCLUSIONES .....	M14-1
14.2 RECOMENDACIONES.....	M14-1
14.2.1 MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO EXISTENTE .....	M14-1
14.2.2 DESARROLLO DEL NUEVO SISTEMA DE ALCANTARILLADO.....	M14-1
14.2.3 MEDIO AMBIENTE ACUÁTICO DE LA BAHÍA .....	M14-2
14.2.3 OTRAS RECOMENDACIONES.....	M14-3

### **LISTA DE FIGURAS**

FIGURA 1.1 AREA DE ESTUDIO .....	M1-4
FIGURA 1.2 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL PARA EL ESTUDIO.....	M1-5
FIGURA 1.3 PROGRAMA DE MIEMBROS ASIGNADOS .....	M1-10
FIGURA 2.1 CUENCA DE LA BAHÍA DE LA HABANA.....	M2-3
FIGURA 2.2 TENDENCIA DE LA MORBILIDAD EN ENFERMEDADES RELACIONADAS CON EL SERVICIO DE ALCANTARILLADO .....	M2-13
FIGURA 3.1 MAPA DE LOS LUGARES DE INVESTIGACIONES DE LA CALIDAD DE AGUAS Y SEDIMENTOS DE LOS RÍOS Y LAS AGUAS RESIDUALES .....	M3-5
FIGURA 3.2 RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE LOS CAUDALES EN LAS BOCAS DE LOS RÍOS .....	M3-7
FIGURA 3.3 VARIACIONES DE OD, SUSTANCIAS ORGÁNICAS Y NUTRIENTES EN LOS RÍOS TRIBUTARIOS .....	M3-8
FIGURA 3.4 LUGARES DE MONITOREO DE LA CALIDADEDS DE AGUA Y SEDIMENTO DE LA BAHÍA .....	M3-11

FIGURA 3.5 VARIACIONES VERTICALES DE OD Y NUTRIENTES EN LA BAHÍA DE LA HABANA (30 DE NOVIEMBRE DEL 2001) .....M3-12

FIGURA 3.6 VARIACIÓN DE OD Y NUTRIENTES EN LA BAHÍA DE LA HABANA DURANTE LOS AÑOS 1986-2001.....M3-13

FIGURA 3.7 VARIACIÓN DE METALES PESADOS EN SEDIMENTOS EN LA BAHÍA DE LA HABANA DURANTE LOS AÑOS 1991-2001.....M3-14

FIGURA 3.8 VARIACIONES VERTICALES DE OD, SUSTANCIAS ORGÁNICAS Y NUTRIENTS EN LA BAHÍA DE LA HABANA EN LA TEMPORADA DE LLUVIA ..M3-19

FIGURA 3.9 VARIACIONES VERTICALES DE OD, SUSTANCIAS ORGÁNICAS Y NUTRIENTS EN LA BAHÍA DE LA HABANA EN LA TEMPORADA SECA .....M3-20

FIGURA 3.10 VARIACIONES VERTICALES DE CLOROFILA-A Y COLIFORMES FECAL EN LA BAHÍA DE LA HABANA EN LAS TEMPORADAS DE LLUVIA Y SECA .....M3-21

FIGURA 3.11 PROCEDIMIENTO DEL ESTUDIO DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES .....M3-29

FIGURA 3.12 MAPA DE UBICACIÓN DE LAS FÁBRICAS SELECCIONADAS PARA EL ESTUDIO DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES .....M3-31

FIGURA 3.13 RESUMEN DE LA CARGA DE CONTAMINACIÓN INDUSTRIAL DE LAS 10 FÁBRICAS SELECCIONADAS .....M3-35

FIGURA 3.14 LEY AMBIENTAL – ESTRUCTURAS Y FUNCIONES.....M3-39

FIGURA 4.1 FLUJOGRAMA PARA LA SIMULACION DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA BAHIA DE LA HABANA.....M4-7

FIGURA 4.2 ESQUEMA DEL MODELO APLICADO EN LA SIMULACIÓN .....M4-8

FIGURA 4.3 AREA OBJETIVO PARA LA SIMULACIÓN HIDRODINÁMICA Y DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA BAHÍA DE LA HABANA .....M4-10

FIGURA 4.4 UBICACIÓN DE LAS FRONTERAS ABIERTOS Y ORIGEN DE FUENTES.....M4-11

FIGURA 4.5 DISTRIBUCION DE LAS PROFUNDIDADES DEL AGUA DE LA BAHÍA DE LA HABANA .....M4-12

FIGURA 4.6 RESULTADOS DE LAS OBSERVACIONES SOBRE LAS CORRIENTES EN LA BAHÍA DE LA HABANA .....M4-15

FIGURA 4.7 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DE LAS CORRIENTES EN LA BAHÍA DE LA HABANA (SUPERFICIE) .....M4-19

FIGURA 4.8 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DE LAS CORRIENTES EN LA BAHÍA DE LA HABANA (SEGUNDO ESTRATO).....M4-20

FIGURA 4.9 RESULTADOS DE LA SIMULACION DE LA TEMPERATURA DEL AGUA EN LA BAHIA DE LA HABANA (ESTRATO DE LA SUPERFICIE ) .....M4-21

FIGURA 4.10 RESULTADOS DE LA SIMULACION DE LA TEMPERATURA DEL AGUA EN LA BAHIA DE LA HABANA (SEGUNDO ESTRATO) .....M4-22

FIGURA 4.11 RESULTADOS DE LA SIMULACION DE LA SALINIDAD EN LA BAHIA DE LA HABANA (SUPERFICIE) .....M4-23

FIGURA 4.12 RESULTADOS DE LA SIMULACION DE LA SALINIDAD EN LA BAHIA DE LA HABANA (SEGUNDO ESTRATO).....M4-24

FIGURA 4.13 RESULTADOS DE LA OBSERVACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA BAHÍA DE LA HABANA (A).....M4-26

FIGURA 4.14 RESULTADOS DE LA OBSERVACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA BAHÍA DE LA HABANA (B).....M4-27

FIGURA 4.15 RESULTADOS DE LA OBSERVACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA BAHÍA DE LA HABANA (C).....M4-28

FIGURA 4.16 PROCESO ESQUEMÁTICO INCLUIDO EN EL MODELO WQ APLICADO EN ESTE ESTUDIO.....M4-30

FIGURA 4.17 DISTRIBUCION DE LA CONCENTRACION DE BOD DISUELTO (BODD ) EN LA BAHÍA DE LA HABANA (ESTRATO DE LA SUPERFICIE) .....M4-34

FIGURA 4.18 DISTRIBUCION DE LA CONCENTRACION DE BOD SUSPENDIDO (BODS ) EN LA BAHÍA DE LA HABANA (SUPERFICIE).....M4-35

FIGURA 4.19 DISTRIBUCION DE LA CONCENTRACION DE OXIGENO DISUELTO (DO) EN LA BAHÍA DE LA HABANA (SUPERFICIE).....M4-36

FIGURA 4.20 DISTRIBUCION DE LA CONCENTRACION DE AMONIACO EN LA BAHIA DE LA BAHÍA (SUPERFICIE) .....M4-37

FIGURA 4.21 DISTRIBUCION DE LA CONCENTRACION DE NITRITO DE NITROGENO EN LA BAHÍA DE LA HABANA (SUPERFICIE).....M4-38

FIGURA 4.22 DISTRIBUCION DE LA CONCENTRACION DE NITRATO DE NITROGENO EN LA BAHÍA DE LA HABANA (SUPERFICIE).....M4-39

FIGURA 4.23 DISTRIBUCION DE LA CONCENTRACION DE ORTOFOSFATO EN LA BAHÍA DE LA HABANA (SUPERFICIE) .....M4-40

FIGURA 4.24 DISTRIBUCION DE CONCENTRACION DE CLORIFILA EN LA BAHIA DE LA BAHÍA (SUPERFICIE) .....M4-41

FIGURA 4.25 MAPA DE UBICACIÓN DE LOS ESTUDIOS SOBRE LAS MAREAS EN ESTE ESTUDIO .....M4-43

FIGURA 4.26 VARIACIÓN VERTICAL DE LA TEMPERATURA Y SALINIDAD DURANTE LA MAREA DE CRECIDA -OCTUBRE 2002 .....M4-45

FIGURA 4.27 VARIACIÓN DE LA SALINIDAD DEL AGUA EN LA SUPERFICIE DE LA BAHÍA DE LA HABANA (OCTUBRE 2002-TEMPORADA LLUVIAS).....M4-46

FIGURA 4.28 VARIACIÓN DE LA SALINIDAD DEL AGUA EN LA SUPERFICIE DE LA BAHÍA DE LA HABANA (DICIEMBRE 2002-TEMPORADA SEQUÍA) .....M4-47

FIGURA 4.29 PATRÓN DE CORRIENTES EN LA BAHÍA DE LA HABANA DURANTE LA MAREA DE CRECIDA (OCTUBRE 2002-TEMPORADA LLUVIAS).....M4-49

FIGURA 4.30 PATRÓN DE LAS CORRIENTES EN LA BAHÍA DE LA HABANA DURANTE LA MAREA BAJA (OCTUBRE 2002-TEMPORADA DE LLUVIAS) .....M4-50

FIGURA 4.31 PATRÓN DE LAS CORRIENTES EN LA BAHÍA DE LA HABANA DURANTE LA MAREA DE CRECIDA (DICIEMBRE 2002-TEMPORADA DE SEQUÍA) .....M4-51

FIGURA 4.32 PATRÓNDE LAS CORRIENTES EN LA BAHÍA DE LA HABANA DURANTE LA MAREA BAJA (DICIEMBRE 2002-TEMPORADA DE SEQUÍA) .....M4-52

FIGURA 5.1 COLECTORES DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO CENTRAL .....M5-2

FIGURA 5.2 10 UBICACIONES SELECCIONADAS PARA LA INVESTIGACIÓN DE CONEXIONES CRUZADAS.....M5-5

FIGURA 5.3 PROCEDIMIENTO DE INVESTIGACIÓN DE CONEXIONES CRUZADAS, MÉTODO DE PRUEBA CON COLORANTES.....M5-6

FIGURA 5.4 SIETE ZONAS PARA TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DENTRO DE LA CUENCA DE LA BAHÍA DE LA HABANA.....M5-14

FIGURA 6.1 INSTALACIONES DE DRENAJES EXISTENTES EN LA CIUDAD DE LA HABANA .....M6-2

FIGURA 6.2 PRINCIPALES INSTALACIONES DE DRENAJE EXISTENTES .....M6-6

FIGURA 6.3 RELACION ENTRE LA INTENSIDAD Y LA DURACION DE LLUVIAS CAIDAS BASADAS EN LOS DATOS DEL OBSERVATORIO METEOROLÓGICO DE CASABLANCA PARA UN PERIODO DE 78 ANOS ENTRE 1908 Y 1985 .....M6-7

FIGURA 6.4 INTENSIDAD DE LLUVIA CAÍDA, FÓRMULA DE TALBOT .....M6-10

FIGURA 6.5 PUNTOS DE MUESTREO DEL ESTUDIO SOBRE CALIDAD DEL AGUA DE LOS CANALES DE DRENAJE Y EL ALCANTARILLADO (S1,S2,S3).....M6-12

FIGURA 6.6 RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE LOS CAUDALES EN LOS CANALES DE DRENAJE Y EL ALCANTARILLADO .....M6-14

FIGURA 7.1	SECTOR DEL AGUA Y SECTOR SANITARIO-ORGANIGRAMA GENERAL PARA LA OPERACIÓN.....	M7-2
FIGURA 7.2	ORGANISMOS EXTRA SECTORIALES PARA EL SECTOR DEL AGUA Y PARA EL SECTOR SANITARIO.....	M7-3
FIGURA 7.3	ORGANIGRAMA DE GTE.....	M7-7
FIGURA 7.4	ORGANIGRAMA DE INRH.....	M7-8
FIGURA 7.5	ORGANIGRAMA DE AGUAS DE LA HABANA.....	M7-15
FIGURA 7.6	ORGANIGRAMA DEL DEPARTAMENTO TÉCNICO DE AGUAS DE LA HABANA .....	M7-16
FIGURA 7.7	ORGANIGRAMA DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN DE AGUAS DE LA HABANA.....	M7-17
FIGURA 7.8	ORGANIGRAMA DE ACUEDUCTO DEL ESTE .....	M7-19
FIGURA 9.1	SISTEMA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL NACIONAL.....	M9-2
FIGURA 9.2	PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL .....	M9-8
FIGURA 9.3	PROGRAMAS IMPLEMENTADOS SOBRE EDUCACIÓN AMBIENTAL.....	M9-17
FIGURA 10.1	COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE OD EN LA BAHÍA DE LA HABANA (AÑO 2002) PROYECTO NORMAS .....	M10-4
FIGURA 11.1	RESULTADOS DE LOS NIVELES DE OD PARA LOS DIFERENTES NIVELES DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES .....	M11-17
FIGURA 11.2	RESULTADOS DE LOS NIVELES DE BODD PARA LOS DIFERENTES NIVELES DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES .....	M11-18
FIGURA 11.3	RESULTADOS DE LOS NIVELES DE NH <sub>4</sub> -N PARA LOS DIFERENTES NIVELES DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES .....	M11-19
FIGURA 11.4	RESULTADOS DE LOS NIVELES DE PO <sub>4</sub> -P PARA LOS DIFERENTES NIVELES DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES .....	M11-20
FIGURA 11.5	RESULTADOS DE LOS NIVELES DE CHL-A PARA LOS DIFERENTES NIVELES DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES .....	M11-21
FIGURA 12.1	DIAGRAMA DE FLUJO PARA FORMULAR EL PLAN MAESTRO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO.....	M12-2
FIGURA 12.2	INTERCONEXIÓN DEL REGISTRO DE ALCANTARILLADO DE UN EDIFICIO DE APARTAMENTOS AL DREN CERCANO .....	M12-9
FIGURA 12.3	INTERCONEXIÓN DEL REGISTRO DE ALCANTARILLADO AL DREN A CAUSA DE LA INSUFICIENTE CAPACIDAD DEL ALCANTARILLADO, O A UN ERROR.....	M12-10
FIGURA 12.4	INTERCONEXIÓN DEL REGISTRO DE ALCANTARILLADO AL DREN A CAUSA DE LA INSUFICIENTE CAPACIDAD DEL ALCANTARILLADO.....	M12-11
FIGURA 12.5	SISTEMA CENTRAL-SUB-DISTRITOS DE ALCANTARILLADO.....	M12-13
FIGURA 12.6	SISTEMA COLECTOR PROPUESTO PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO .....	M12-16
FIGURA 12.7	ALTERNATIVAS PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA CENTRAL DE ALCANTARILLADO EXISTENTE.....	M12-18
FIGURA 12.8	ESQUEMA DE LAS TRES ALTERNATIVAS PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES EXISTENTE .....	M12-19
FIGURA 12.9	ALTERNATIVA N-1 PARA EL NUEVO ESQUEMA DE ALCANTARILLADO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE CINCO ZONAS .....	M12-32
FIGURA 12.10	ALTERNATIVAS N-2 A N-5 PARA EL NUEVO ESQUEMA DE ALCANTARILLADO: SISTEMA DE CUATRO ZONAS A SISTEMA INTEGRADO ....	M12-33
FIGURA 12.11	ALTERNATIVA N-6 PARA EL NUEVO SISTEMA DE ALCANTARILLADO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO CON DESCARGA EN EL MAR .....	M12-34
FIGURA 12.12	ALTERNATIVA N-1 IPP2020 POSIBLE ÁREA DE SERVICIO DE ALCANTARILLADO A SER CUBIERTA HASTA EL 2020 .....	M12-44
FIGURA 12.13	ALTERNATIVA N-2 IPP2020 POSIBLE ÁREA DE SERVICIO DE ALCANTARILLADO A SER CUBIERTA HASTA EL 2020.....	M12-45
FIGURA 12.14	ALTERNATIVA N-3 IPP2020 POSIBLE ÁREA DE SERVICIO DE	

ALCANTARILLADO A SER CUBIERTA HASTA EL 2020.....	M12-46
FIGURA12.15 ALTERNATIVA N-4 IPP2020 POSIBLE ÁREA DE SERVICIO DE ALCANTARILLADO A SER CUBIERTA HASTA EL 2020.....	M12-47
FIGURA12.16 ALTERNATIVA N-5 IPP2020 POSIBLE ÁREA DE SERVICIO DE ALCANTARILLADO A SER CUBIERTA HASTA EL 2020.....	M12-48
FIGURA12.17 PLAN DE ALCANTARILLADO SELECCIONADO-SISTEMA DE ALCANTARILLADO ZONAL DE 4 DISTRITOS .....	M12-56
FIGURA12.18 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE LA PROPUESTA DE AGUAS DE LA HABANA ...	M12-61
FIGURA12.19 RELACIÓN ENTRE EL ÁREA PROPUESTA Y LOS DISTRITOS DE ALCANTARILLADO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE CUATRO ZONAS.....	M12-62
FIGURA12.20 CIFRAS PARA EL DISEÑO Y LA PLANIFICACIÓN DE LOS COLECTORES Y DE LA PTAR LUYANÓ EN EL DISTRITO DE ALCANTARILLADO LUYANÓ-MARTÍN PÉREZ ABAJO.....	M12-64
FIGURA12.21 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE LA PROPUESTA DE AGUAS DE LA HABANA ...	M12-65
FIGURA12.22 ESQUEMA DEL PLAN DE DESARROLLO DE LA CAPACIDAD DE LA PTAR LUYANÓ.....	M12-67
FIGURA12.23 CIFRAS DE DISEÑO DEL SUB-ÁREA DE ALCANTARILLADO .....	M12-68
FIGURA12.24 RUTA DEL COLECTOR SUR A .....	M12-74
FIGURA12.25 CORTE LONGITUDINAL DEL COLECTOR SUR A.....	M12-75
FIGURA12.26 ESTACIÓN DE BOMBEO DE MATADERO -MAPA DE LOCALIZACIÓN .....	M12-76
FIGURA 13.1 PLAN MAESTRO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO-MAPA GENERAL .....	M13-3
FIGURA 13.2 DIAGRAMA DE FLUJO DE LAS INSTALACIONES DE TRATAMIENTO PROPUESTAS PARA LA PTAR LUYANÓ .....	M13-8
FIGURA 13.3 PROGRAMA GENERAL DE IMPLEMENTACIÓN .....	M13-13
FIGURA 13.4 PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN PROPUESTO PARA EL PROYECTO DE LA PRIMERA ETAPA.....	M13-14
FIGURA 13.5 PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN PROPUESTO PARA EL PROYECTO DE LA SEGUNDA ETAPA.....	M13-15
FIGURA 13.6 PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN PROPUESTO PARA EL PROYECTO DE LA TERCERA ETAPA.....	M13-16
FIGURA 13.7 ESQUEMA DE LA ORGANIZACIÓN PARA LAS ADICIONES AL DEPARTAMENTO TÉCNICO DE AGUAS DE LA HABANA .....	M13-24

**LISTA DE TABLAS**

TABLA 1.1 LISTA DE LOS INFORMES DE ESTUDIO.....	M1-3
TABLA 1.2 MIEMBROS DEL COMITÉ ASESOR .....	M1-6
TABLA 1.3 MIEMBROS DE LA CONTRAPARTE .....	M1-7
TABLA 1.4 MIEMBROS DEL COMITÉ SUPERVISOR Y GRUPO DE ESTUDIO .....	M1-8
TABLA 2.1 CUENCA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA BAHÍA DE LA HABANA.....	M2-2
TABLA 2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS RÍOS TRIBUTARIOS DE LA BAHÍA DE LA HABANA .....	M2-2
TABLA 2.3 DATOS DEL CENSO DE POBLACIÓN Y ESTIMADOS .....	M2-4
TABLA 2.4 POBLACIÓN DENTRO DE LA CUENCA DE LA BAHÍA DE LA HABANA, AÑO 2000 .....	M2-5
TABLA 2.5 TOTAL DE EMPLEADOS EN LA ECONOMÍA (X 1000 TRABAJADORES) .....	M2-5
TABLA 2.6 SALARIOS EN ENTIDADES MIXTAS Y DEL ESTADO (X MILLONES DE PESOS) M2-6	
TABLA 2.7 PRODUCTOS INTERNOS BRUTO (PIB) .....	M2-9
TABLA 2.8 EXPORTACIONES E IMPORTACIONES (MILLION PESOS).....	M2-10
TABLA 2.9 LLEGADA DE BARCOS A LA BAHÍA DE LA HABANA.....	M2-10
TABLA 2.10 NO. DE TURISTAS E INGRESOS( EN MILLONES) .....	M2-10
TABLA 2.11 ESTADÍSTICAS POR ALOJAMIENTO.....	M2-11
TABLA 2.12 INCIDENCIA DE ENFERMEDADES RELACIONADAS CON EL SUMINISTRO	

	DE AGUA Y EL ALCANTARILLADO.....	M2-12
TABLA 2.13	MORBILIDAD DE LAS ENFERMEDADES RELACIONADAS CON EL SUMINISTRO DE AGUA Y EL ALCANTARILLADO .....	M2-12
TABLA 2.14	USO ACTUAL DEL SUELO.....	M2-14
TABLA 2.15	PRODUCCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN EL RECINTO PORTUARIO.....	M2-16
TABLA 2.16	RASGOS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS PRINCIPALES VERTEDEROS DE RESIDUOS SÓLIDOS EN CIUDAD DE LA HABANA .....	M2-17
TABLA 2.17	DISTANCIA DE LOS VERTEDEROS PÚBLICOS DE LAS UNICIPALIDADES CONCERNIENTES.....	M2-17
TABLA 3.1	PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS RÍOS TRIBUTARIOS.....	M3-1
TABLA 3.2	LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS RÍOS TRIBUTARIOS EN LOS AÑOS 2000-2002.....	M3-2
TABLA 3.3	CALIDAD DEL AGUA DE LOS RÍOS TRIBUTARIOS 1985-2002 .....	M3-2
TABLA 3.4	CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN EL RÍO LUYANÓ.....	M3-3
TABLA 3.5	ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA Y SEDIMENTO DE LOS RÍOS TRIBUTARIOS .....	M3-3
TABLA 3.6	CONTENIDO DE METALES PESADOS EN LOS SEDIMENTOS DE LOS RÍOS .....	M3-9
TABLA 3.7	CALIDAD DEL SEDIMENTO DE LA SUPERFICIE DE LA BAHÍA DE LA HABANA 1991-2001 .....	M3-15
TABLA 3.8	CONCENTRACIÓN DE COLIFORME FECAL EN LAS AGUAS DE LA BAHÍA DE LA HABANA, 1991-2001.....	M3-16
TABLA 3.9	CLOSTRIDIUM PERFRINGENS EN LOS SEDIMENTOS DE LA BAHÍA DE LA HABANA, 1991-2001.....	M3-16
TABLA 3.10	CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS EN EL AGUA DE MAR DE LA BAHÍA DE LA HABANA .....	M3-18
TABLA 3.11	RESUMEN DE LA CALIDAD DEL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE LA HABANA ..	M3-22
TABLA 3.12	CONCENTRACIONES DE LOS PRINCIPALES METALES PESADOS EN LOS SEDIMENTOS DE LA BAHÍA DE LA HABANA .....	M3-22
TABLA 3.13	RESUMEN DE LAS FÁBRICAS DEL AREA DE ESTUDIO .....	M3-24
TABLA 3.14	LAS 20 FÁBRICAS MÁS IMPORTANTES SELECCIONADAS COMO CANDIDATAS PARA EL ESTUDIO DETALLADO.....	M3-28
TABLA 3.15	INFORMACIÓN GENERAL SOBRE LAS 10 FÁBRICAS SELECCIONADAS.....	M3-30
TABLA 3.16	PARÁMETROS DE CALIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES ANALIZADOS .....	M3-32
TABLA 3.17	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS 10 FÁBRICAS SELECCIONADAS ....	M3-33
TABLA 3.18	RESULTADOS DEL ESTUDIO SOBRE CALIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES ..	M3-34
TABLA 3.19	NIVELES PERMISIBLES PARA LAS DESCARGAS EN EL ALCANTARILLADO PÚBLICO.....	M3-40
TABLA 3.20	NORMAS SOBRE DESCARGAS EN AGUAS SUPERFICIALES DE TIERRA ADENTRO, NC27 .....	M3-42
TABLA 3.21	NORMAS SOBRE CALIDAD AMBIENTAL PARA LAS AGUAS DE PESCA, NC93-105 .....	M3-42
TABLA 4.1	POBLACIÓN DENTRO DE LA CUENCA DE LA BAHÍA DE LA HABANA, AÑO 1996 & 2000.....	M4-2
TABLA 4.2	GENERACIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTE DOMÉSTICA, AÑO 1996 & 2000.....	M4-3
TABLA 4.3	TOTAL DE GENERACIÓN DE CARGA DBO <sub>5</sub> , AÑO 1996 & 2000 (PRELIMINAR) .....	M4-3
TABLA 4.4	CARGAS DE CONTAMINANTES A TRAVÉS DE LOS RÍOS Y DRENAJES EN	

	EL AÑO 1996/97 & 2002.....	M4-4
TABLA 4.5	TOTAL DE CARGAS CONTAMINANTES VERTIDAS A LA BAHÍA EN EL AÑO 1996/97 & 2002.....	M4-4
TABLA 4.6	RELACIÓN ENTRE LA GENERACIÓN Y VERTIMIENTO (PRELIMINAR).....	M4-5
TABLA 4.7	CONDICIONES INICIALES PARA LA SIMULACIÓN HIDRODINÁMICA.....	M4-9
TABLA 4.8	ESPECIFICACIÓN DE LAS FUENTES.....	M4-13
TABLA 4.9	PARÁMETROS CALIBRADOS DEL MODELO HIDRODINÁMICO.....	M4-13
TABLA 4.10	RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CALCULO.....	M4-14
TABLA 4.11	RESULTADOS DE LAS OBSERVACIONES SOBRE TEMPERATURA Y SALINIDAD.....	M4-16
TABLA 4.12	NIVELES DE TEMPERATURA Y SALINIDAD PARA LA BAHÍA DE LA HABANA.....	M4-16
TABLA 4.13	DISTRIBUCIÓN DE LA TEMPERATURA EN DIRECCIÓN VERTICAL.....	M4-16
TABLA 4.14	DISTRIBUCIÓN DE LA SALINIDAD EN DIRECCIÓN VERTICAL.....	M4-16
TABLA 4.15	ESPECIFICACIÓN DE FUENTES DE CONTAMINANTES PARA LA SIMULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA.....	M4-31
TABLA 4.16	CALIDAD DEL AGUA EN LOS LIMITES E INICIACIÓN.....	M4-31
TABLA 4.17	PARÁMETROS DEL MODELO DE LA CALIDAD DEL AGUA.....	M4-32
TABLA 4.18	ESPECIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN SOBRE LAS CORRIENTES DE MAREA.....	M4-42
TABLA 4.19	SALINIDAD EN LA BAHÍA DE LA HABANA EN OCTUBRE Y DICIEMBRE DEL 2002.....	M4-44
TABLA 4.20	VELOCIDAD DE LA MAREA EN OCTUBRE Y DICIEMBRE DEL 2002.....	M4-48
TABLA 5.1	COLECTORES DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO CENTRAL.....	M5-3
TABLA 5.2	RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN DE CONEXIONES CRUZADAS.....	M5-7
TABLA 5.3	ALTERNATIVAS DE PLANES REHABILITACIÓN PARA LAS CONDUCCIONES DE AGUA RESIDUAL EXISTENTES.....	M5-10
TABLA 5.4	CARACTERÍSTICAS DE LAS DOS PTAR INVESTIGADAS.....	M5-11
TABLA 5.5	CRITERIOS DE DISEÑO PARA LA PTAR DE ZONA 4.....	M5-13
TABLA 5.6	ZONAS PARA TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL Y SUS PLANES DE DESARROLLO.....	M5-15
TABLA 6.1	INSTALACIONES DE DRENAJE PLUVIAL EXISTENTE EN LA CIUDAD DE LA HABANA.....	M6-3
TABLA 6.2	DATOS ANALIZADOS SOBRE LA LLUVIA.....	M6-8
TABLA 6.3	CALIDAD DEL AGUA DE LOS CANALES DE DRENAJE 1985-2002.....	M6-11
TABLA 6.4	ESTUDIO SOBRE CALIDAD DEL AGUA DE LOS CANALES DE DRENAJE Y EL ALCANTARILLADO.....	M6-11
TABLA 6.5	CALIDAD DEL AGUA DE LOS CANALES DE DRENAJE Y EL ALCANTARILLADO.....	M6-13
TABLA 7.1	ESTADÍSTICAS - AGUAS DE LA HABANA & ACUEDUCTO DEL ESTE.....	M7-12
TABLA 8.1	FINANCIAMIENTO DEL ESTADO.....	M8-2
TABLA 8.2	PRODUCCIÓN DE CIUDAD DE LA HABANA.....	M8-3
TABLA 8.3	PRODUCCIÓN DE LOS MUNICIPIOS.....	M8-4
TABLA 8.4	PRODUCCIÓN DE PLAZA DE LA REVOLUCIÓN.....	M8-5
TABLA 8.5	PRODUCCIÓN DE CENTRO HABANA.....	M8-6
TABLA 8.6	PRODUCCIÓN DE LA HABANA VIEJA.....	M8-7
TABLA 8.7	PRODUCCIÓN DE REGLA.....	M8-8
TABLA 8.8	PRODUCCIÓN DE LA HABANA DEL ESTE.....	M8-9
TABLA 8.9	PRODUCCIÓN DE GUANABACOA.....	M8-10
TABLA 8.10	PRODUCCIÓN DE SAN MIGUEL DEL PADRÓN.....	M8-11

TABLA 8.11	PRODUCCIÓN DE DIEZ DE OCTUBRE.....	M8-12
TABLA 8.12	PRODUCCIÓN DEL CERRO .....	M8-13
TABLA 8.13	PRODUCCIÓN DE ARROYO NARANJO.....	M8-14
TABLA 8.14	DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN Y COBERTURA DE SERVICIO DE LAS 3 COMPAÑÍAS DE AGUA.....	M8-15
TABLA 8.15	BALANCE DE AGUAS DE LA HABANA.....	M8-16
TABLA 8.16	DECLARACIONES DE IMPUESTOS DE AGUAS DE LA HABANA.....	M8-17
TABLA 8.17	FUENTES Y APLICACIÓN DE FONDOS DE AGUAS DE LA HABANA .....	M8-18
TABLA 8.18	PROPORCIONES FINANCIERAS FUNDAMENTALES DE AGUAS DE LA HABANA .....	M8-19
TABLA 8.19	INFORMACIÓN FINANCIERA FUNDAMENTAL DE ACUEDUCTO DEL ESTE.....	M8-21
TABLA 8.20	DATOS FINANCIEROS FUNDAMENTALES DEL ACUEDUCTO SUR.....	M8-22
TABLA 8.21	TARIFA DE AGUA Y ALCANTARILLADO PARA CONSUMIDORES LOCALES CUBANOS Y USUARIOS CON INGRESOS EN PESOS .....	M8-24
TABLA 8.22	TARIFA DE AGUA Y ALCANTARILLADO PARA EXTRANJEROS Y CONSUMIDORES CON INGRESOS EN MONEDA LIBREMENTE CONVERTIBLE.....	M8-25
TABLA 8.23	CLASIFICACIÓN DE LOS CONSUMIDORES DE AGUAS DE LA HABANA .....	M8-26
TABLA 10.1	PROYECTO DE NORMA DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS COSTERAS Y DE LA BAHÍA .....	M10-3
TABLA 10.2	METAS Y RESPONSABILIDADES DEL SECTOR.....	M10-5
TABLA 10.3	SISTEMAS DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA .....	M10-8
TABLA 10.4	ESTADO ACTUAL DE LA ORGANIZACIÓN PARA EL ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA.....	M10-9
TABLA 10.5	PRINCIPALES PROBLEMAS EXISTENTES EN EL SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA .....	M10-10
TABLA 10.6	SISTEMA RECOMENDADO PARA EL FUTURO MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA.....	M10-11
TABLA 11.1	AREA DE PLANIFICACIÓN DE ALCANTARILLADO (AÑO: 2020) .....	M11-1
TABLA 11.2	POBLACIÓN EN LA CIUDAD DE LA HABANA.....	M11-2
TABLA 11.3	POBLACIÓN DE LOS DIEZ MUNICIPIOS RELACIONADOS CON LA CUENCA DE LA BAHÍA DE LA HABANA .....	M11-2
TABLA 11.4	PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA CUENCA DE LA BAHÍA DE LA HABANA .....	M11-3
TABLA 11.5	POBLACIÓN DE SERVICIO DE ALCANTARILLADO (AÑO: 2020).....	M11-3
TABLA 11.6	NECESIDADES DE AGUA POR CATEGORÍA.....	M11-5
TABLA 11.7	GENERACIÓN ACTUAL DE AGUAS RESIDUALES POR PERSONA.....	M11-5
TABLA 11.8	GENERACIÓN DE AGUA RESIDUAL POR PERSONA EN EL FUTURO .....	M11-6
TABLA 11.9	RESUMEN DE LA GENERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.....	M11-7
TABLA 11.10	CARGA DE CONTAMINANTES POR PERSONA.....	M11-8
TABLA 11.11	CARGA CONTAMINANTE POR PERSONA EN EL AGUA DE BAÑO Y EN EL AGUA GRIS .....	M11-8
TABLA 11.12	CALIDAD DEL RÍO AGUAS ARRIBA .....	M11-12
TABLA 11.13	EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES (ASUMIDA).....	M11-12
TABLA 11.14	CALIDAD DEL AFLUENTE Y DEL EFLUENTE PARA LA PTAR DE LA ZONA 6 (PNUD) .....	M11-13
TABLA 11.15	CALIDAD DEL AFLUENTE Y DEL EFLUENTE PARA LA PTAR DE LA ZONA 4 (ITALIA) .....	M11-13
TABLA 11.16	CASO 2 - FUTURO (2020) CON LOS PROYECTOS DEL GEF SOLAMENTE .....	M11-14
TABLA 11.17	CASO 4 : TRATAMIENTO SECUNDARIO .....	M11-14
TABLA 11.18	CASO 5 : TRATAMIENTO PRIMARIO .....	M11-15

TABLA 11.19	CASO 6 : TRATAMIENTO AVANZADO.....	M11-15
TABLA 11.20	NORMAS DE CALIDAD DEL EFLUENTE PARA LA DESCARGA EN EL MAR .....	M11-22
TABLA 11.21	MATERIALES Y DIÁMETROS DE LAS TUBERÍAS EMPLEADOS EN EL DISEÑO ..	M11-24
TABLA 11.22	RESISTENCIA A LA CAPACIDAD DE DISEÑO PARA LOS COLECTORES.....	M11-24
TABLA 11.23	PRINCIPIO DE TRATAMIENTO DE LOS MÉTODOS SELECCIONADOS .....	M11-27
TABLA 11.24	COMPARACIÓN DE LOS CINCO MÉTODOS DE TRATAMIENTO .....	M11-28
TABLA 11.25	COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS DE SECADO Y DESHIDRATACIÓN DE LODOS .....	M11-32
TABLA 12.1	PROBLEMAS Y MEDIDAS DE SOLUCIÓN.....	M12-2
TABLA 12.2	BASES DE DISEÑO PARA EL SISTEMA CENTRAL DE ALCANTARILLADO (AÑO META 2020) .....	M12-7
TABLA 12.3	COLECTORES QUE HABRÁN DE INSTALARSE O SUSTITUIRSE .....	M12-12
TABLA 12.4	CAPACIDAD DEL COLECTOR SUR Y DEL COLECTOR SUR 2 .....	M12-15
TABLA 12.5	PLAN DE REHABILITACIÓN PARA CADA ALTERNATIVA .....	M12-20
TABLA 12.6	COMPARACIÓN DE LAS VARIANTES PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA CENTRAL DE ALCANTARILLADO .....	M12-22
TABLA 12.7	EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS ALTERNATIVOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA CENTRAL DE ALCANTARILLADO .....	M12-25
TABLA 12.8	PLAN DE MEJORAMIENTO PROPUESTO PARA EL SISTEMA CENTRAL DE ALCANTARILLADO EXISTENTE.....	M12-27
TABLA 12.9	EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO .....	M12-35
TABLA 12.10	BASES DE DISEÑO PARA LAS NUEVAS VARIANTES DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO (AÑO META 2020).....	M12-36
TABLA 12.11	CARACTERÍSTICAS DE LAS ALTERNATIVAS DE LA DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES EN LA BAHÍA DE LA HABANA.....	M12-41
TABLA 12.12	COLECTORES PARA CADA DISTRITO DE ALCANTARILLADO EN LAS ALTERNATIVAS .....	M12-43
TABLA 12.13	COMPARACIÓN DEL PLAN DE ALCANTARILLADO GENERAL PARA CADA ALTERNATIVA DE DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS EN LA BAHÍA DE LA HABANA.....	M12-50
TABLA 12.14	COMPARACIÓN DEL PLAN DE IMPLEMENTACIÓN HASTA EL AÑO 2020 PARA CADA ALTERNATIVA DE DESCARGA DE AGUA RESIDUAL TRATADA EN LA BAHÍA DE LA HABANA .....	M12-52
TABLA 12.15	ESTIMADO PRELIMINAR DEL COSTO DE CAPITAL PARA LA ALTERNATIVA N-6 .....	M12-54
TABLA 12.16	RELACIÓN ENTRE EL ÁREA PROPUESTA Y LOS DISTRITOS DE ALCANTARILLADO DEL NUEVO SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE CUATRO ZONAS .....	M12-57
TABLA 12.17	COMPARACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS PARA LA DISPOSICIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN LA MARGEN IZQUIERDA DEL RÍO LUYANÓ.....	M12-66
TABLA 12.18	BOSQUEJO DEL PLAN DE DESARROLLO DEL NUEVO SISTEMA DE ALCANTARILLADO HASTA EL AÑO 2020.....	M12-70
TABLA 12.19	SISTEMA COLECTOR NECESARIO PARA LA ALTERNATIVE .....	M12-72
TABLA 13.1	PLAN DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA CENTRAL DE ALCANTARILLADO ..	M13-2
TABLA 13.2	REDES DE ALCANTARILLADO PARA EL DISTRITO DE ALCANTARILLADO LUYANÓ-MARTÍN PÉREZ ABAJO .....	M13-4
TABLA 13.3	COLECTORES NECESARIOS EN EL DISTRITO DE ALCANTARILLADO LUYANÓ-MARTÍN PÉREZ ABAJO.....	M13-5
TABLA 13.4	PRINCIPALES INSTALACIONES DE LA PTAR QUE SE CONSTRUIRÁN EN VIRTUD DEL PLAN MAESTRO .....	M13-6

TABLA 13.5 NUEVO PERSONAL PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO .....M13-19

TABLA 13.6 PERSONAL ESTACIÓN DE BOMBEO .....M13-20

TABLA 13.7 COSTO TOTAL DE INVERSIÓN DE CAPITAL NECESARIO PARA IMPLEMENTAR EL PLAN MAESTRO PROPUESTO .....M13-28

TABLA 13.8 COSTO TOTAL DE CAPITAL DE INVERSIÓN PARA EL PROYECTO DE LA PRIMERA ETAPA .....M13-28

TABLA 13.9 COSTO TOTAL DE INVERSIÓN DE CAPITAL PARA EL PROYECTO DE LA SEGUNDA ETAPA .....M13-28

TABLA 13.10 COSTO TOTAL DE INVERSIÓN DE CAPITAL PARA EL PROYECTO DE LA TERCERA ETAPA.....M13-28

TABLA 13.11 COSTO DEL PROYECTO PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA CENTRAL...M13-29

TABLA 13.12 COSTO DEL PROYECTO PARA EL DESARROLLO DEL NUEVO SISTEMA DE ALCANTARILLADO .....M13-30

TABLA 13.13 COSTO ANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA LOS COMPONENTES PROPUESTOS DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DEL PM .....M13-31

TABLA 13.14 REDUCCIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTE CON EL P/M PARA EL DESARROLLO DEL NUEVO SISTEMA DE ALCANTARILLADO.....M13-32

TABLA 13.15 REDUCCIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTE CON EL P/M PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA CENTRAL DE ALCANTARILLADO .....M13-33

TABLA 13.16 CASO 1- CONDICIONES EXISTENTES (AÑO 2002).....M13-33

TABLA 13.17 CASO M/P .....M13-33

TABLA 13.18 ANÁLISIS DE LOS CONTAMINADORES Y LOS BENEFICIARIOS .....M13-35

TABLA 13.19 INVERSIÓN DE CAPITAL PARA LA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE (CLASIFICADA POR SECTOR DE INVERSIÓN) .....M13-38

TABLA 13.20 INVERSIÓN DE CAPITAL PARA LA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE (CLASIFICADA POR TIPO DE INDUSTRIA).....M13-38

TABLA 13.21 INGRESOS Y GASTOS DE UN NÚCLEO FAMILIAR PROMEDIO.....M13-39

TABLA 13.22 PRECIOS BÁSICOS EN CIUDAD DE LA HABANA .....M13-40

TABLA 13.23 DIMENSIONES COMERCIALES DE LAS PRINCIPALES FÁBRICAS DEL AREA DE ESTUDIO .....M13-41

TABLA 13.24 DATOS SOBRE PRECIOS DEL TURISMO.....M13-42

TABLA 13.25 DEUDA EXTERNA DE CUBA EN MONEDA LIBREMENTE CONVERTIBLE .....M13-43

TABLA 13.26 DONANTES DE ASISTENCIA PARA EL DESARROLLO .....M13-44

TABLA 13.27 TIPOS DE ASISTENCIA PARA EL DESARROLLO.....M13-44

TABLA 13.28 TASAS DE PRÉSTAMOS REFERENCIALES APLICADAS POR LAS AGENCIAS MULTILATERALES DE CRÉDITO. ....M13-45

TABLA 13.29 VARIACIONES EN LA TASA DE CAMBIO DEL PESO CUBANO EN RELACIÓN CON EL DÓLAR ESTADOUNIDENSE .....M13-48

TABLA 13.30 VARIACIONES EN LA CANTIDAD DE TURISTAS QUE VISITAN A LA CIUDAD DE LA HABANA .....M13-51

TABLA 13.31 FLUJO DE EFECTIVO DEL PROYECTO DEL PLAN MAESTRO A VALOR FINANCIERO.....M13-52

TABLA 13.32 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD FINANCIERA DEL PROYECTO DEL PLAN MAESTRO.....M13-53

TABLA 13.33 CULTIVOS POSIBLES EN LOS TERRENOS SELECCIONADOS PARA EL PROYECTO.....M13-56

TABLA 13.34 VALORES ECONÓMICOS DE LA TIERRA .....M13-57

TABLA 13.35 RESULTADOS DE LA ENCUESTA A LA POBLACIÓN .....M13-60

TABLA 13.36 FLUJO DE EFECTIVO DEL PROYECTO DEL PLAN MAESTRO A VALOR ECONÓMICO .....M13-64

TABLA 13.37 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD ECONÓMICA DEL PROYECTO DEL PLAN MAESTRO.....	M13-65
TABLA 13.38 PÉRDIDAS CAUSADAS POR LA CONTRACCIÓN DE DIARREA .....	M13-66

## **Parte II ESTUDIO DE FACTIBILIDAD**

### **CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN**

1.1 GÉNESIS DEL PROYECTO .....	F1-1
1.2 ALCANCE DEL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD .....	F1-1
1.3 ORGANIZACIÓN Y DIRECCIÓN DEL ESTUDIO .....	F1-1

### **CAPÍTULO 2 PROYECTO PRIORITARIO**

2.1 PROYECTO PRIORITARIO PROPUESTO.....	F2-1
2.2 FUNDAMENTOS DE DISEÑO .....	F2-1
2.2.1 POBLACIÓN DE DISEÑO .....	F2-1
2.2.2 CANTIDADES DE AGUAS RESIDUALES .....	F2-2
2.2.3 FLUJOS DE DISEÑO .....	F2-3
2.3 REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO EXISTENTE.....	F2-3
2.3.1 DISEÑO DE LOS COLECTORES.....	F2-4
2.3.2 DISEÑO DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES .....	F2-10
2.4 DESARROLLO DEL NUEVO SISTEMA DE ALCANTARILLADO .....	F2-17
2.4.1 DISEÑO DE LOS COLECTORES.....	F2-17
2.4.2 DISEÑO DE LA NUEVA PLANTA DE TRATAMIENTO .....	F2-24
2.5 PLAN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO .....	F2-29
2.5.1 TRABAJOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO .....	F2-29
2.5.2 COLECTOR .....	F2-29
2.5.3 ESTACIONES DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES .....	F2-30
2.5.4 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR) .....	F2-32
2.5.5 EXIGENCIAS DE PERSONAL .....	F2-35

### **CAPÍTULO 3 EJECUCIÓN DEL PROYECTO PRIORITARIO**

3.1 PROGRAMA DE EJECUCIÓN .....	F3-1
3.1.1 GENERALIDADES .....	F3-1
3.1.2 PROGRAMA DE EJECUCIÓN PARA EL PROYECTO PRIORITARIO .....	F3-1
3.2 ESTIMADOS DE COSTO DEL PROYECTO PARA EL PROYECTO PRIORITARIO .....	F3-1
3.2.1 BASES DEL ESTIMADO DE COSTO DE CAPITAL.....	F3-1
3.2.2 COSTO DEL PROYECTO.....	F3-3
3.2.3 COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	F3-7
3.3 ORGANIZACIONES E INSTITUCIONES.....	F3-9
3.3.1 GENERALIDADES .....	F3-9
3.3.2 SECTOR DEL SUMINISTRO DE AGUA Y DEL ALCANTARILLADO .....	F3-9
3.3.3 SECTOR AMBIENTAL.....	F3-9
3.3.4 ORGANIZACIÓN INSTITUCIONAL PARA LA BAHÍA DE LA HABANA.....	F3-14

3.3.5	FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL .....	F3-15
3.3.6	ORGANIZACIÓN INSTITUCIONAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO .....	F3-18
<b>CAPÍTULO 4 ANÁLISIS FINANCIERO Y ECONÓMICO</b>		
4.1	ANÁLISIS FINANCIERO .....	F4-1
4.1.1	METODOLOGÍA .....	F4-1
4.1.2	CONDICIONES BÁSICAS .....	F4-1
4.1.3	EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD FINANCIERA .....	F4-3
4.1.4	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD .....	F4-4
4.1.5	PROGRAMA DE PAGO DE LOS PRÉSTAMOS .....	F4-4
4.2	ANÁLISIS ECONÓMICO .....	F4-7
4.2.1	METODOLOGÍA .....	F4-7
4.2.2	VALUACIÓN DE LOS COSTOS / BENEFICIOS ECONÓMICOS .....	F4-8
4.2.3	EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA .....	F4-10
4.2.4	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD .....	F4-11
<b>CAPÍTULO 5 CONSIDERACIONES AMBIENTALES</b>		
5.1	GENERALIDADES .....	F5-1
5.2	ESTACIÓN DE BOMBEO DE MATADERO .....	F5-1
5.3	COLECTOR SUR NUEVO, COLECTOR A PRESIÓN Y TUBERÍA DE DESVIACIÓN PARA EL COLECTOR CERRO Y EL COLECTOR SUR .....	F5-3
5.4	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LUYANÓ .....	F5-7
5.5	COLECTOR DE LA MARGEN DERECHA DE LUYANÓ-MARTÍN PÉREZ Y COLECTOR DE LA MARGEN IZQUIERDA DE LUYANÓ .....	F5-10
5.6	ESTACIÓN DE BOMBEO DE CASABLANCA .....	F5-12
5.7	CÁMARAS DE REJAS DE CABALLERÍA .....	F5-13
5.8	EVALUACIÓN DE LA MEDIDAS DURANTE LAS EMERGENCIAS .....	F5-14
5.8.1	ESTACIÓN DE BOMBEO DE MATADERO .....	F5-15
5.8.2	ESTACIÓN DE BOMBEO DE CASABLANCA .....	F5-15
5.8.3	PTAR LUYANÓ .....	F5-15
5.9	RECOMENDACIONES .....	F5-15
<b>CAPÍTULO 6 EVALUACIÓN DEL PROYECTO</b>		
6.1	GENERALIDADES .....	F6-1
6.2	EVALUACIÓN TÉCNICA .....	F6-1
6.2.1	GENERALIDADES .....	F6-1
6.2.2	INSTALACIONES PROPUESTAS .....	F6-1
6.2.3	ADQUISICIÓN DE TERRENOS Y DERECHOS .....	F6-1
6.2.4	SOLICITUD DEL CONTRATO .....	F6-2
6.2.5	EFFECTOS DEL PROYECTO SOBRE EL MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE .....	F6-2
6.2.6	EVALUACIÓN TÉCNICA TOTAL .....	F6-2
6.3	EVALUACIÓN FINANCIERA Y ECONÓMICA .....	F6-2
6.3.1	EVALUACIÓN FINANCIERA .....	F6-2
6.3.2	EVALUACIÓN ECONÓMICA .....	F6-4

6.4	EVALUACIÓN AMBIENTAL.....	F6-5
6.4.1	REDUCCIÓN DE LA CARGA DE CONTAMINACIÓN.....	F6-5
6.4.2	MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA.....	F6-7
6.4.3	RESUMEN DE LA EVALUACIÓN.....	F6-13
6.5	EVALUACIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	F6-13

## CAPÍTULO 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1	CONCLUSIONES.....	F7-1
7.2	RECOMENDACIONES.....	F7-1

### LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1	MAPA GENERAL DEL PROYECTO PRIORITARIO.....	F2-5
FIGURA 2.2	RUTA DEL COLECTOR SUR NUEVO.....	F2-6
FIGURA 2.3	CORTE LONGITUDINAL DEL COLECTOR SUR NUEVO.....	F2-7
FIGURA 2.4	RUTA DE LA TUBERÍA DE INTERCONEXIÓN PROPUESTA PARE EL COLECTOR CERRO Y EL COLECTOR SUR.....	F2-8
FIGURA 2.5	CORTE LONGITUDINAL DE LA TUBERÍA DE INTERCONEXIÓN PROPUESTA PARE EL COLECTOR CERRO Y EL COLECTOR SUR.....	F2-9
FIGURA 2.6	PLANO DE LAS CÁMARAS DE REJAS DE CABALLERÍA QUE SE REHABILITARÁN.....	F2-14
FIGURA 2.7	PLANO DE LOS EQUIPOS QUE SE REHABILITARÁN EN LA ESTACIÓN DE BOMBEO DE CASABLANCA.....	F2-15
FIGURA 2.8	ESTACIÓN DE BOMBEO DE MATADERO.....	F2-16
FIGURA 2.9	RUTA DEL COLECTOR DE LA MARGEN DERECHA DE LUYANÓ-MARTÍN PERÉZ.....	F2-19
FIGURA 2.10	CORTE LONGITUDINAL DEL COLECTOR DE LA MARGEN DERECHA DE LUYANÓ MARTÍN PERÉZ EN VÍA BLANCA.....	F2-20
FIGURA 2.11	CORTE LONGITUDINAL DEL COLECTOR DE LA MARGEN DERECHA DE LUYANÓ MARTÍN PERÉZ EN ANILLO DEL PUERTO.....	F2-21
FIGURA 2.12	RUTA DEL COLECTOR DE LA MARGEN IZQUIERDA DEL RÍO LUYANÓ.....	F2-22
FIGURA 2.13	CORTE LONGITUDINAL DEL COLECTOR DE LA MARGEN IZQUIERDA DEL RÍO LUYANÓ.....	F2-23
FIGURA 2.14	INSTALACIONES DE TRATAMIENTO DESARROLLADAS COMO PARTE DEL PROYECTO – PLANO GENERAL DEL DISEÑO DE LA PTAR LUYANÓ.....	F2-26
FIGURA 2.15	PERFIL HIDRAULICO DE LA PTAR LUYANO.....	F2-27
FIGURA 3.1	PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO PRIORITARIO.....	F3-2
FIGURA 3.2	INRH-DIAGRAMA ORGANIZATIVO PARA LA CIUDAD DE LA HABANA.....	F3-12
FIGURA 3.3	SECTOR AMBIENTAL Y SECTOR DEL SUMINISTRO DE AGUA Y DEL ALCANTARILLADO CIUDAD DE LA HABANA.....	F3-13
FIGURA 3.4	MARCO INSTITUCIONAL DEL PROYECTO COMITÉ SUPERVISOR PROPUESTO.....	F3-21
FIGURA 3.5	ORGANIZACIÓN INSTITUCIONAL PROPUESTA PARA EL DISEÑO Y LA SUPERVISIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES.....	F3-22
FIGURA 6.1	RESULTADOS DE LOS NIVELES DE OD PARA EL M/P Y EL E/F.....	F6-8
FIGURA 6.2	RESULTADOS DE LOS NIVELES DE DBOd PARA EL M/P Y EL E/F.....	F6-9
FIGURA 6.3	RESULTADOS DE LOS NIVELES DE NH <sub>4</sub> -N PARA EL M/P Y EL E/F.....	F6-10
FIGURA 6.4	RESULTADOS DE LOS NIVELES DE PO <sub>4</sub> -P PARA EL M/P Y EL E/F.....	F6-11
FIGURA 6.5	RESULTADOS DE LOS NIVELES DE CHL-A PARA EL M/P Y EL E/F.....	F6-12

**Lista de Tablas**

TABLA 2.1	POBLACIÓN CUBIERTA POR EL PROYECTO PRIORITARIO .....	F2-2
TABLA 2.2	CANTIDADES DE AGUAS RESIDUALES RELACIONADAS CON EL PROYECTO PRIORITARIO .....	F2-2
TABLA 2.3	TRABAJOS PROPUESTOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA CENTRAL DE ALCANTARILLADO INCLUIDOS EN EL PROYECTO PRIORITARIO.....	F2-3
TABLA 2.4	PRINCIPALES EQUIPOS E INSTALACIONES REHABILITADOS EN LA ESTACIÓN DE BOMBEO DE CASABLANCA .....	F2-10
TABLA 2.5	LISTA DE EQUIPOS QUE SE REHABILITARÁN EN LAS CÁMARAS DE REJAS DE CABALLERÍA.....	F2-11
TABLA 2.6	CONDICIONES DEL CAUDAL DE ENTRADA A LA ESTACIÓN DE BOMBEO DE MATADERO.....	F2-12
TABLA 2.7	BOMBAS NECESARIAS EN LA ESTACIÓN DE BOMBEO DE MATADERO .....	F2-12
TABLA 2.8	RESUMEN DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO DE MATADERO .....	F2-13
TABLA 2.9	PLAN DE DESARROLLO DE LAS REDES DE ALCANTARILLADO DEL PROYECTO PRIORITARIO .....	F2-17
TABLA 2.10	COLECTORES NECESARIOS PARA EL PROYECTO PRIORITARIO .....	F2-18
TABLA 2.11	CALIDAD DE DISEÑO DEL AGUA RESIDUAL TRATADA .....	F2-24
TABLA 2.12	PRINCIPALES INSTALACIONES DE TRATAMIENTO QUE SE CONSTRUIRÁN COMO PARTE DEL PROYECTO PRIORITARIO.....	F2-28
TABLA 2.13	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LOS COLECTORES .....	F2-30
TABLA 2.14	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA LAS ESTACIONES DE BOMBEO.....	F2-32
TABLA 2.15	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA LAS PTAR.....	F2-34
TABLA 2.16	SUCURSAL PARA EL MANTENIMIENTO DEL ALCANTARILLADO.....	F2-35
TABLA 2.17	PERSONAL DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO.....	F2-36
TABLA 2.18	PERSONAL PARA LA NUEVA PLANTA DE TRATAMIENTO.....	F2-36
TABLA 2.19	PERSONAL DE LA OFICINA CENTRAL PARA LA PRIMERA ETAPA.....	F2-37
TABLA 3.1	COSTO DEL PROYECTO PRIORITARIO .....	F3-4
TABLA 3.2	COSTO DEL PROYECTO PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA CENTRAL DE ALCANTARILLADO EN VIRTUD DEL PROYECTO PRIORITARIO .....	F3-5
TABLA 3.3	COSTO DEL PROYECTO PARA EL DESARROLLO DEL NUEVO SISTEMA DE ALCANTARILLADO EN VIRTUD DEL PROYECTO PRIORITARIO .....	F3-6
TABLA 3.4	COSTO ANUAL DE O/M REQUERIDO DE CONFORMIDAD CON EL PROYECTO PRIORITARIO .....	F3-8
TABLA 3.5	OTRAS ENTIDADES Y ORGANISMOS ESTATALES INVOLUCRADOS EN LA GESTIÓN AMBIENTAL .....	F3-11
TABLA 4.1	FLUJO DE EFECTIVO DEL PROYECTO PRIORIZADO A PRECIO FINANCIERO ....	F4-3
TABLA 4.2	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD FINANCIERA DEL PROYECTO PRIORIZADO.....	F4-4
TABLA 4.3	CRONOGRAMA DE PAGO DEL PRÉSTAMO EN DIVISAS .....	F4-6
TABLA 4.4	CRONOGRAMA DE PAGO DEL PRÉSTAMO EN PESOS CUBANOS .....	F4-6
TABLA 4.5	CAMBIOS EN EL RATIO DE COBERTURA DEL SERVICIO DE LA DEUDA PARA EL PROYECTO PRIORIZADO.....	F4-7
TABLA 4.6	FLUJO DE EFECTIVO DEL PROYECTO PRIORIZADO A COSTO ECONÓMICO ....	F4-11
TABLA 4.7	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD ECONÓMICA DEL PROYECTO PRIORIZADO.....	F4-12
TABLA 6.1	REDUCCIÓN DE LA CARGA DE CONTAMINACIÓN ESTIMADA EN EL NUEVO SISTEMA DE ALCANTARILLADO-PROYECTOS PRIORITARIOS .....	F6-5
TABLA 6.2	REDUCCIÓN DE LA CARGA DE CONTAMINACIÓN ESTIMADA EN EL SISTEMA CENTRAL-PROYECTOS PRIORITARIOS .....	F6-6
TABLA 6.3	CASO E/F .....	F6-7

**ABREVIATURA**

JBIC	=	Banco Japonés de Cooperación Internacional
BID (BIAD)	=	Banco Interamericano de Desarrollo
CAS	=	Proceso Convencional de Lodo Activado
CAP	=	Consejo de la Administración Provincial
CAR	=	Convención del Cartagena
C/B	=	Ratio Costo : Beneficio
CDR	=	Comité de Defensa de la Revolución
CECM	=	Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros
CENHICA	=	Centro Nacional para la Hidrología y la Calidad del Agua
CIMAB	=	Centro Cubano de Ingeniería y Dirección de Medio Ambiente de Bahías y Zonas Costeras
CITMA	=	Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente
DISM	=	Consejo de Administración de Seguridad Marina y Protección
CTC	=	Central de Trabajadores de Cuba
DPRH	=	Delegación Provincial de Recursos Hidráulicos de Ciudad de La Habana
DRH	=	Desarrollo de los Recursos Humanos
EAH	=	Empresa de Aprovechamiento Hidráulico
EAI	=	Examen Ambiental Inicial
EB	=	Estacion Bombeo
EE.UU.	=	Estados Unidos de America
EIA	=	Evaluación de Impacto Ambiental
FC	=	Factor de conversión
FCE	=	Factor de conversión estándar
FEEM	=	Federación Estudiantil de la Enseñanza Media
FEU	=	Federación Estudiantil Universitaria
FMC	=	Federación de Mujeres Cubanas
FMI	=	Fondo Monetario Internacional
GEAA	=	Grupo Empresarial de Acueducto y Alcantarillado
GEF	=	Facilidad Medioambiental global
GOC	=	Gobierno de la Republica de Cuba
GOJ	=	Gobierno de Japon
GTE	=	Grupo de Trabajo Estatal para el Saneamiento, Conservación y Desarrollo de la Bahía de La Habana
INRH	=	Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos
ISO	=	Organización de las Normas internacional
JICA	=	Agencia de Cooperación Internacional del Japón
ME	=	Moneda Extranjera
MINAG	=	Ministerio de Agricultura
MINBAS	=	Ministerio de la Industria Básica
MININT	=	Ministerio del Interior
MINSAP	=	Ministerio de Salud Pública
MINTRANS, MITRANS	=	Ministerio del Transporte
MINVEC	=	Ministerio de Inversion Extranjera y la Colaboracion Economica
MIZC	=	Manejo Integral de Zonas Costeras
MIP	=	Ministerio de la Pesca
MN	=	Moneda Nacional
NC	=	Norma Cubana (la Norma Nacional)
OD	=	Zanja de Oxidación
O/M, OyM	=	Operación y Mantenimiento
ONAT	=	Oficina Nacional de Administración Fiscal

ONG	=	Organización no Gubernamental
OPJM	=	Organización de Pioneros José Martí
PCC	=	Partido Comunista de Cuba
PIB	=	Producto Interno Bruto
P/M	=	Plan Maestro
PNB	=	Producto Nacional Bruto
PNUD	=	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
P/S	=	Estación de Bombeo
PTAR	=	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
RA	=	Retorno de Activos
SAMARP	=	Empresa de Saneamiento Marítimo Portuario
TRIE	=	Tasa de Rendimiento Interno Económico
TRIF	=	Tasa de Rendimiento Interno Financiero
UJC	=	Unión de Jóvenes Comunistas
UNEP	=	Programa de Ambiente de Naciones Unidas
UNESCO	=	Educacion de los Naciones Unidas y la Organización Científica
VDP	=	Voluntad de Pagar
VNP	=	Valor neto Presente

### Químicos

Chl-a	=	Clorofila -a
DBO <sub>5</sub> (o DBO)	=	Demanda Bioquímica de Oxígeno ( de 5 dias en el 20°C)
DQO	=	Demanda Química de Oxígeno (Dicromato)
DQO <sub>Mn</sub>	=	Demanda Química de Oxígeno (manganato)
HC	=	Hidrocarburos
OD	=	Oxígeno Disuelto
NMP (o MPN)	=	Número Más Probable
N-NH <sub>4</sub> (o NH <sub>4</sub> -N)	=	Nitrógeno Amoníaco
N-NO <sub>2</sub> (o NO <sub>2</sub> -N)	=	Nitrógeno Nitrito
N-NO <sub>3</sub> (o NO <sub>3</sub> -N)	=	Nitrógeno Nitrato
N-T (o T-N)	=	Nitrógeno Total
NTK (o TKN)	=	Nitrógeno Total (Metodo Kjeldahl)
P-PO <sub>4</sub> (o PO <sub>4</sub> -P)	=	Fosfatos
P-T (T-P)	=	Fósforo Total
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	=	Sulfato
SS	=	Sólidos en Suspensión
STS	=	Sólidos en Suspensión Totales
ST (o TS)	=	Sólidos Totales
TOC	=	Carbon Organica total

# **PARTE I**

## **PLAN MAESTRO**

# **CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN**

## **1.1 ANTECEDENTES**

La Provincia Ciudad de La Habana, donde está situada el Área de Estudio, es la ciudad más grande del Mar Caribe y es el centro político, cultural y económico de Cuba. La población es de 2.188.000 (estimado en el 2000), la cual representa el 20 % de la población total de Cuba que es de 12.000.000.

La Bahía de la Habana con una superficie de 5.2 km<sup>2</sup>, profundidad promedio de 9 metros y capacidad de 47 millones de m<sup>3</sup>, juega un papel fundamental como puerto marítimo comercial y lugar turístico. La extensión de su cuenca es 68 km<sup>2</sup>. La población de unos 800,000 habitantes en la cuenca de la Bahía es de 37% de la población de la Ciudad de La Habana. Debido a las características de la Bahía de ser un entorno de agua cerrada el agua no se renueva fácilmente con el agua del mar. La contaminación originada de las aguas residuales de los hogares e industrias se descargan en la Bahía sin un tratamiento adecuado, y se produce la suciedad que se acumula en el fondo del mar. En los últimos años la calidad del agua de la Bahía ha empeorado y los niveles de nutrientes son lo suficientemente altos para mostrar un fenómeno de eutroficación.

Sin medidas mejoradas de control de contaminación del agua, la calidad del agua se empeora y el fenómeno de eutroficación está causando daños en el ecosistema acuático de la Bahía y al turismo de la Habana y a la economía de Cuba.

Para resolver la contaminación del agua y mejorar el entorno de agua de la Bahía, el gobierno de Cuba estableció un Grupo de Trabajo Estatal para el Saneamiento, Conservación y Desarrollo de la Bahía de La Habana, (GTE-BH), para coordinar las agencias del gobierno encargadas concernientes a la Bahía de la Habana. El GTE es la autoridad estatal para planificar, organizar, coordinar y controlar el programa de limpieza y manejo ambiental al nivel local. Durante los años 1995 a 1997, bajo la cooperación de la Organización Mundial de Medio Ambiente /PNUD (GEF) y GTE realizó un estudio sobre las Medidas de Control de Contaminación del Agua en el área de la Habana.

En estas circunstancias, a fin de reducir la carga de contaminantes que se descargan en la Bahía de La Habana por las distintas Fuentes de contaminación y mejorar el entorno de agua en la Bahía de La Habana, el Gobierno de Cuba solicitó al gobierno del Japón asistencia técnica para la formulación del Plan Maestro (P/M) del Sistema de Alcantarillado Sanitario y Drenaje y el Estudio de Factibilidad (E/F) para los Proyectos de Alcantarillado seleccionados en el Plan Maestro.

En respuesta a la solicitud del Gobierno de Cuba, JICA envió una Misión de Estudio Preparatoria liderada por la Sra. Keiko YAMAMOTO a la República de Cuba, entre el 17 de febrero y el 8 de marzo del 2002, para discutir el Alcance de Trabajo para el Estudio del Desarrollo del Alcantarillado y el Drenaje Pluvial en la Cuenca Tributaria de la Bahía de la Habana en la República de Cuba. El Alcance del Estudio fue firmado finalmente entre el Grupo de Trabajo Estatal para el Saneamiento, Conservación y Desarrollo de la Bahía de La Habana, (GTE-BH) y JICA.

Los objetivos de estudio son los siguientes:

- Preparar un plan maestro del sistema de alcantarillado sanitario y drenaje en la Ciudad de la Habana, para el año objeto del 2020.
- Realizar un estudio de Factibilidad para proyectos seleccionados en el plan maestro; y

- Realizar la transferencia tecnológica al personal de contraparte cubana durante el Estudio.

Basado en el Área de Alcance de Estudio fue seleccionado y autorizado un equipo de expertos japoneses, liderado por el Dr. Harutoshi UCHIDA de la Compañía Nihon Suido Consultants Ltd. que comenzó su primer trabajo a principios de julio del 2002.

El Estudio está dividido en tres fases: “Fase I – Estudio Básico”, “Fase II- Formulación del Plan Maestro del Sistema de Alcantarillado y Drenaje” y “Fase III – Estudio de Factibilidad Sobre los Proyectos Seleccionados”.

Las tres fases se han llevado a cabo por el Grupo de Estudio JICA en colaboración con los miembros de la contraparte cubana.

## **1.2 INFORMES**

A lo largo del Estudio, se han preparado y emitido para JICA y GTE los siguientes cinco (5) informes, como se muestra en la Tabla 1.1. El informe inicial se presentó antes de comenzar el Estudio a principios de Julio del 2002. Este informe presentó metodologías básicas y planes de operación a adoptar para alcanzar los objetivos del Estudio, el Tiempo planificado, las Organizaciones propuestas, y la composición del equipo de estudio de JICA.

El informe de progreso presentó el avance del Estudio realizado durante el curso de la Fase 1- Estudio Básico en la República de Cuba realizado desde el 3 de Julio hasta el 31 de Octubre del 2002. Este Estudio incluye e incorpora los resultados en el campo de las investigaciones, estudios, información y datos coleccionados, el cual pretende establecer las bases del sistema de drenaje y alcantarillado del Plan Maestro para mejorar el medio ambiente del agua de la Bahía de la Habana y las áreas tributarias dentro del Área de Estudio.

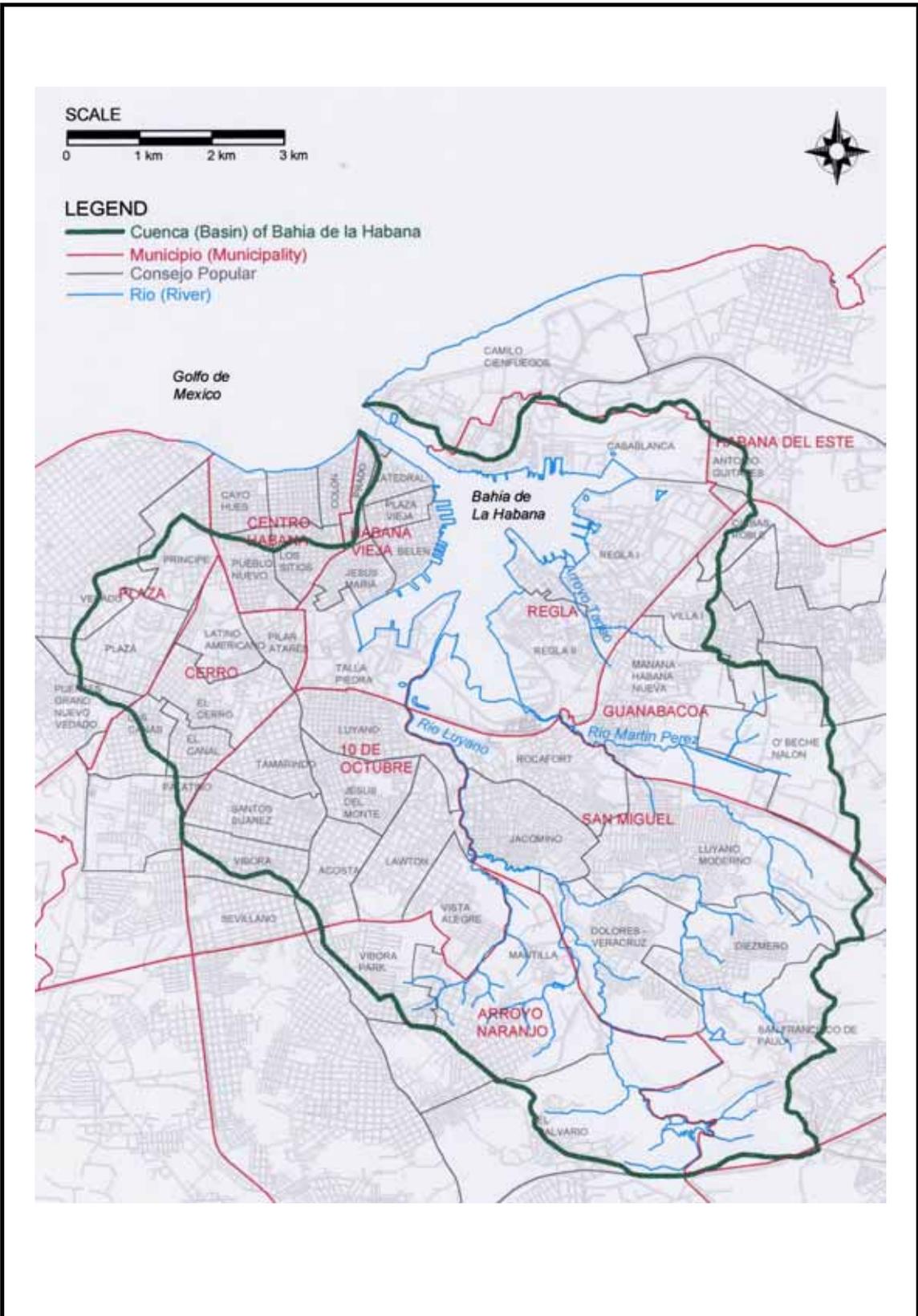
El Informe Intermedio resumió el trabajo hecho durante el estudio de las Fases I y II. Presenta el Plan Maestro (P/M) propuesto de alcantarillado y drenaje hasta el año 2020 para mejorar el ambiente de agua en la Bahía de La Habana y los proyectos de prioridad identificados para el Estudio de Factibilidad. Una discusión extensa todavía se exigirá finalizar el plan y los proyectos de prioridad propuestos antes del comienzo del trabajo para el Estudio de Factibilidad sobre los proyectos de prioridad.

**Tabla 1.1 Lista de los Informes de Estudio**

No	Nombre del Informe / Tiempo de Presentación	Número de Copias	Contenido Fundamental
1)	Informe Inicial, presentado a GTE el 4 de Julio del 2002	Inglés 25 Español 25	Estudio Básico y Metodología Tiempo de Estudio Programa de Estudio del Personal
2)	Informe de Progreso Al final del Estudio Básico.	Inglés 25 Español 25	Resultados del Estudio hasta el final del estudio Básico en Cuba.
3)	Informe Intermedio Al final del Estudio del Plan Maestro, en Marzo del 2003.	Inglés 25 Español 25	Resultados del estudio hasta el final del estudio del Plan Maestro en Cuba
4)	Proyecto del Informe Final  Al final del Estudio de Factibilidad en Cuba.	Resumen Principal..... Inglés 25 Español 25 Dato de Apoyo.... y Dibujos Español 25	Resultados de todos los estudios
5)	Informe Final  Febrero del 2004	Resumen.... Principal... Datos de Apoyo y Dibujos Inglés 25 Español 25	Resultados de todos los estudios con las modificaciones basadas en los comentarios del Gobierno de la República de Cuba.
		Inglés 25 Español 25	

### 1.3 ÁREA DE ESTUDIO

El Área de Estudio estará limitado a la Bahía de la Habana y su área colectora, como se puede apreciar en la Figura 1.1.



ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA

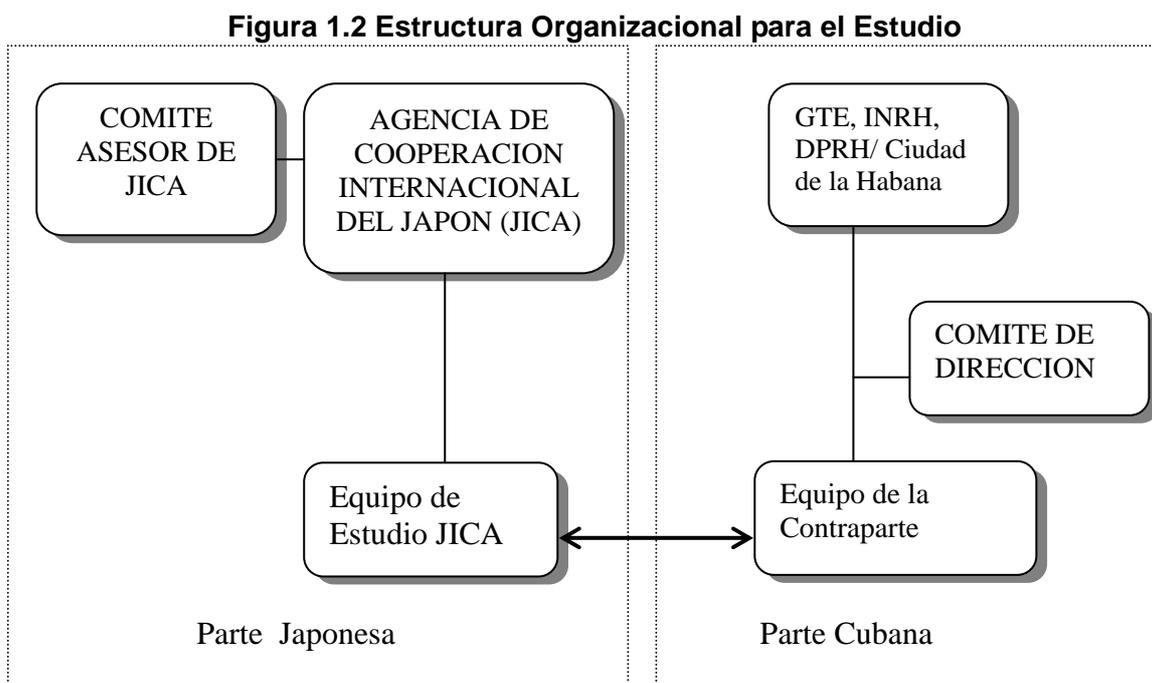
Figura 1.1  
Area de Estudio

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN

## 1.4 ORGANIZACION Y PERSONAL

### 1.4.1 ORGANIZACIÓN

La Primera Fase de Trabajo en Cuba se ha llevado a cabo manteniendo una estrecha colaboración con la contraparte del GTE, INRH, Y el DPRH/ de la Ciudad de la Habana y otros organismos concernientes. La Estructura Organizacional para el Estudio se muestra a continuación:



La función del Comité Asesor de JICA es dar consejos necesarios sobre el Estudio a JICA. El Comité Asesor está formado por los siguientes miembros e instituciones:

Tabla 1.2 Miembros del Comité Asesor

NOMBRES	CARGO	ORGANISMOS
1) Sr. Armando Choy Rodríguez	Presidente	GTE
2) Sr. Ángel Valdés Mujica	Vice Presidente	GTE
3) Sr. Daniel Álvarez Zamora	Vice Presidente	GTE
4) Sra. Dolores Merás Morejón	Especialista	División de Países Desarrollados, MINVEC
5) Ms. Ileana Rodríguez	Representante	División de Asia, Medio Oriente y Oceanía del MINVEC
6) Sr. Jorge Kaláf-Malúf Potts	Vice Delegado de Desarrollo	DPRH/ Ciudad de la Habana
7) Sr. Juan Herrera Cruz		CITMA/Ciudad Habana
8) Ms. Dalgys Casaña	Especialista	CITMA/Ciudad Habana
9) Ms. Marilyn Fernández	Vicedirectora	GTE
10) Ms. Nélide Pérez	Especialista	Departamento de Planificación Física/Ciudad Habana
11) Sra. Olga E. Álvarez Sánchez	Especialista	MITRANS
12) Sra. Maricarmen Vásquez	Especialista	Ministerio de Economía y Planificación
13) Sr. José Lara Paz	Vice Director General	GTE

#### 1.4.2 MIEMBROS DE LA CONTRAPARTE

Durante el período de Estudio, se han ido incorporando los siguientes miembros de la contraparte:

**Tabla 1.3 Miembros de la Contraparte**

<b>Tarea</b>	<b>Nombre</b>	<b>Organización</b>
1) Coordinador del Estudio	Sr. Jorge Kaláf-Malúf Potts	DPRH/Ciudad Habana
2) Coordinador del Estudio	Sr. Ángel Valdés Mujica	GTE
3) Análisis de la Calidad y la Contaminación del Agua	Sr. José Fransisco Santiago	DPRH/Ciudad Habana
4) Análisis de la Calidad del Agua y Control de la Fuente de Contaminación del Agua	Sra. Tamara del Castillo	GTE
5) Análisis de la Calidad del Agua, Control de la Fuente de Contaminación del Agua, Consideración Legal y Social, Desarrollo de Recursos Humanos	Sra. Antonia Lozano	DPRH/Ciudad Habana
6) Análisis de la Contaminación del Agua y Valoración del Impacto Ambiental	Sr. Reinaldo Regadera	GTE
7) Análisis de la Contaminación del Agua y Valoración del Impacto Ambiental	Sra. Marlen Pérez	GTE
8) Educación Ambiental y Consideración Legal y Social	Sra. María de los A. Hernandez	GTE
9) Ingeniería de Instalaciones de Tratamiento de Aguas Residuales y Análisis de la Contaminación del Agua	Sr. Vladimir Iglesias	DPRH/Ciudad Habana
10) Planeamiento del Sistema de Alcantarillado y Drenaje, Plan de Operación y Mantenimiento	Sra. Nancy Chávez	DPRH/Ciudad Habana (Empresa Habana)
11) Planeamiento del Sistema de Alcantarillado y Drenaje, Plan de Operación y Mantenimiento	Sra. Lourdes M. Aguiar	DPRH/Ciudad Habana (Empresa Oeste)
12) Planeamiento del Sistema de Alcantarillado y Drenaje, Plan de Operación y Mantenimiento	Sra. Maylín Mardone	DPRH/Ciudad Habana
13) Planeamiento del Sistema de Alcantarillado y Drenaje, Sistema de Información de Mapas	Sr. Yosvany Simón	GTE
14) Planeamiento de Construction, Estimación de Coste	Sr. Sergio Gómez	DPRH/Ciudad Habana
15) Planificación Física	Sra. Maribel Pérez	DPPF

### 1.4.3 GRUPO DE ESTUDIO

El Estudio se ha implementado con todo lo asignado para el estudio de las Fases I y II en la República de Cuba. Los Miembros del Comité Supervisor y del Grupo de Estudio se dan a conocer en la siguiente Tabla:

**Tabla 1.4 Miembros del Comité Supervisor y Grupo de Estudio**

<b>Nombre</b>	<b>Tarea Asignada</b>
<b>Comité Supervisor</b>	
1) Sra. Keiko YAMAMOTO	Presidenta
2) Sr. Takesi SANNOMIYA	Miembro
3) Sr. Yukihiro YAMAGUTI	Miembro
<b>Grupo de Estudio</b>	
1) Dr. Harutoshi UCHIDA	Jefe de Grupo/ Planeamiento de Alcantarillado
2) Dr. Sivapragasam KUGAPRASATHAM	Análisis de Contaminación del Agua/ Evaluación de Impacto Ambiental
3) Dr. Ryunan MATSUE	Análisis de la Calidad del Agua/ Control de Fuentes de Contaminación del Agua
4) Sr. Jack BANNISTER	Educación Ambiental/ Consideraciones Legales y Sociales / Organización y Desarrollo de Recursos Humanos
5) Sr. Yasuo MOTO	Planeamiento de Instalaciones de Tratamiento de Aguas Residuales
6) Sr. Motoo YANAI	Planeamiento de Instalaciones de recolección de Aguas Residuales
7) Sr. Kazuzi SASAKI	Planeamiento de Instalaciones de Drenaje/Planeamiento de instalaciones para la colección de aguas residuales
8) Sr. Masamichi HATTA	Planeamiento de Construcción / Estimación de Coste
9) Sr. Mitsuhiro DOYA	Análisis Socio-económico y Financiero
10) Sr. Zyouzi YOKOKAWA	Intérprete
11) Dr. Genyong Liu	Coordinación de Estudio (Especialista de Modelo de Simulación de la Calidad del Agua)
12) Mr. Shozo Mori	Educación Ambiental/Coordinación del Estudio

## **1.5 PROGRAMA DE ESTUDIO**

### **1.5.1 PROGRAMA DE ESTUDIO ENTERO**

El Estudio se extenderá por un período de 19 meses, empezando en Julio del 2002 a enero del 2004 y se realizará tanto en Japón como en la República de Cuba. El Estudio en la República de Cuba se ejecutará en tres fases:

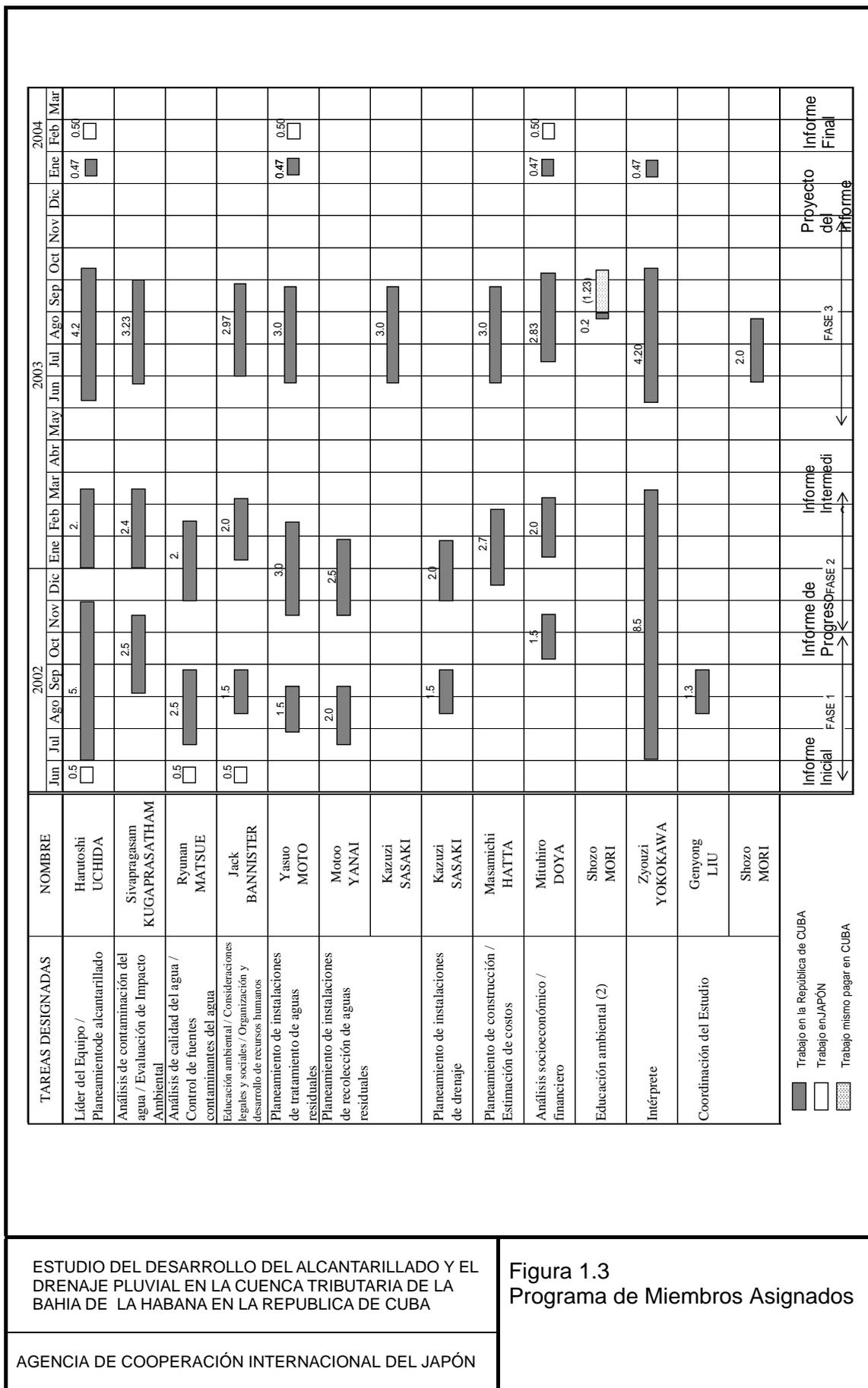
- Fase I, Estudio Básico; de Julio a Octubre, del 2002
- Fase II, Estudio del Plan Maestro, de Noviembre del 2002 a marzo del 2003
- Fase III, Estudio de Factibilidad , desde Mayo hasta octubre del 2003.

Los resultados de las tres fases se presentarán en el Taller que se celebrará en Cuba en enero del 2004.

### **1.5.2 PROGRAMA DE ESTUDIO DE FASES I Y II**

Todos los miembros del Grupo de Estudio de JICA han hecho las tareas en Cuba, coleccionando los datos e información, dirigiendo los estudios del campo para entender la situación presente en el área de estudio, y preparar el Plan Maestro de alcantarillado y drenaje hasta el año 2020, y

han propuesto los proyectos de prioridad para el estudio de factibilidad. Los miembros asignados del Grupo de Estudio de JICA para las Fases I y II se presentan en la Figura 1.3: “Asignación del Personal del Equipo de Estudio”.



ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN

Figura 1.3 Programa de Miembros Asignados

## CAPÍTULO 2

# CONDICIONES FÍSICAS Y SOCIO-ECONÓMICAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

### 2.1 CONDICIONES FÍSICAS

#### 2.1.1 GEOLOGÍA Y TOPOGRAFÍA

De manera general en el área de estudio predomina la topografía llana, con una altimetría que va desde 0,7 m en las áreas más bajas de la cuenca (en el litoral de la Ensenada de Tiscornia), hasta aproximadamente los 100 m de altura sobre el nivel medio del mar en la parte sur (alrededores del Embalse Río Hondo).

Bordeando la mayor parte de la Bahía aparece una llanura baja parcialmente pantanosa, formando una superficie entre 0,7 y 10 m, ocasionalmente inundable, sobre depósitos cuaternarios, arcillas muy modificadas, arcillas cienosas, arenas, arenas arcillosas, turbas. Gran parte de esta superficie ha sido rellenada artificialmente. Se mantiene permanentemente inundada con vegetación de mangle el sector de Tiscornia.

Rodeando esta llanura baja por el noroeste y el oeste aparece una llanura litoral aterrazada con una pendiente suave hasta 1 mar, constituida fundamentalmente por calizas arrecifales organógenas y coralinas del Neógeno y además depósitos friables de edad Cuaternario.

La parte central y sur del territorio de la cuenca está formada por una llanura colinosa surcada por un gran número de cañadas que representan las cabeceras fluviales de los ríos. Geológicamente está formada por argilitas, areniscas, aleurolitas, tobas y margas dislocadas intensamente. Aparecen numerosas colinas alineadas sobre areniscas, con una altura entre 60 y 80 m.

Por el este se encuentra una llanura ondulada sobre arenas arcillosas, arcillas limosas, areniscas, formando un flich terrígeno del Cretácico Superior, con una presencia de colinas con una altura entre 35 y 70 m, litológicamente representadas por ultrabasitas serpentinizadas.

La franja que limita el área de estudio por su extremo noreste está representada por un escarpe denudativo labrado sobre roca caliza organógena, margas y calizas arcillosas, con una pendiente fuerte hacia el sur, alcanzando una altura aproximada de 60 m.

#### 2.1.2 METEOROLOGÍA

EL clima subtropical de la República de Cuba recibe una fuerte influencia de los vientos moderados del nordeste, que cambian ligeramente hacia el este en el verano. Debido a su forma alargada y estrecha, pocos lugares distan de estas brisas moderadas, y en las estaciones no se observan grandes variaciones en la temperatura. En Cuba existen dos estaciones: el verano o época de lluvia, y el invierno o época de seca. El “verano lluvioso” comienza en mayo, y se mantiene hasta octubre. Y el “invierno seco”, ocurre desde noviembre hasta abril.

Excepto en áreas montañosas, la parte oriental de Cuba es ligeramente más cálida que la occidental. La temperatura promedio anual es de 25.5°C. Los rangos de humedad oscilan entre el 81% en el verano hasta el 79% en invierno. La humedad provoca una sensación de calor mayor a la temperatura real. El promedio de lluvia anual es de 1,375 mm; en la época de lluvia la isla recibe 1,059 mm, y en la seca, 316 mm. Los chubascos generalmente son cortos y fuertes.

La temporada de huracanes tiene lugar de junio a noviembre, con ocurrencia de las más fuertes tormentas hacia septiembre y octubre. Los huracanes se forman en el Atlántico al este de las

Antillas Menores, luego se trasladan al noroeste hacia Cuba y al norte de la Florida y las Bahamas. Las zonas de La Habana y Pinar del Río son frecuentemente más afectadas que las provincias orientales. Tales tormentas se caracterizan por vientos fuertes de más de 250 Km por hora y lluvias torrenciales.

En la siguiente sección, se resumen aspectos sobre el clima y las condiciones ambientales del Área de Estudio.

### (1) Temperaturas

El promedio anual más alto de temperatura de Ciudad de La Habana es de 28.8°C y el promedio anual más bajo es de 21.4°C. Las temperatura más alta y la más baja registradas fueron 35.8°C y 8.5°C, respectivamente. La temperatura promedio en el mes más cálido, es de 27.3°C en agosto, mientras que en el mes más frío, febrero, es de 21.6°C.

### (2) Precipitaciones y Humedad

El promedio de lluvia anual es de 1,411 mm; en la época de lluvia, o sea, de mayo a octubre, La Habana recibe el 70% del total anual de lluvia. Los meses más lluviosos son septiembre y octubre. La humedad relativa en general es alta, con un promedio anual de 79.5.

## 2.1.3 HIDROLOGÍA

La Figura 2.1 se refiere a la cuenca de la Bahía de La Habana. La extensión de la cuenca es de 68 km<sup>2</sup>. El área de la bahía es de 5.0 km<sup>2</sup>. También se muestra la extensión de las cuencas.

**Tabla 2.1 Cuenca de Drenaje Pluvial de la Bahía de La Habana**

Nombre de la cuenca	Área, km <sup>2</sup>
Habana Vieja	2.6
Arroyo Matadero	6.8
Agua Dulce	6.5
Río Luyanó	30.0
Río Martín Pérez	13.1
Arroyo Tadeo	2.6
Área de la Refinería	3.4
Casablanca	2.6
Cabaña	0.4
Total	68.0

Tres ríos –Luyanó, Martín Pérez y Arroyo Tadeo—drenan a la bahía desde la parte sur de la cuenca con un área de cuenca de río combinada de 45.7 km<sup>2</sup>. El Río Luyanó es el mayor en cuanto a área de cuenca, longitud y cauce del río.

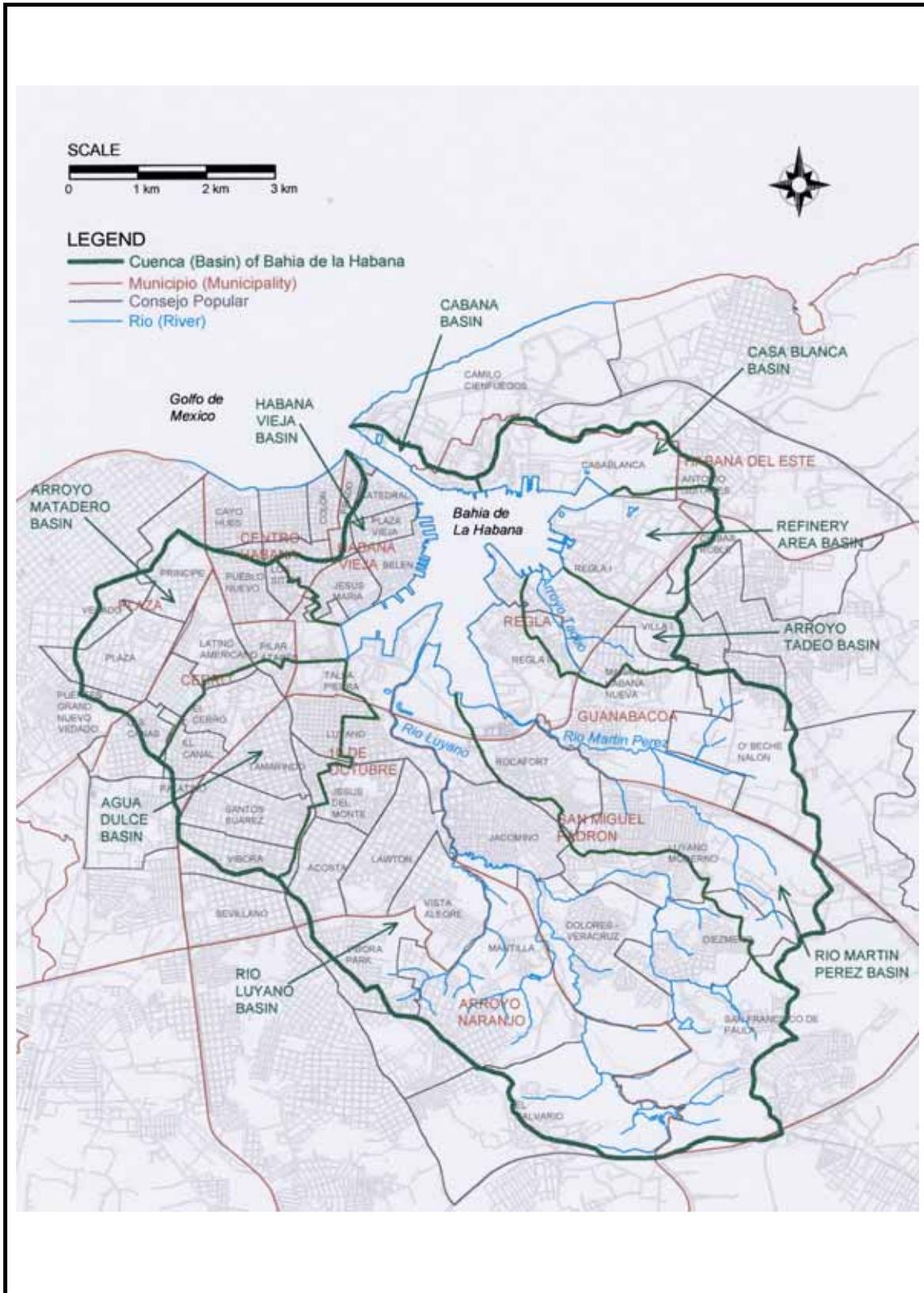
En estos ríos no existen estaciones de medición. La Tabla 2.2 muestra las características de los mismos.

**Tabla 2.2 Características de los Ríos Tributarios de la Bahía de La Habana**

Indicadores	Río Luyanó	Río Martín Pérez	Arroyo Tadeo	Total
Área de la cuenca, km <sup>2</sup>	30.0	13.1	2.6	45.7
Longitud del río, km	10.1	6.4	2.3	
Cauce en el año 2002*, m <sup>3</sup> /d	114,860	62,105	8,004	184,969
Volumen promedio, L/(km <sup>2</sup> . s)	0.1214	0.1503	0.0976	0.1283

Fuente: CIMAB, Agosto 2002

El Río Luyanó nace desde una altura de aproximadamente 90m, mientras que el Río Martín Pérez se origina a una altura de 55m por encima del nivel promedio del mar. Arroyo Tadeo es una corriente urbana que recibe aguas residuales domésticas.



ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA

Figura 2.1 Cuenca de la Bahía de La Habana

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN

## 2.2 CONDICIONES SOCIO-ECONÓMICAS

### 2.2.1 POBLACIÓN

La población actual de Cuba es de aproximadamente 12 millones de habitantes. El área es de 110.860 km<sup>2</sup> y una densidad total de población de 101,28 personas/km<sup>2</sup> (Fuente: Oficina Nacional de Estadísticas, mayo del 2001), la cual es la misma que la de Francia. Los datos para el año 2000 dan un total de población de 11.217.100 del cual 8.445.036 (75%) vive en áreas urbanas. Cuba es altamente urbanizada, de aquí que las áreas rurales están escasamente pobladas con una gran densidad en áreas urbanas.

Como resultado de la colonización, la esclavitud, y la inmigración, Cuba tiene una mezcla de diferentes razas. Hay nativos cubanos, europeos, (principalmente españoles), y africanos. Se estima oficialmente que cerca de un 66% de la población es de origen europeo, 22% son de una raza mixta, y el 12% africanos.

A diferencia de muchos otros países del Caribe y de América Latina, Cuba tiene el perfil de un país desarrollado. Cuba tiene una educación libre y avanzada y un sistema de salud pública, de aquí que la mortalidad infantil es baja, (7,2 por 1000 nacidos vivos en el 2000), la esperanza de vida es alta (74,83 años tanto hombres como mujeres), y la fertilidad es baja (1.9 niños por mujeres). La tercera parte de la población esta entre 14 y 27 años de edad (Fuente: Oficina Nacional de Estadísticas).

La Ciudad de La Habana posee una población total de 2.1868.632 (Oficina Nacional de Estadísticas, mayo 2001), la cual representa cerca del 20% de la población total de Cuba, y cerca de un 26% de la población total urbana. La densidad de población promedio de Ciudad de La Habana oscila entre un poco más de 1000 personas/ha en el centro y menos de 50 personas/ha en la periferia.

Desde 1997 la población de la Ciudad de La Habana ha ido disminuyendo ligeramente y está abocada a un proceso de envejecimiento. Se espera que para el año 2005 la población de la provincia ascienda a 2, 168, 404, lo que refleja la tendencia al incremento de la población.

Con la única excepción del municipio Plaza de la Revolución, la población en el período comprendido entre 1996 y 1999 disminuyó en los municipios del centro (Habana Vieja, Centro Habana, Cerro, Diez de Octubre y Playa), mientras que en los municipios de la periferia y en la zona intermedia la población aumentó en igual período a causa de la inmigración desde los municipios centrales. (Fuente: PGOTU 2000. DPPF Ciudad de La Habana).

**Tabla 2.3 Datos del Censo de Población y Estimados**

Año	Censo 1981	1995	1996	1997	1998	1999	2000
<b>Población</b>	1,929,432	2,184,990	2,204,333	2,197,706	2,192,321	2,189,716	2,186,332
<b>% cambio</b>			0.885	-0.301	-0.245	-0.119	-0.155

DPPFA ha estimado que la población en 1996 dentro de la cuenca de la Bahía de La Habana era de 795,144. La Tabla 2.4 muestra el estimado de la población dentro de la cuenca de la Bahía de La Habana para el año 2000. El Área de Estudio contiene el 35% de la población de la provincia Ciudad Habana y el 51,6% de los diez municipios comprendidos dentro de la cuenca. La densidad poblacional promedio en los límites de la cuenca es de aproximadamente 11,250 habitantes/km<sup>2</sup>.

**Tabla 2.4 Población dentro de la Cuenca de la Bahía de La Habana, Año 2000**

MUNICIPIO	POBLACIÓN MUNICIPAL TOTAL	POBLACIÓN, AREA DE ESTUDIO
Plaza de la Revolución	173,416	18,359
Centro Habana	153,878	73,684
Havana Vieja	99,499	97,026
Regla	42,870	40,764
Habana del Este	184,634	17,675
Guanabacoa	106,618	24,848
San Miguel del Padrón	154,675	145,803
Diez de Octubre	230,865	217,038
Cerro	135,729	97,889
Arroyo Naranjo	199,317	31,676
Total	1,481,501	764,762

## 2.2.2 CONDICIONES ECONÓMICAS

### (1) Empleos y Salarios

La siguiente tabla muestra el total de empleados en la economía, incluyendo el número de personas empleadas en los diferentes sectores, en edad laboral o no. Los datos muestran el personal empleado en organismos estatales y otros sectores de la economía. La tabla también muestra la tendencia desde 1996, y compara el total de empleos en organismos mixtos y estatales entre Cuba y la Ciudad de La Habana.

**Tabla 2.5 Total de Empleados en la Economía (x 1000 trabajadores)**

Categorías	1996		2000	
		%		%
Cuba				
Total de Empleados	3,626.7	100.0	3,843.0	100.0
Entidad Estatal	686.0	80.8	2,978.2	77.5
Entidades No Estatales	20.7	9.2	864.8	22.5
Empresas Mixtas		0.4	26.8	0.7
Organismos Mixtos y Estatales				
<b>Total para Cuba</b>	<b>2,961.4</b>	<b>100.0</b>	<b>3005.0</b>	<b>100.0</b>
<b>Total para Ciudad de La Habana</b>	<b>777.3</b>	<b>24.9</b>	<b>800.5</b>	<b>26.6</b>

Fuente: Oficina Nacional de Estadísticas, año 2000

Como se puede observar, la Ciudad de la Habana con cerca de un 20% de la población total tiene un 26.6% de trabajadores en organizaciones mixtas y del Estado.

En relación con los salarios, la siguiente tabla muestra la comparación entre Cuba y la Ciudad de La Habana en organizaciones estatales y mixtas.

**Tabla 2.6 Salarios en Entidades Mixtas y del Estado (x millones de Pesos)**

Lugar	1996	1996	2000	2000
	Acumulado	Mensual	Acumulado	Mensual
Cuba	6,578.4	194	7,859.8	234
Ciudad de La Habana	1,756.7	203	2,396.8	246

Fuente: Oficina Nacional de Estadísticas, año 2000

El total de empleados de Cuba es de 3.843 millones en el año 2000, con un salario mensual promedio de 243 pesos. Alrededor de un 77.5 % de personas trabajan para el Estado. Para toda Cuba, el promedio de trabajadores masculinos y femeninos es de 62%/38% , donde el 47% son hombres y el 66% mujeres con un nivel de educación técnico- preuniversitario.

En la Ciudad de la Habana, con un 20% de la población total de Cuba , los salarios son de un 30% del salario total acumulado, y la Habana tiene un poco mas alto que el promedio mensual salarial que es de 246 pesos. En Ciudad de La Habana el índice de trabajadores hombres y mujeres es de 56%/44% . El 64% es de hombres y el 75% de mujeres con un nivel de educación preuniversitario.

## (2) Vida Urbana en el Área de Estudio

Con una población de aproximadamente 2000.000, la Ciudad de la Habana, es un primer ejemplo de un complejo urbano superpoblado cubano. El área de estudio cubre gran parte del interior de la ciudad, donde es usual para abuelos, padres e hijos compartir sus bienes debido principalmente a la aguda crisis de vivienda.

Debido a esta crisis, los jóvenes viven con sus padres aun hasta después de casarse. El hacinamiento y la falta de privacidad podría ser la causa fundamental del alto índice de divorcio dentro de la población urbana. Gran parte de los niños pequeños mientras sus padres están trabajando asisten a Jardines y Círculos Infantiles, otro porcentaje es atendido por abuelos u otros familiares. y es normal que las mujeres lleven el trabajo doméstico.

Todos los cubanos tienen una “libreta, “ a través de la cual los alimentos básicos y otros necesarios como son arroz, frijoles , sal, azúcar, aceite, huevo, café, jabón, pasta de diente, etc pueden ser comprados dependiendo de la disponibilidad en mercados especiales con precios muchos mas bajos que en otros mercados. Todos los trabajadores reciben beneficios de uno u otro tipo en adición a su salario básico, a muchos se les facilita almuerzo ( algunas veces a un costo nominativo). Otros beneficios pueden incluir uniformes, transporte, viajes de recreación, y una canasta de aseo, etc. Los servicios Públicos proveen de agua, electricidad, gas y servicio telefónico a precios adecuados y también se cuenta con tres canales de televisión y varios canales de radio.

Debido a las dificultades de transporte muchos cubanos pasan su tiempo libre con amigos y vecinos. La televisión es muy popular en la mayoría de los cubanos, y las mujeres también escuchan la radio, mientras que el pasatiempo favorito de los hombres es el domino. La cultura y la música también son popular en las Casas de Culturas, y Casas de la Trova. A los cubanos les gusta la música y el baile, y en poco se forma una fiesta donde todos los grupos de edades se suman en un especial estilo de baile.

## (3) Estructura Urbana del Área de Estudio

De los 15 municipios que forman la Ciudad de La Habana, 10 están parcial o totalmente en el área de estudio. El estado técnico de las edificaciones en este territorio en el año 1996 se comportaba de la siguiente manera: Bueno: 37,3%. Regular :34,2%. Malo : 28,5%. De esta manera se estima que aproximadamente el 63% de las edificaciones se encuentran en regular y

mal estado, concentrándose el deterioro fundamentalmente en los municipios Centro Habana, Regla y Habana Vieja.

Gran parte del deterioro de la vivienda está asociado a la antigüedad de las construcciones y a la falta de mantenimiento mientras en otras zonas se deriva fundamentalmente de la tipología de las mismas, incluyendo construcciones improvisadas en zonas que se constituyen ilegalmente como focos insalubres.

Tanto el ritmo de la construcción estatal de nuevas viviendas como la disponibilidad de materiales para el mantenimiento o construcción por la población y el Estado se afectaron significativamente a partir de 1990, en consecuencia el deterioro del medio construido se hace patente tanto en la vivienda como en sus funciones complementarias, especialmente en los servicios, centros de animación y espacios públicos.

Desde hace algunos años el Centro Histórico de la Habana Vieja es parte de un plan de restauración y rehabilitación para recuperar espacios públicos, hoteles, viviendas y servicios que forman parte de la memoria tangible y del patrimonio edificado de la ciudad. A pesar del esfuerzo realizado un alto número de monumentos y construcciones con valor histórico se encuentra aún en un elevado nivel de deterioro y demandan acciones urgentes para su preservación.

En el Plan General de Ordenamiento Territorio y Urbanismo aprobado por la Asamblea Provincial del Poder Popular para el período 2001- 2005 se plantea implementar la rehabilitación integral de un conjunto de áreas residenciales de la zona central donde se concentra el deterioro en los municipios Habana Vieja, Centro Habana, Cerro y 10 de Octubre, en las que se propone construir un número de viviendas que sustituyan las viviendas irreparables a demoler hasta el año 2005 e intervenir simultáneamente en la rehabilitación y conservación del fondo que permanece, incluyendo la infraestructura técnica y los servicios.

Los municipios Habana Vieja, Centro Habana, y la parte histórica del Cerro y 10 de Octubre, se encuentran en la zona central de la ciudad, concentrándose en ellos el mayor porcentaje de la población residente en el área de estudio; presentan una elevada concentración de equipamientos y servicios y una alta ocupación del suelo. La morfología urbana presenta una trama compacta con antiguas edificaciones donde predomina la función residencial con una alta densidad de población y gran déficit de áreas verdes. En la Habana Vieja y Centro Habana la densidad de población bruta en zona de viviendas no excede de 800 hab / ha, considerándose entre las más altas de la ciudad.

En el Cerro y 10 de Octubre existen algunas agrupaciones industriales e industrias dispersas en la trama urbana así como varias instalaciones hospitalarias.

El borde marítimo de la Habana Vieja, antiguo puerto comercial se encuentra en proceso de rehabilitación, cambiando su antigua función por la turística -recreativa. Aparece también una zona industrial dentro de este municipio históricamente vinculada al puerto, donde se encuentran almacenes y antiguas industrias como la Termoeléctrica Otto Parellada, la Planta de gas y la Procesadora de Pescado Hacendados.

El municipio Plaza de La Revolución, aunque perteneciente también a la zona central se diferencia de los anteriores por tener una trama donde predominan grandes parcelas con jardines y parterres en las vías, se mezclan antiguas casonas de una y dos plantas con edificaciones altas más recientes.

Gran parte del municipio 10 de Octubre y los municipios Arroyo Naranjo, San Miguel del Padrón, Regla y Guanabacoa, pertenecen a la zona intermedia de la ciudad, la cual se caracteriza por tener una ocupación del suelo media y menor densidad de población, una baja concentración de servicios y un predominio de viviendas individuales, generalmente con portales, jardines y

patios. En San Miguel del Padrón aparecen industrias agrupadas en las márgenes del río Luyanó.

Desde hace algunos años Regla ha perdido el frente marítimo por la presencia de instalaciones vinculadas al puerto que además de ocupar áreas públicas degradan el litoral. En Guanabacoa existen instalaciones productivas dispersas y una gran zona reservada para el desarrollo industrial a largo plazo.

En algunas áreas libres, fundamentalmente en los municipios Arroyo Naranjo, San Miguel del Padrón y Guanabacoa se están desarrollando diferentes modalidades de la agricultura urbana con buenos resultados.

#### **(4) Escala Económica e Índice de Crecimiento de la Ciudad de la Habana**

La caída del Muro de Berlín en 1989 y el desplome de la Unión Soviética en 1991 propinaron un duro golpe a la economía cubana. En el año 1990 comenzó el Período Especial en Tiempo de Paz, anunciando tiempos difíciles para todos los cubanos. Muchas fábricas se vieron obligadas a cerrar como consecuencia de la reducción de las inversiones, lo que trajo consigo un incremento del desempleo. Las acciones necesarias para el ahorro de energía provocaron cortes en el fluido eléctrico y la disminución del transporte público.

En la primera mitad de los años 90, Cuba adoptó políticas más liberales con la introducción de algunas actividades del mercado libre, y encontró otros socios económicos que no pertenecían al bloque soviético para formar empresas mixtas con capital extranjero. Con anterioridad el 80% del comercio se producía con países del bloque socialista. El capital provenía fundamentalmente de Canadá, Europa, y México, y las empresas mixtas se formaron en sus inicios en la industria petrolera, en el turismo, las telecomunicaciones, y en la minería.

A comienzos de los 90, el PIB de Cuba se redujo en un 37 %. Sin embargo, a mitad de los años 90 la economía empezó a dar muestras de recuperación, aunque muy lenta, con aumentos en el PIB de cerca de un 1% entre 1994 y 1998. La apertura de todos los sectores de la economía a la inversión extranjera en 1995 (con la excepción de la defensa, la salud, y la educación), influyó en la actual tendencia ascendente en la economía. No obstante, algunas fuerzas externas, particularmente la Ley Helms-Burton, han limitado las posibilidades de los inversionistas debido a la amenaza de perder su mercado en los Estados Unidos. Si se eliminara esta amenaza, la economía cubana estaría en condiciones de expandirse con rapidez. Los datos del PIB se resumen a continuación.

Toda vez que uno de cada cinco cubanos reside en La Habana, la pobre situación económica es aún más acuciante en la capital. La Ciudad de la Habana cuenta con 5 zonas industriales, alrededor de 13 agrupaciones industriales y 2 zonas francas. Existen en general, 1 961 instalaciones en el sector industrial, perteneciente a 21 ramas donde se destacan: energía eléctrica, química, alimentaria, industria pesquera, industria de confecciones, bebidas y licores y otros.

A partir de 1990 este sector también se vio gravemente afectado, es entonces que se introduce la inversión extranjera marcando una favorable tendencia sobre la reactivación de la actual planta industrial a partir del surgimiento de zonas francas, cambios de uso, ampliaciones y modernizaciones tecnológicas.

**Tabla 2.7 Producto Interno Bruto (PIB)**

	Año 1996	Año 1997	Año 1998	Año 1999	Año 2000
Total del producto interno bruto					
Precios Actuales	22,815	22,952	23,901	25,504	27,635
Precios fijos(1981)	14,218	14,572	14,754	15,674	16,556
% cambio, año por año	7.8%	2.5%	1.2%	6.2%	5.6%
Por Salida (millones de pesos a precios fijos, 1981)					
Consumo privado	6,085	6,120	6,315	6,599	6,904
Consumo del gobierno	4,749	4,809	4,957	5,000	5,133
Inversiones fijas del producto bruto	1,166	1,180	1,254	1,615	2,185
Balance Exterior	2,403	2,375	2,302	2,586	2,467
Discrepancia estadística	-185	87	-74	-125	-132
Total	14,218	14,572	14,754	15,674	16,556
Por sectores ( millones de pesos a precios fijos, 1981)					
Agricultura	1,075	1,074	1,018	1,123	1,253
Industria	4,949	5,314	5,490	5,843	6,168
Minería	177	182	184	186	213
Construcción	539	556	588	632	694
Electricidad, gas y agua	398	422	427	430	468
Productos industriales	3,835	4,155	4,291	4,595	4,794
Servicios	8,193	8,185	8,247	8,708	9,135
Total	14,218	14,572	14,754	15,674	16,556

Fuentes:: Banco Central de Cuba

**(5) Tendencia en el Comercio**

Las grandes exportaciones de Cuba son el níquel y el azúcar. En el año 2000, las ganancias de la exportación del níquel sobrepasaron por vez primera a las ganancias de exportación de azúcar. Ambos productos aportan alrededor del 60% de las ganancias de exportación. El combustible y los alimentos han sido los mayores renglones de importación. Ellos todavía representan cerca de un tercio del total de las importaciones. Sin embargo, la actual caída en sus distribuciones significa la diversidad de los productos de importación.

La tendencia en el comercio puede demostrarse asimismo por el gran número de barcos que llegan a la Bahía de La Habana. Las llegadas se redujeron considerablemente de 1989 a 1992 coincidiendo con los cambios políticos internacionales en ese período. Las llegadas anuales de los barcos se redujeron de 1865 a 905 en estos cuatro años en que se desplomaron las relaciones comerciales con la Unión Soviética, las operaciones en las industrias disminuyeron, y se redujo la producción de productos exportables, particularmente la de azúcar. Las llegadas comenzaron a restablecerse en 1993, y para el año 2000 aumentaron cerca de un 70%. Sin embargo, esta cifra es todavía un 25% inferior a la cifra total de 1989. La cifra para el 2001 y la información para el 2002 demuestran que las llegadas han disminuido hasta los niveles de mediados de 1990.

**Tabla 2.8 Exportaciones e Importaciones (Millones de pesos)**

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
<b>Exportaciones</b>							
Azúcar	760	714	976	853	599	463	453
Níquel y otros productos	201	331	423	416	345	410	599
Tabaco	71	102	109	161	192	205	166
Pescado	100	123	126	128	104	97	92
Productos Alimenticios	41	45	39	39	59	43	41
Otros Productos	158	177	192	222	214	278	326
<b>Total</b>	<b>1,331</b>	<b>1,492</b>	<b>1,866</b>	<b>1,819</b>	<b>1,512</b>	<b>1,496</b>	<b>1,676</b>
<b>Importaciones</b>							
Alimentos	467	611	718	725	704	722	672
Combustible	773	873	976	990	687	731	1,158
Productos Químicos	166	308	296	399	420	429	419
Maquinarias y Equipos	196	427	562	856	1,130	1,144	1,202
Otras Importaciones	414	664	1,017	1,018	1,240	1,323	1,378
<b>Total</b>	<b>2,017</b>	<b>2,883</b>	<b>3,569</b>	<b>3,987</b>	<b>4,181</b>	<b>4,349</b>	<b>4,829</b>

2000Fuente: Anuario Estadístico de Cuba

La siguiente tabla muestra el total anual de llegadas de barcos:

**Tabla 2.9 Llegada de Barcos a la Bahía de La Habana**

Año	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
No Anual de llegadas	1.865	1.631	1.303	905	922	1.018	1.103	1.135	1.093	1.064	1.217	1.382	1.152

Fuente: GTE

**(6) Industria del Turismo**

La industria del turismo fue uno de los primeros sectores de la economía en involucrarse con el capital extranjero. Desde la creación del Ministerio del Turismo en 1994, y la aprobación de la Ley de Inversión Extranjera en 1995, se constituyeron 13 grandes entidades, incluyendo las empresas mixtas y los operadores internacionales tales como la Corporación Cubanacán SA, el Grupo de Turismo Gaviota SA, el Grupo Hotelero Gran Caribe, y Hoteles Horizontes.

El turismo se ha convertido en un área prioritaria en la economía con habilidad para generar divisas al igual que para expandir facilidades para el empleo. Varadero brinda vacaciones de Sol y Playa, mientras que Ciudad de La Habana brinda la tradicional atracción del Centro Histórico, contando además con otras ofertas en los diferentes Polos Turísticos: Marina Hemingway, Monte Barreto, Vedado y Playas de Este.

La siguiente tabla muestra las estadísticas del arribo de turistas, alojamiento e ingresos:

**Tabla 2.10 No. de Turistas e Ingresos ( en millones)**

<b>Cuba</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>
Llegadas Internacionales	0.619	0.745	1.004	1.170	1.416	1.603	1.774
Total de Turistas	0.617	0.742	0.999	1.153	1.390	1.561	1.741
Ingresos (US\$)	0.850	1.100	1.333	1.515	1.759	1.901	1.948

Fuente: Oficina Nacional de Estadísticas, año 2000.

**Tabla 2.11 Estadísticas por Alojamiento**

<b>Cuba</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>
No.de Hoteles	191	222	237	252	269	285	288
Total No. De Habitaciones	27 401	30 387	31 952	33 338	38 156	39 890	40 303
Total No. De Camas	56 108	63 006	65 543	66 813	76 514	82 368	83 753
Indice de Ocupación	52.7	55.9	64.9	77.9	78.3	73.1	74.3
<b>Ciudad de La Habana</b>							
Total No. Hoteles	50	54	58	64	69	69	70
Total No. De Habitaciones	9 374	10 666	10.208	10 661	11 770	11 781	11 947
Total No. De Camas	19 538	21 277	20 274	21 038	23 454	23 770	23 839

Fuente: Oficina Nacional de Estadísticas, año 2000.

La mayor parte de los turistas son de Canadá y Europa y en consideración a las tendencias del pasado, es probable que el total de llegadas de turistas continúe en ascenso, con un correspondiente aumento en los ingresos, los cuales hasta el momento han excedido los USD \$ 2 mil millones por año.

La Habana posee cerca de un 28% de las camas/ habitaciones de Cuba, comparado con Varadero que tiene cerca de un 30%. Los ingresos en el turismo han aumentado en un 230 % desde 1994 hasta el año 2000, con un correspondiente aumento de un 150% en el número de camas. El índice de ocupación actual del 75 % deja espacio para un aumento en los ingresos en la medida que aumenten las capacidades de alojamiento.

### 2.2.3 CONDICIONES DE SALUD PÚBLICAS

Cuba es un país saludable. La fiebre amarilla, la polio, la malaria, la difteria, el sarampión, las paperas y la lepra han sido erradicadas. Al igual que en los países desarrollados, las principales causas de muerte son las enfermedades cardiovasculares, los derrames cerebrales y los tumores malignos.

Uno de los mayores riesgos potenciales para la salud pública puede ser la contaminación atmosférica. Las emisiones de partículas, humo y gases desde las fábricas y los vehículos pueden contaminar el aire y provocar riesgos a la salud pública. En el Área de Estudio no se ha establecido un sistema de monitoreo continuo de la contaminación atmosférica.

Se recopilaron datos sobre las enfermedades cuya morbilidad está relacionada con los servicios de suministro de agua y alcantarillado. Entre estas enfermedades se encuentran las enfermedades diarreicas agudas, la fiebre tifoidea, la hepatitis viral y las enfermedades respiratorias agudas. En la Tabla 2.12 se muestran los datos de incidencia comparativa de estas enfermedades para Cuba, la Ciudad de La Habana y los 10 municipios ubicados en el área de estudio. Los índices de morbilidad de esas mismas áreas se presentan en la Tabla 2.13. Las tendencias se muestran en la Figura 2.2. Los datos recopilados cubren el período comprendido entre los años 1999 y 2001. Se debe señalar que a nivel nacional la incidencia de todas estas enfermedades muestra un decrecimiento en el año 2001 en comparación con el 1999, a pesar del crecimiento de la población. Sin embargo, en la Ciudad de La Habana, a pesar de que la población disminuyó durante ese período, aumentó la incidencia de las enfermedades respiratorias agudas. A nivel municipal, Regla sobresale por la incidencia de las enfermedades diarreicas agudas, la hepatitis viral y las enfermedades respiratorias agudas, la que ha aumentado a pesar del decrecimiento de la población. Durante este período, Cuba ha estado recuperando su actividad industrial en general, y una causa probable del aumento de la incidencia de estas enfermedades en el municipio de Regla es que su población ha estado más expuesta a la contaminación ambiental que la de otras áreas, debido a su cercanía a diversas actividades industriales. Se puede afirmar que el desarrollo del sistema de alcantarillado sería una ayuda en la reducción de la incidencia de esas enfermedades.

**Tabla 2.12 Incidencia de enfermedades relacionadas con el suministro de agua y el alcantarillado**

Enfermedad	Año	Total Cuba											
		Total Ciudad de La Habana											Arroyo Naranjo
			Habana Vieja	Regla	Habana del Este	Plaza	Centro Habana	Guanabacoa	San Miguel	Diez de Octubre	Cerro		
Enfermedad diarreica aguda	1999	953,696	261,412	10,121	2,435	21,063	13,762	13,197	7,830	13,082	19,926	8,981	21,414
	2000	862,580	244,574	10,767	2,274	16,209	10,807	9,588	6,259	11,156	18,181	8,356	20,159
	2001	868,477	249,329	9,360	2,994	16,326	11,001	8,751	5,794	10,733	18,887	8,717	23,842
Fiebre tifoidea	1999	131	7	1	0	3	0	2	1	0	0	0	0
	2000	37	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2001	24	5	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0
Hepatitis viral	1999	18,119	4,327	125	122	233	251	130	141	219	272	215	401
	2000	18,317	3,264	97	55	226	119	150	161	402	266	208	355
	2001	14,850	2,210	83	144	206	93	157	183	253	161	140	156
Enfermedad respiratoria aguda	1999	5,216,286	1,125,798	41,936	12,456	106,128	61,297	55,501	44,780	58,634	99,762	46,348	100,615
	2000	4,823,831	1,140,390	45,292	13,250	97,700	57,748	51,061	39,224	56,712	99,983	44,869	91,524
	2001	4,873,390	1,175,258	45,031	19,763	99,162	61,346	47,430	38,039	53,468	95,771	50,571	94,781
Poblacion	1999	11,180,099	2,189,716	96,479	42,988	183,857	173,479	156,152	106,838	154,791	232,828	135,809	199,206
	2000	11,217,100	2,186,632	95,499	42,870	184,634	173,416	153,878	106,618	154,675	230,865	135,729	199,317
	2001	11,243,358	2,181,535	94,966	42,390	185,468	172,045	150,877	106,374	154,323	229,626	135,261	199,720

Fuente: Ciudad de La Habana

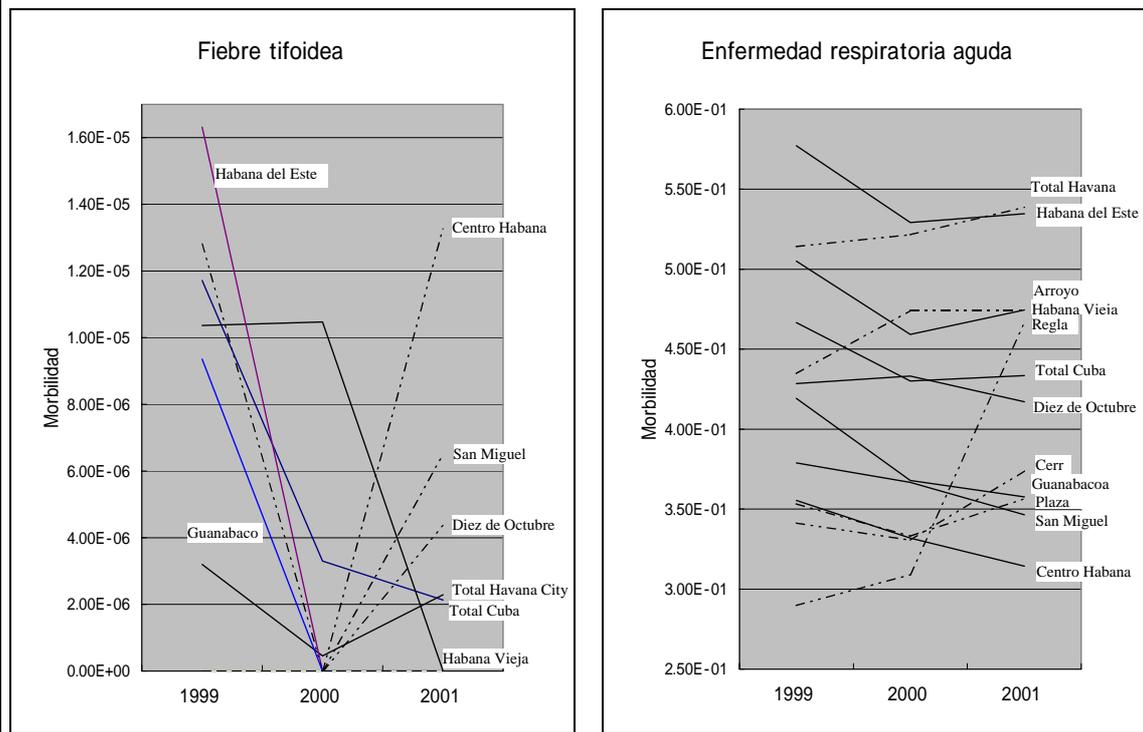
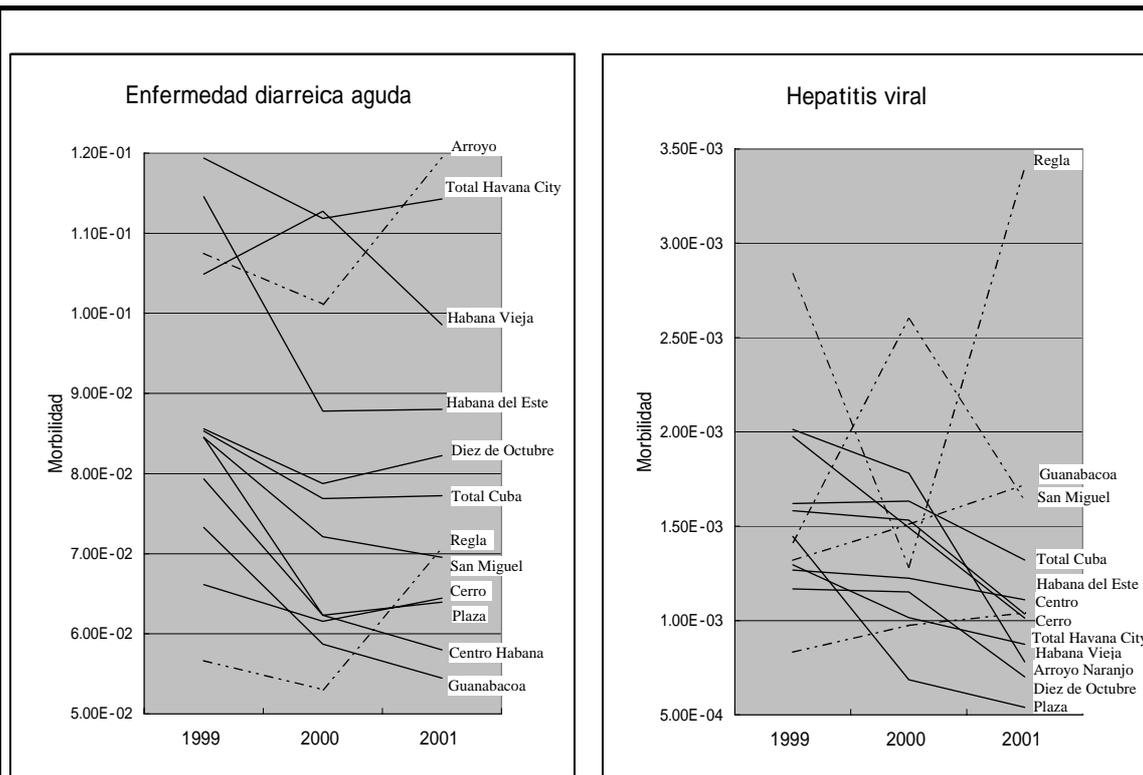
**Tabla 2.13 Morbilidad de las enfermedades relacionadas con el suministro de agua y el alcantarillado**

(por 1,000,000 de habitantes)

Enfermedad	Año	Total Cuba											
		Total Ciudad de La Habana											Arroyo
			Habana	Regla	Habana del	Plaza	Centro	Guanabacoa	San Miguel	Diez de	Cerro		
Enfermedad diarreica aguda	1999	85,303	119,382	104,904	56,644	114,562	79,329	84,514	73,289	84,514	85,582	66,130	107,497
	2000	76,899	111,850	112,745	53,044	87,790	62,318	62,309	58,705	72,125	78,752	61,564	101,140
	2001	77,244	114,291	98,562	<b>70,630</b>	88,026	63,943	58,001	54,468	69,549	82,251	64,446	<b>119,377</b>
Fiebre tifoidea	1999	12	3	10	0	16	0	13	9	0	0	0	0
	2000	3	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2001	2	2	0	0	0	0	<b>13</b>	0	<b>6</b>	<b>4</b>	0	0
Hepatitis viral	1999	1,621	1,976	1,296	2,838	1,267	1,447	833	1,320	1,415	1,168	1,583	2,013
	2000	1,633	1,493	1,016	1,283	1,224	686	975	1,510	2,599	1,152	1,532	1,781
	2001	1,321	1,013	874	<b>3,397</b>	1,111	541	<b>1,041</b>	<b>1,720</b>	<b>1,639</b>	701	1,035	781
Enfermedad respiratoria aguda	1999	466,569	514,130	434,665	289,755	577,231	353,340	355,429	419,139	378,795	428,479	341,273	505,080
	2000	430,043	521,528	474,267	309,074	529,155	333,003	331,828	367,893	366,653	433,080	330,578	459,188
	2001	433,446	<b>538,730</b>	<b>474,180</b>	<b>466,218</b>	534,658	<b>356,570</b>	314,362	357,597	346,468	417,074	<b>373,877</b>	474,569

Nota: Las cifras en negritas y en cursivas indican que la morbilidad aumento en el año 2001 en comparación con el año 1999.

Fuente: Ciudad de La Habana



ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN

Figura 2.2  
Tendencia de la Morbilidad en Enfermedades Relacionadas con el Servicio de Alcantarillado

## 2.3 INFRAESTRUCTURA URBANA

### 2.3.1 PLANIFICACIÓN URBANA Y USO DE LA TIERRA

En la tabla 2.14 se resume el uso actual del suelo según el presente estudio.

**Tabla 2.14 Uso Actual del Suelo**

Uso del suelo	Área (km <sup>2</sup> )	Porciento (%)
1. Áreas residenciales y comerciales	40.55	61
2. Área industrial	13.20	20
3. Agricultura	6.25	10
4. Parques y áreas verdes	4.00	6
5. Área reservada	2.00	3
Total	66.00	100

Fuente: Estudio de caso: Bahía de La Habana, Cuba, "Proyecto GEF/RLA/93/G41 Proyecto Regional Planificación y Manejo de Bahías y Áreas Costeras Fuertemente Contaminadas del Gran Caribe"

El porciento de las áreas residenciales, comerciales e industriales alcanzó más del 80%, lo que indica un alto índice de urbanización.

### 2.3.2 CONDICIONES PARA EL ABASTO DE AGUA Y PLANES FUTUROS

A continuación se describen las condiciones para el suministro de agua y los planes futuros, sobre la base de una serie de entrevistas realizadas durante este estudio y el informe de la Ciudad de La Habana preparado por el INRH<sup>1</sup>.

El sistema público de abastecimiento de agua ofrece sus servicios a aproximadamente 2.2 millones de personas de 15 municipios en la Ciudad de La Habana.

Existen 53 fuentes para el suministro de agua y su volumen de entrada es de aproximadamente 480.7 millones m<sup>3</sup>/año (1.317 millones m<sup>3</sup>/día), de las cuales, cuarenta son para el suministro de agua potable con un volumen de entrada de 475 millones m<sup>3</sup>/año (1.30 millones m<sup>3</sup>/día), y trece son salobres, con un volumen de entrada de 5,694 x 1,000 m<sup>3</sup>/año (15,600 m<sup>3</sup>/día). Treinta y siete de las cuarenta fuentes de agua potable son aguas subterráneas de pozos profundos y las restantes tres fuentes provienen de embalses.

El agua subterránea es tratada con cloro o hipoclorito de sodio para su desinfección, y luego se conducen por medio de tuberías de transmisión y estaciones de bombeo de refuerzo y son distribuidas directamente por bombas o a través de tanques de distribución elevados. El agua de superficie es tratada en la planta de purificación (Planta de Filtros) por medio de un rápido proceso de filtración de arena, utilizando el sulfato de aluminio como coagulante, la cal para el ajuste del pH y el cloro como desinfectante. La capacidad de diseño de la planta es de 600 l/seg (51,840 m<sup>3</sup>/día) y la capacidad de producción real es de 500 l/seg (48,400 m<sup>3</sup>/día). De esta manera, el volumen total de agua de entrada o producida en los recursos hidráulicos se resume a continuación: el volumen de agua total es de 1,317,000 m<sup>3</sup>/día, el volumen de agua superficial tratada en la planta de purificación es de 48,400 m<sup>3</sup>/día, el volumen de agua subterránea restante es de 1,268,600 m<sup>3</sup>/día. El por ciento de la fuente de agua subterránea sobrepasa los 96.6%, por lo tanto, casi la totalidad del agua suministrada a la ciudad es de origen subterráneo.

El agua de entrada, una vez tratada es conducida a través de una tubería maestra de transmisiones y redes de distribución. La tubería de transmisión de agua que se desarrolló tiene una longitud total de 374 km, con un diámetro de 12" a 78" (300 mm a 2,000 mm). Las tuberías

<sup>1</sup> Estudio sobre los ciclos del agua en la Habana, 1997

de distribución instaladas tienen 3,594 km de longitud total. Los materiales utilizados en las tuberías son hierro fundido y acero, para tuberías de transmisión; y hierro fundido y asbestocemento, en las tuberías de distribución.

De un volumen total de entrada de 4,806 millones m<sup>3</sup>/año (1.32 millones m<sup>3</sup>/día), el volumen de unidad de agua suministrado per capita se puede calcular como 604 litros per capita por día (lpcd) con una población de servicio de 2,180,000. La cifra del volumen de unidad de suministro no es baja en comparación con la misma escala de las ciudades. Sin embargo, la situación real es que el agua de entrada se pierde en el proceso de producción, tuberías de transmisión, bombas, y redes de distribución de agua. Se estima que aproximadamente el 50% del agua de entrada se pierde en las tuberías de transmisión debido a la falta de capacidad y la caducidad.

Respecto a las condiciones de suministro de agua en la Ciudad de La Habana, el suministro continuo durante 24 horas se ha limitado, generalmente se practica el de 10 horas. Por lo tanto, normalmente se utilizan los tanques de almacenamiento individuales.

Las normas cubanas de suministro establecen un volumen de suministro de agua per capita de 220 lpcd de agua para uso doméstico en la ciudad para una población de 500,000 habitantes y 470 lpcd para uso institucional y público, parques, carreteras.

El INRH ha preparado un plan futuro para el desarrollo de las condiciones de suministro de agua y el sistema de suministro de agua en Ciudad de La Habana, bajo el financiamiento de la Unión Europea<sup>1</sup>.

### **2.3.3 MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**

Desde 1972 hasta 1989, la ciudad contó con 5 vertederos; dos para desechos domiciliarios, con tratamiento de relleno sanitario, uno para desechos industriales y dos para residuos de poda de árboles y escombros.

A partir de 1990, la operación, el mantenimiento y el tratamiento en los vertederos así como la recogida de los residuos sólidos urbanos en la trama urbana se vieron limitados debido a restricciones financieras, tales como escasez de combustible, de piezas de repuesto para el equipamiento utilizado.

Fue necesario abrir vertederos zonales y reabrir el Vertedero Cayo Cruz ubicado cerca del litoral de la bahía, para acortar las distancias entre la disposición final y la fuente de generación de los residuos así mismo se introdujo la tracción animal con carretas como una forma alternativa de transportar los desechos en las zonas periféricas.

En el año 2000 comienza a recuperarse el sector de Servicios Comunales en la ciudad, cerrándose definitivamente el Vertedero Cayo Cruz y un gran número de vertederos zonales, a la vez se implementan las acciones para la desactivación del vertedero de Guanabacoa el cual está en fase de terminación de su vida útil y para microlocalizar un nuevo vertedero que lo sustituya, además se trabaja en incrementar el reciclaje y el aprovechamiento económico de los residuos sólidos urbanos en toda la ciudad.

El manejo de los residuos sólidos es una responsabilidad para Ciudad de La Habana. Un manejo adecuado de los residuos sólidos es esencial para una vida urbana saludable y para la industria del turismo.

El estudio del “MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS, RECINTO PORTUARIO DE LA HABANA, Ciudad de La Habana, diciembre 2001” reporta la producción de residuos

---

<sup>1</sup> Estudio sobre los ciclos del agua en la Habana, 1997

sólidos estimada en el área de la Bahía de La Habana y propone un manejo eficiente de los residuos sólidos para resolver el crecimiento de los mismos.

En el informe de dicho estudio se hizo un estimado de la producción de residuos sólidos y sus características, tal como se muestra en la tabla a continuación:

**Tabla 2.15 Producción y Características de los Residuos Sólidos en el Recinto Portuario**

Generador	Población equivalente	Índice de producción unitaria, (kg/capita/día)	Peso (ton/día)	Volumen (m <sup>3</sup> /día)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Porcentaje en peso (%)
Instalaciones portuarias	3,267	0.4	1.3	9.9	131	25
Industria química	1,122	0.4	0.4	3.8	104	8
Refinería de petróleo	2,184	0.4	0.9	7.4	121	17
Fábrica de alimentos	1,748	0.4	0.7	4.5	156	13
Otras industrias	3,381	0.4	1.4	12.3	114	27
Doméstico	1,331	0.4	0.5	4.0	126	10
<b>TOTAL</b>	<b>13,033</b>		<b>5.2</b>	<b>41.9</b>		<b>100</b>

Fuente: "MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS, RECINTO PORTUARIO DE LA HABANA, Ciudad de La Habana, diciembre 2001"

La Tabla 2.16 resume las características de los principales vertederos de Ciudad de La Habana. Por su parte, la Tabla 2.17 muestra la distancia de los vertederos de las municipalidades concernientes. Las cifras de ambas tablas fueron calculadas en 1990, y aunque es necesario actualizarlas, sería útil tenerlas en cuenta. Se prevé la construcción de planes de descarga del lodo producido en el tratamiento de las aguas residuales en la cuenca de la Bahía de La Habana. En la Tabla 2.16 se observa que los vertederos están cerca de las municipalidades concernientes y el uso esperado del tiempo es muy limitado. Por lo tanto, es muy importante para la autoridad de la ciudad asegurar los principales vertederos.

El estudio del "MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS, RECINTO PORTUARIO DE LA HABANA, Ciudad de La Habana, diciembre 2001" propone comenzar a hacer una recolección selectiva de residuos sólidos que tienen valor y se pueden reciclar, así como la construcción de las instalaciones de tratamiento primario para el uso reciclado de residuos sólidos.

**Tabla 2.16 Rasgos y Características de los Principales Vertederos de Residuos Sólidos en Ciudad de La Habana**

Nombre del Vertedero	Límites de Tiempo (año)	Número de Años en Uso	Tipo de Suelo	Profundidad del Nivel de Agua Subterránea	Capacidad Diaria (ton/día)	Equipos Instalados
Guanabo Este	2000	22	Rocoso	8 m	154.1	4 Bulldozer
8 Vías Este	2003	22	Arcilla	10 m	32.6	3 Bulldozer
Jaimanitas Oeste	2005	20	Rocoso	7 m	20.0	3 Bulldozer
Barrera Este	2005	20	Rocoso	8 m	20.0	2 Bulldozer
Calle 100 Oeste	2010	20	Arcilla	4 m	615.0	5 Bulldozer

Fuente: Dirección Provincial de Servicios Comunales, 1990, Ministerio de Salud Pública

**Tabla 2.17 Distancia de los Vertederos Públicos de las Municipalidades Concernientes**

Nombre de los Vertederos	Municipalidad que Descarga Residuos Sólidos	Distancia (km)
Guanabacoa (Este)	Guanabacoa,	0 - 5
	Habana del Este,	6 - 12
	San Miguel del Padrón,	6 - 10
	Regla	4 - 7
8 Vías (Este)	Industrias de las 15 Municipalidades	0 - 20
Jaimanitas (Oeste)	Playa	0 - 8
	La Lisa	3 - 7
	Marianao	3 - 5
	Plaza	7 - 10
Barrera (Este)	Habana del Este	0 - 9
	Guanabacoa	3 - 9
	Regla	4 - 6
Calle 100 (Oeste)	Habana Vieja	14-17
	Centro Habana	10-15
	Cerro	4 - 8
	Plaza	5 - 8
	10 de Octubre	5 - 10
	Arroyo Naranjo	6 - 12
	Boyeros	3 - 14
	La Lisa	5 - 10
	Marianao	2 - 6
	Playa	6 - 10

Fuente: Dirección Provincial de Servicios Comunales, 1990, Ministerio de Salud Pública

## CAPÍTULO 3 CONDICIONES AMBIENTALES, LEYES Y NORMAS

### 3.1 GENERALIDADES

En este capítulo se hace un breve resumen de la calidad de los ríos y de la bahía, sobre la base de la información disponible en los informes anuales de GTE y los informes de proyectos GEF, cuyas investigaciones fueron llevadas a cabo por el CIMAB <sup>1) a 4) y 8) a 11)</sup>. Se resume además los resultados de las investigaciones llevadas a cabo por el grupo de estudio JICA acerca de los ríos tributarios y de la bahía. La descripción se hace a partir de las investigaciones hechas durante este estudio sobre los ríos y la bahía. En el presente estudio también se analiza, a través de un examen de las aguas residuales industriales –una de las principales fuentes de contaminación de la Bahía de La Habana - la situación actual de las mismas. También se resumen en este capítulo las leyes y normas para el control de la contaminación de las aguas en Cuba.

### 3.2 RÍOS TRIBUTARIOS

Existen tres (3) ríos tributarios que desembocan en la Bahía de La Habana. La Tabla 3.1 muestra las principales características de los ríos tributarios.

**Tabla 3.1 Principales Características de los Ríos Tributarios**

Indicadores	Río Luyanó	Río Martín Pérez	Arroyo Tadeo
Longitud (km)	10.1	6.4	2.3
Cuenca pluviométrica de la bahía (km <sup>2</sup> )	30	13.1	2.1
Población de la bahía (habitantes, en 2000)	242,000	73,000	14,000
Caudal (m <sup>3</sup> /d) (en la boca del río)	71,970 (1985) 79,666 (1990) 120,960 (1996) 114,860 (2002)	26,093 (1981-1985) 35,597 (1996) 39,819 (Sep., 2001) 62,105 (May, 2002)	5,247 (1981-1985) 8,004 (2002)
Principales Fuentes de contaminación	Aguas residuales domésticas, industriales y agua de lluvia (en caso de lluvia)	Aguas residuales domésticas, industriales y agua de lluvia (en caso de lluvia)	Aguas residuales domésticas, y agua de lluvia (en caso de lluvia)

Fuente: CIMAB <sup>1), 2), 4)</sup>

#### 3.2.1 DATOS EXISTENTES

No existe un sistema de control periódico para controlar la calidad del agua de los ríos tributarios, sin embargo, el CIMAB y el CENHICA, entre otros, han analizado la calidad del agua de los ríos en algunos proyectos financiados por GTE, GEF y la Empresa de Aprovechamiento Hidráulico(EAH).

**Orgánicos y nutrientes:** Los resultados reportados por CIMAB para los ríos Luyanó, Martín Pérez y Arroyo Tadeo (Referencias 1, 2 y 3) se resumen en la Tabla 3.2 a partir de observaciones llevadas a cabo durante un período de un mes en el año 2000/2002.

**Tabla 3.2 La Calidad del Agua de los Ríos Tributarios en los Años 2000-2002**

Parámetro	Río Luyanó		Río Martín Pérez		Arroyo Tadeo (n=1)	Norma Cubana NC-27 (C)	Norma Ambiental del ríos en Japon (E)
	Época de lluvia (n=29)	Época seca (n=30)	Época de lluvia (n=27)	Época seca (n=27)			
Temp., °C	29.0 (27.0-32.0)	26.6 (23.5-29.4)	29.0 (24.4-33.0)	29.5 (25.9-34.4)	-	< 50	-
pH	7.58 (7.30-7.82)	7.83 (7.65-8.04)	7.91 (7.03-8.64)	7.51 (6.44-8.02)	-	6 - 9	6.0 – 8.5
OD, mg/L	-	-	2.82 (0.0-5.4)	1.15 (0.63-4.25)	-	-	>2.0
DBO <sub>5</sub> , mg/L	53 (6-205)	46 (16-80)	16 (8-26)	22 (8-48)	192	< 60	<10
DQO, mg/L	90 (16-1,116)	72 (35-117)	25 (14-47)	45 (18-81)	320	< 120	-
SS, mg/L	21 (6-80)	46 (5-97)	19 (6-62)	18 (10-47)	10	-	No hay residuos flotantes
T-N, mg/L	-	-	5.55	-	12.4	< 20	-
TKN, mg/L	6.72 (1.12-15.68)	12.88 (6.72-19.04)	4.48 (2.24-17.92)	4.48 (2.24-7.84)	-	-	-
N-NH <sub>3</sub> , mg/L	4.66 (0.93-9.42)	7.14 (5.22-8.68)	1.77 (0.28-3.08)	-	-	-	-
Organic-N, mg/L	2.15 (0.1-10.08)	5.75 (0.28-11.95)	2.05 (0.02-16.52)	-	-	-	-
T-P, mg/L	0.36 (0.07-0.81)	4.09 (0.71-15.89)	0.59 (0.07-2.04)	0.69 (0.21-4.8)	5.1	< 10	-
Aceite y Grasa, mg/L	2.6 (0.30-18.0)	0.74 (0.04-1.73)	0.06 (0.0-70.1)	0.3 (0.02-2.35)	0.02	<30	-

Nota: 1 El valor medio se muestra junto con los valores máximos y mínimos en paréntesis, cuando están disponibles, y n es el número de datos

- 2 Los períodos de muestreo para el río Luyanó fueron Jun/Jul 2000 para la estación de lluvia y Feb/Mar 2001 para la estación de seca. Para el río Martín Pérez, fue durante Sep/Oct 2001 para la estación de lluvia y May/Jun 2002 para la estación de seca. Para Arroyo Tadeo esto fue en el 2002.
- 3 La NC-27 es para las descargas a las aguas territoriales y se hace una comparación considerando los ríos como una descarga y no interpretándolo como una norma ambiental para los ríos.
- 4 La norma japonesa para el agua de los ríos (E), nivel más bajo, es aplicado para la clase 3 de aguas industriales y protección ambiental.
- 5 El TKN a veces se reporta como T-N y es necesario aclararlo.

Como se muestra en la Tabla 3.2, las concentraciones de DBO y de DQO en Luyanó, Martín Pérez y Arroyo Tadeo muestran valores muy altos. Los niveles de concentración de T-N y T-P también se considera relativamente alto. La calidad del agua de los ríos muestra una seria contaminación orgánica y de nutrientes.

La Tabla 3.3 muestra la tendencia general de la calidad orgánica y nutriente de los ríos. La mejora de la calidad del agua entre 1985 y 1996 se atribuye a una decaída económica. Entre 1996 y 2002, la degradación de la calidad del agua es evidente excepto en el río Luyanó, lo que se debe fundamentalmente a una disminución en las descargas industriales de las aguas residuales de la destilería a través de modificaciones del proceso en la destilería.

**Tabla 3.3 Calidad del Agua de los Ríos Tributarios 1985-2002**

Parámetro	Río Luyanó			Río Martín Pérez			Arroyo Tadeo	
	1985	1996	2002	1985	1996	2002	1985	2002
Caudal, m <sup>3</sup> /d	71,970	72,666	114,860	26,093	35,597	62,105	5,247	8,004
DBO <sub>5</sub> , mg/L	546	471	83	22	10	20	36	192
DQO, mg/L	1,205	892	138	56	27	43	88	320
T-N, mg/L	-	-	9.3	-	9.0	3.8	61.0	12.4
T-P, mg/L	-	-	-	-	5.1	0.8	34.3	5.1
SS, mg/L	117	189	33	14	35	17	54	10

Fuente: CIMAB <sup>1) y 3)</sup>

**Metales pesados:** La Tabla 3.4 muestra la concentración de metales pesados calculada en el río Luyanó por un período de 30 días, y los límites máximos establecidos para las descargas en las alcantarillas según las normas cubanas NC27 y NC93-105, que establecen la calidad ambiental para el agua de mar utilizada en la pesca. Como referencia, también se muestran las normas japonesas de descarga a las alcantarillas y de la calidad ambiental. Ninguno de los metales pesados medidos excedía la NC27, sin embargo, debe notarse que según la NC27 como se observa en la tabla, es conveniente descargarlos en las alcantarillas y por lo tanto no se considera como un nivel ambiental aceptable.

**Tabla 3.4 Concentración de Metales Pesados en el Río Luyanó**

Parámetro	Río Luyanó	Normas Cubanas		Normas Japonesas	
		NC93-105, agua de mar para la pesca	NC27, Descarga a alcantarillas	Descarga a alcantarillas	Calidad ambiental
Cadmio (Cd), mg/L	<0.005 – 0.018	0.01	< 0.3	0.1	0.01
Cromo (Cr), mg/L	<0.020 – 0.054	-	2.0	2	-
Cobre (Cu), mg/L	<0.010 – 0.034	-	< 5.0	3	-
Mercurio (Hg), mg/L	<0.010	0.005	-	0.005	0.0005
Níquel (Ni), mg/L	<0.010 – 0.093	-	-	-	-
Plomo (Pb), mg/L	<0.10	0.1	1.0	0.1	0.01
Zinc (Zn), mg/L	<0.010 – 0.234	-	5.0	5	-

Nota: El periodo de muestreo fue junio/julio del 2000. El número de datos por cada parámetro es 36 (por 36 días).

**Indicadores patógenos:** La concentración de coliforme fecal en el río Martín Pérez estaba en el rango de  $3.3 \times 10^5$  -  $7.6 \times 10^5$  Número Más Probable/100 mL en el año 2000,<sup>1)</sup> y esto indica un alto nivel de contaminación del alcantarillado. Se espera encontrar valores similares o superiores en el río Luyanó y Arroyo Tadeo, que también reciben descargas de aguas residuales domésticas.

### 3.2.2 ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA Y LOS SEDIMENTOS DE LOS RÍOS

El estudio de la calidad del agua y los sedimentos de los ríos fue llevado a cabo durante octubre a diciembre de 2002 en ríos los tributarios por CENHICA/CIMAB bajo contrato con el equipo de estudio JICA. Los lugares de muestreo se observan en la Figura 3.1 y fueron seleccionados para comparar la calidad del agua a lo largo del río. Los lugares para el estudio de la calidad del sedimento son seleccionados inmediatamente aguas abajo de las principales descargas a lo largo de la trayectoria de los ríos. La Tabla 3.5 expone los detalles de muestreo.

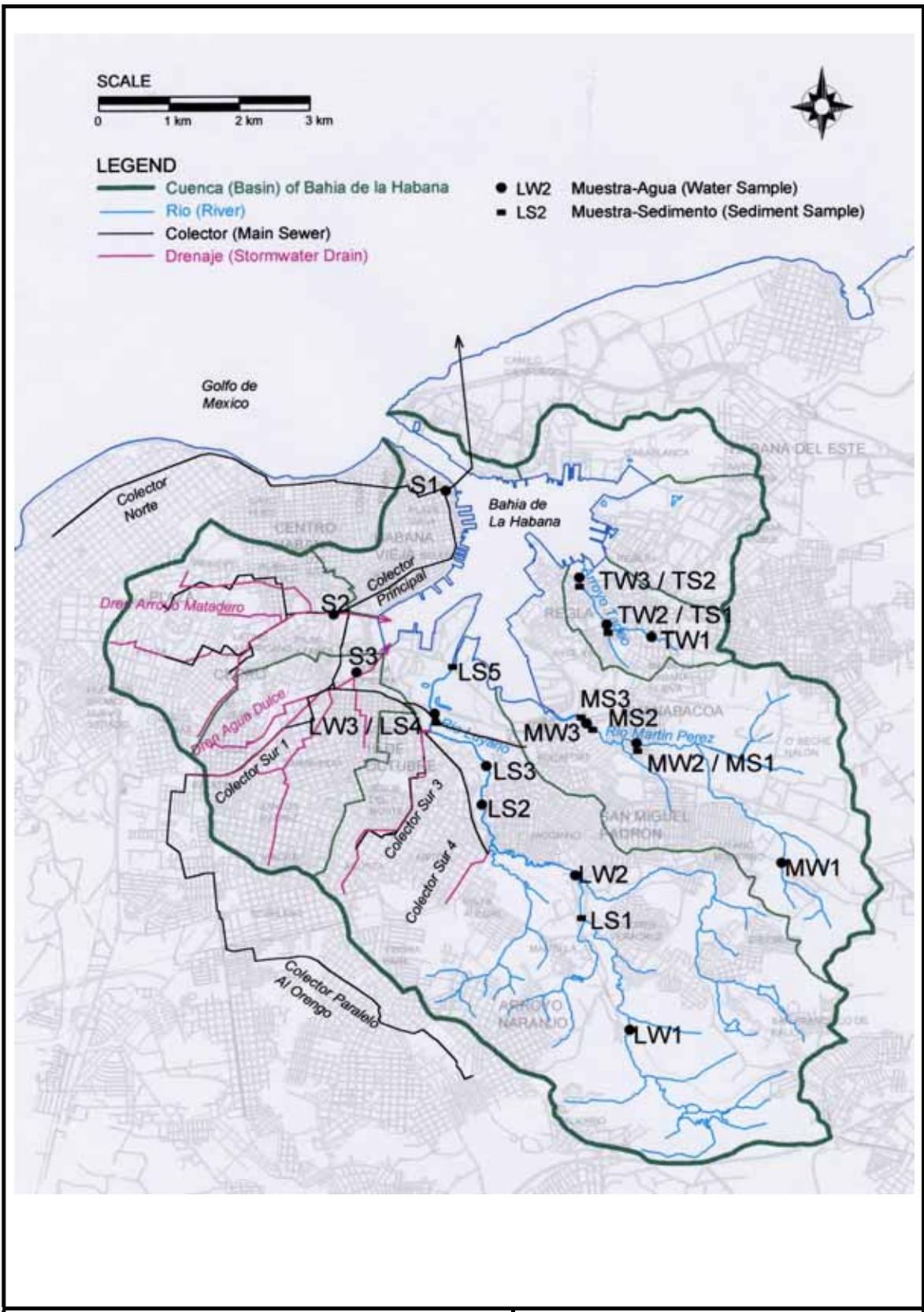
**Tabla 3.5 Estudio de la Calidad del Agua y Sedimento de los Ríos Tributarios**

Río y tubería de drenaje	Lugares y Fechas de Muestreo de Agua		Lugares y fechas de muestreo de sedimento
	Estación pluvial	Estación seca	
Río Luyanó	3 lugares (LW1, LW2 y LW3) 17 de octubre de 2002 (8:00 a 19:00)	3 lugares (LW1, LW2 y LW3) 22 de diciembre de 2002 (8:00 a 20:00)	5 lugares (LS1, LS2, LS3, LS4 y LS5) 17 de octubre de 2002
Río Martín Pérez	3 lugares (MW1, MW2 y MW3) 18 de octubre de 2002 (8:00 a 19:00)	3 lugares (MW1, MW2 y MW3) 21 de diciembre de 2002 (8:00 a 20:00)	3 lugares (MS1, MS2 y MS3) 18 de octubre de 2002
Arroyo Tadeo	3 lugares (TW1, TW2 y TW3) 19-20 de octubre de 2002 (8:00 a 7:00)	3 lugares (TW1, TW2 y TW3) 23-24 diciembre de 2002 (8:00 a 7:00)	2 lugares (TS1 y TS2) 18 de octubre de 2002
Total	9 localizaciones	9 localizaciones	10 localizaciones

Se hizo una muestra compuesta en cada lugar, combinando muestras tomadas cada hora en proporción al caudal del río. Los parámetros analíticos son los siguientes:

Muestras de agua: pH, temperatura del agua, conductividad, DQO, DBO<sub>5</sub>, OD, SS, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, T-N, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, T-P, PO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-P, SiO<sub>2</sub>, Hidrocarburo de Petróleo, Hidrocarburo, Coliforme Fecal, Fenol, Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Mercurio Total (Hg), Manganeseo (Mn), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Vanadio (V), y Zinc (Zn)

Muestras de sedimento: Contenido de agua, distribución granulométrica, Sólidos Volátiles Totales, T-N, Materia Orgánica Total, T-P, Hidrocarburo de Petróleo, Clostridium perfringens, Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Mercurio Total (Hg), Manganeseo (Mn), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Vanadio (V), Zinc (Zn).



ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN

Figura 3.1  
Mapa de los Lugares de Investigaciones de la Calidad de Aguas y Sedimentos de los Ríos y las Aguas Residuales

### **(1) Resultados del Análisis del Agua**

**Caudales:** Los resultados de las mediciones del caudal en la boca de los ríos tributarios se muestran en la Figura 3.2. Al compararlos con los datos existentes (ver Tabla 3.1), los caudales promedios en el Río Luyanó y en el Río Martín Pérez muestran valores más altos, especialmente en el Río Luyanó. Se presumen las razones siguientes:

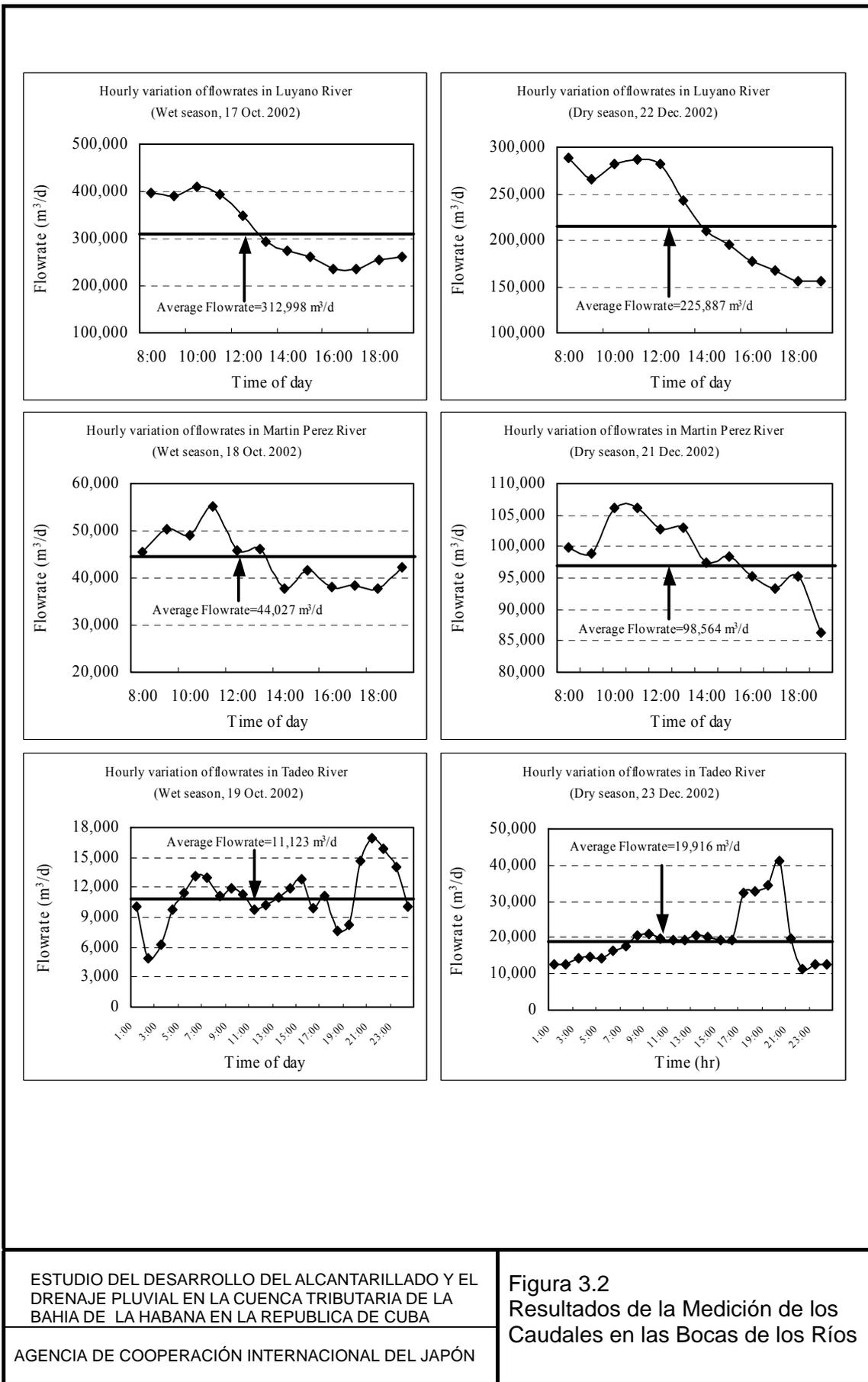
- Los caudales promedios son calculados por los resultados medidos durante el día. Teniendo en cuenta el hecho de que las aguas residuales (especialmente las aguas residuales domésticas) aportan la mayor parte del caudal del río, y que el caudal mínimo ocurre con frecuencia durante horas tempranas de la mañana, los caudales promedios calculados en los ríos pueden tener valores más altos que aquellos de un promedio de 24 horas.
- Debe tenerse en cuenta el último caudal de entrada de agua de lluvia, porque días antes a que se midieran los caudales de los ríos, en octubre y diciembre de 2002, hubo lluvias.

Además, las variaciones por hora de los caudales en el Río Luyanó y el Río Martín Pérez, muestran un valor pico en la mañana (de 10:00 a 12:00), mientras que el caudal pico en Arroyo Tadeo se presenta en la noche (de 20:00 a 21:00) indicando un patrón similar al de las aguas residuales domésticas.

**OD:** Las variaciones de OD, sustancias orgánicas (DBO y DQO) y nutrientes (T-N y T-P) corriente abajo, al centro y arriba, se ilustran en la Figura 3.3. El OD es importante para la vida acuática por pueden ocurrir efectos en detrimento cuando los niveles de OD caen por debajo de 4 a 5mg/L. Como se muestra en la Figura 3.3, el OD se reduce marcadamente de 6mg/L corriente arriba a 2 mg/L corriente abajo en los ríos Luyanó y Martín Pérez, lo que indica un nivel más alto de contaminación corriente abajo en ambos ríos. Para Arroyo Tadeo, el OD en todas las secciones muestra un nivel más bajo (1 a 3 mg/L) porque las aguas residuales domésticas aportan el mayor caudal.

**Sustancias orgánicas:** Las concentraciones de DBO y DQO de los ríos Luyanó y Martín Pérez muestran un movimiento creciente corriente arriba a corriente abajo, lo que resulta en un decrecimiento de los niveles de OD. Sin embargo, en comparación con los datos existentes de concentración de DBO de 46 a 53 mg/L y de concentración de DQO de 72 a 90 mg/L mostrada en la Tabla 3.2, los resultados de la investigación relativos a las concentraciones de DBO y DQO en la boca del Río Luyanó indican que han bajado los niveles –de 7 a 11 mg/L y DQO de 26 a 34 mg/L respectivamente. En Arroyo Tadeo y el Río Martín Pérez, se observan resultados similares. Estos resultados pueden indicar la disolución de aguas residuales por un caudal de entrada demorado y con agua de lluvia.

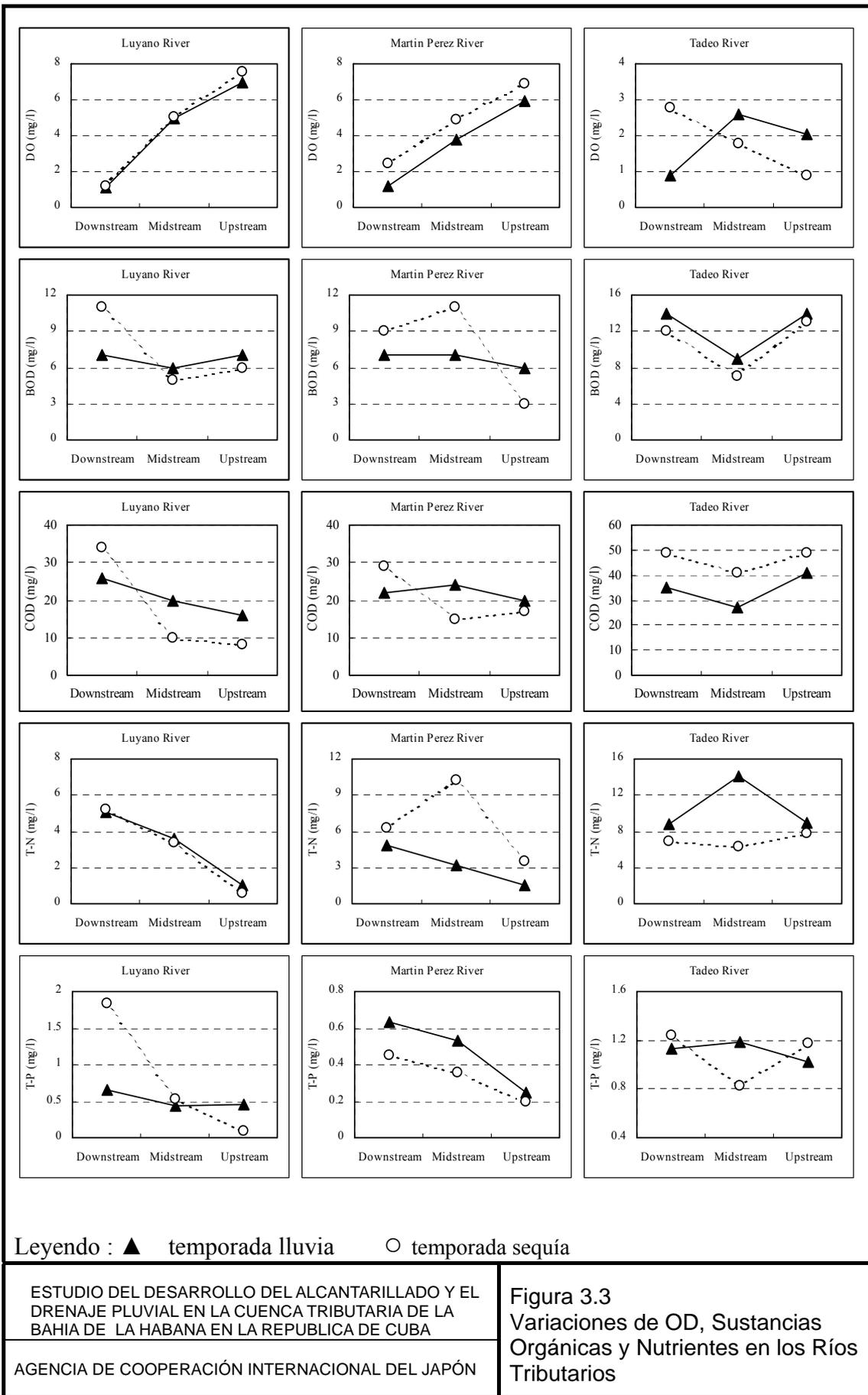
**Nutrientes:** Como se muestra en la Figura 3.3, las concentraciones de T-N y T-P de los ríos Luyanó y Martín Pérez muestra un movimiento creciente de corriente arriba a corriente abajo, lo que significa que la calidad del agua se está empeorando en ese sentido debido al caudal de entrada de aguas residuales industriales y domésticas a lo largo de los ríos luyanó y Martín Pérez.



ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN

Figura 3.2  
Resultados de la Medición de los Caudales en las Bocas de los Ríos



ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA  
 AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN

Figura 3.3 Variaciones de OD, Sustancias Orgánicas y Nutrientes en los Ríos Tributarios

Sin embargo, este movimiento no se observa en Arroyo Tadeo. En realidad, aún corriente arriba del Arroyo Tadeo, se descargan aguas residuales domésticas en el río sin haber recibido ningún tratamiento, lo que provoca una concentración mayor de nutrientes. A diferencia del DBO y DQO, las concentraciones de T-N (5 a 8 mg/L) y T-P (0.5 a 1.8 mg/L) en la boca de los tres ríos indican lo mismos niveles que aquellos datos mostrados en la Tabla 3.2.

Además, las concentraciones de nutrientes en el efluente de los ríos han sobrepasado la Clase IV (T-N<1.0 mg/L; T-P<0.09 mg/L), que es el nivel más bajo dentro de las normas ambientales marinas para la eutroficación del agua de mar.

**Metales pesados:** Los resultados del análisis de los metales pesados indican que las concentraciones de los metales pesados en casi todas las muestras están por debajo del límite de detección, y no se detectan valores infrecuentes. Los resultados de un estudio preliminar sobre las aguas residuales industriales en estudio, también explicará los resultados del estudio que arrojó que no hay industrias, en ninguna de las cuencas de los tres ríos, que en estos momentos utilicen metales pesados en el proceso de producción.

**Indicadores patógenos:** Las concentraciones de coliforme fecal en la boca del río Luyanó, del Río Martín Pérez y Arroyo Tadeo, están calculadas en 2.4 a 30 x 10<sup>5</sup>, 0.8 a 17 x 10<sup>5</sup>, 13 a 160 x 10<sup>5</sup> NMP/100 ml, respectivamente. Como los resultados de previos controles, se considera que esos tres ríos están contaminados por aguas cloacales crudas, especialmente el Arroyo Tadeo.

## (2) Los Resultados del Estudio de la Calidad de los Sedimentos

Existen datos muy limitados sobre la calidad de los sedimentos de los ríos tributarios. Un estudio único sobre la calidad de los sedimentos del río (solo metales pesados en tres localizaciones) se llevó a cabo por la Universidad de La Habana entre 1999 y 2000. Sin embargo, el método de análisis de los metales pesados aplicado por la Universidad de La Habana es diferente del aplicado en esta investigación. Por lo tanto, es imposible comparar los resultados de esta investigación con los resultados de la Universidad de La Habana.

Para identificar las situaciones actuales de la calidad de los sedimentos en los ríos tributarios, especialmente para abarcar los efectos de los metales pesados provenientes de aguas residuales industriales en el sedimento de los ríos, se tomaron 10 muestras en la caída de la corriente de los desagüaderos de aguas residuales industriales. Las concentraciones resultantes de metales pesados en los sedimentos de los ríos se resumen en la Tabla 3.6. Al no existir normas cubanas para la sedimentación de los ríos no para los suelos, se toman como referencia las normas de la Unión Europea para los suelos, como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 3.6 Contenido de Metales Pesados en los Sedimentos de los Ríos**

Unidad: mg/kg peso seco

Metal	Río Luyanó					Río Martín Pérez			Arroyo Tadeo		Norma de la UE para los suelos*
	LS1	LS2	LS3	LS4	LS5	MS1	MS2	MS3	TS1	TS2	
As	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	<0.2	<0.2	0.2	-
Cd	3.0	<b>5.3</b>	<b>5.4</b>	<b>4.1</b>	<b>9.9</b>	<b>3.5</b>	<b>4.6</b>	<b>5.1</b>	<b>5.1</b>	<b>4.3</b>	1 – 3
Co	15.4	15.3	14.2	14.9	13.5	15.7	16.3	23.8	24.2	14.9	-
Cu	141	94	105	136	<b>168</b>	87	<b>161</b>	89	146	135	50 – 140
Hg	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	1 – 1.5
Ni	43.9	42.9	45.5	48.8	47.9	53.5	65.6	<b>286.0</b>	<b>381.0</b>	68.9	30 – 75
Pb	96	144	124	189	227	131	190	<b>479</b>	134	189	50 – 300
Zn	168	211	286	<b>359</b>	<b>414</b>	202	<b>422</b>	<b>333</b>	<b>326</b>	<b>304</b>	150 – 300

Max. Concentración admisible para la UE, 86/278/EC Apéndice 1A

Como se muestra en la Tabla 3.6, en todas las muestras se detectan AS y Co en el rango de 0.2 a 0.4 mg/kg, 13.5 a 24.2 mg/kg, respectivamente, lo que es considerado un nivel normal porque la concentración común de As y Co en el suelo es de 1 a 50 mg/kg.

Altas concentraciones de Cd, Cu, Ni, Pb y Zn se detectan corriente abajo en el Río Luyanó (LS5), el Río Martín Pérez (MS2 y MS3) y el Arroyo Tadeo (TS1), sin embargo, no se detectan valores extraordinariamente altos. En cuanto al mercurio, el límite de detección del mercurio total (Hg) de 5.0 mg/kg es más alto que el valor de la norma de la UE para el suelo, es difícil evaluar la concentración de Hg en los sedimentos de los ríos.

### **3.3 BAHÍA DE LA HABANA**

#### **3.3.1 DATOS EXISTENTES**

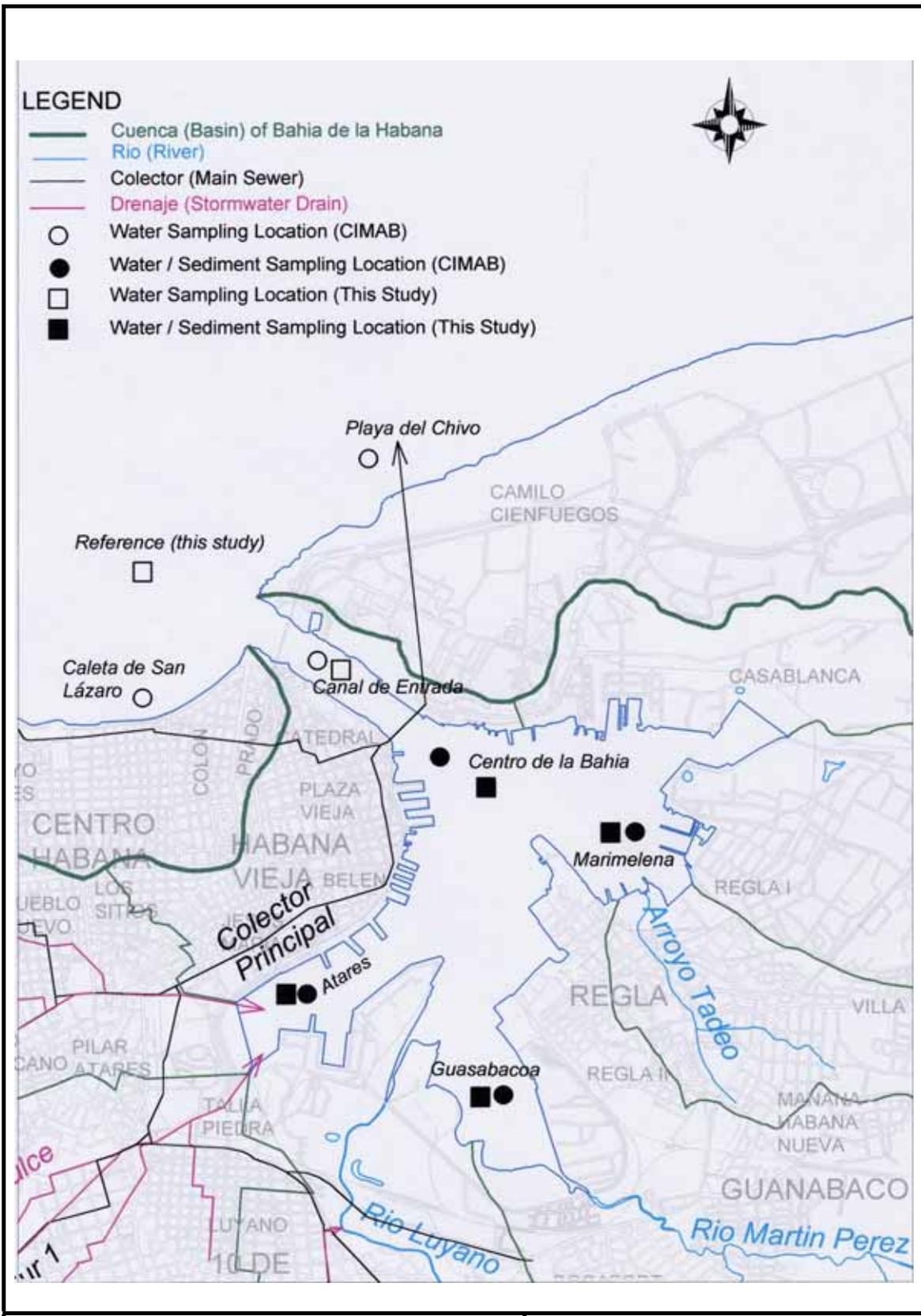
La calidad del agua y sedimento de La Habana es examinada por CIMAB en cinco lugares dos veces al año, durante la estación de lluvia y la de seca, según se muestra en la Figura 3.4. También se examina la calidad del agua en dos lugares fuera de la bahía, uno en la alcantarilla existente en la desembocadura de la Playa del Chivo y otro en la Caleta de San Lázaro, cerca de la boca del río Almendares. Atarés, Marimelena y Guasabacoa están ubicados donde se descargan aguas contaminadas de drenajes urbanos, industrias y ríos, y la circulación de la marea es pobre en comparación con el Centro de la Bahía y el Canal de Entrada.

**OD y nutrientes:** La Figure 3.5 muestra variaciones verticales de OD y nutrientes en la época seca del año 2001. El nivel bajo de OD y alto de nutrientes indica un nivel mayor de contaminación. Cuando comparamos el nivel de contaminación en Playa del Chivo y la Caleta de San Lázaro, con el de Atarés, Marimelena y Guasabacoa, es más alto en estos tres últimos. En el Centro de la Bahía y en la Entrada del Canal, los niveles de OD y nitrógeno mineral son similares a aquellos fuera de la bahía, pero los niveles de PO<sub>4</sub>-P y T-P son superiores que fuera de la bahía. El cociente de nitrógeno mineral (NO<sub>2</sub>-N+NO<sub>3</sub>-N+NH<sub>3</sub>-N) sobre el fósforo mineral (PO<sub>4</sub>-P) está entre 0.7- 4.8 dentro de la bahía en comparación con un 6.4 – 11.7 en Caleta de San Lázaro. El cociente óptimo N/P por peso es aproximadamente 7 y el cociente N/P sugiere un limitación de nitrógeno en la bahía.

La Figura 3.6 muestra la variación de OD y los principales nutrientes durante los años 1986-2001. El nivel de contaminación disminuyó entre 1986-1990 y 1996, demostrado por el incremento en el OD y la disminución en los nutrientes (T-P). Entre 1996 y 2001, hay una ligera tendencia a la concentración de nutrientes.

Los datos reportados sobre los sólidos suspendidos estaban en el rango de los 98-285 mg/L durante los años 1986-2001, lo que se considera bastante alto y contradictorio comparado con la observación visual y la transparencia observada (1- 4 m) durante el muestreo de octubre de 2002.

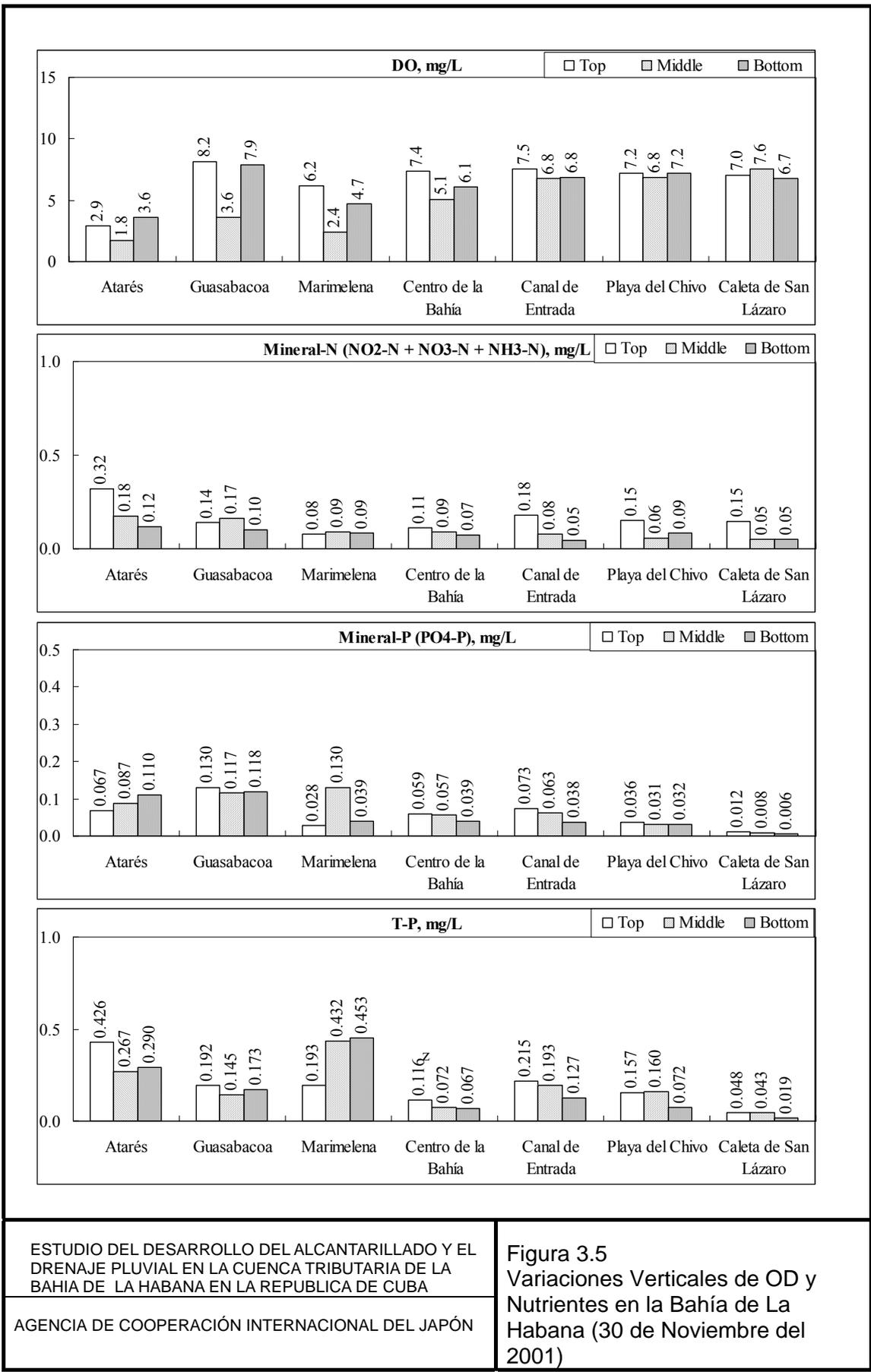
**Clorofila:** La variación de la clorofila que es un indicador de la eutroficación es 31.2 (1980-83), 6.5(1996) y 25.7 (1999) mg/m<sup>3</sup>, lo que muestra que la eutroficación tiende a aumentar a partir de un registro bajo en 1996.



ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA

Figura 3.4 Lugares de Monitoreo de la Calidades de Agua y Sedimento de la Bahía

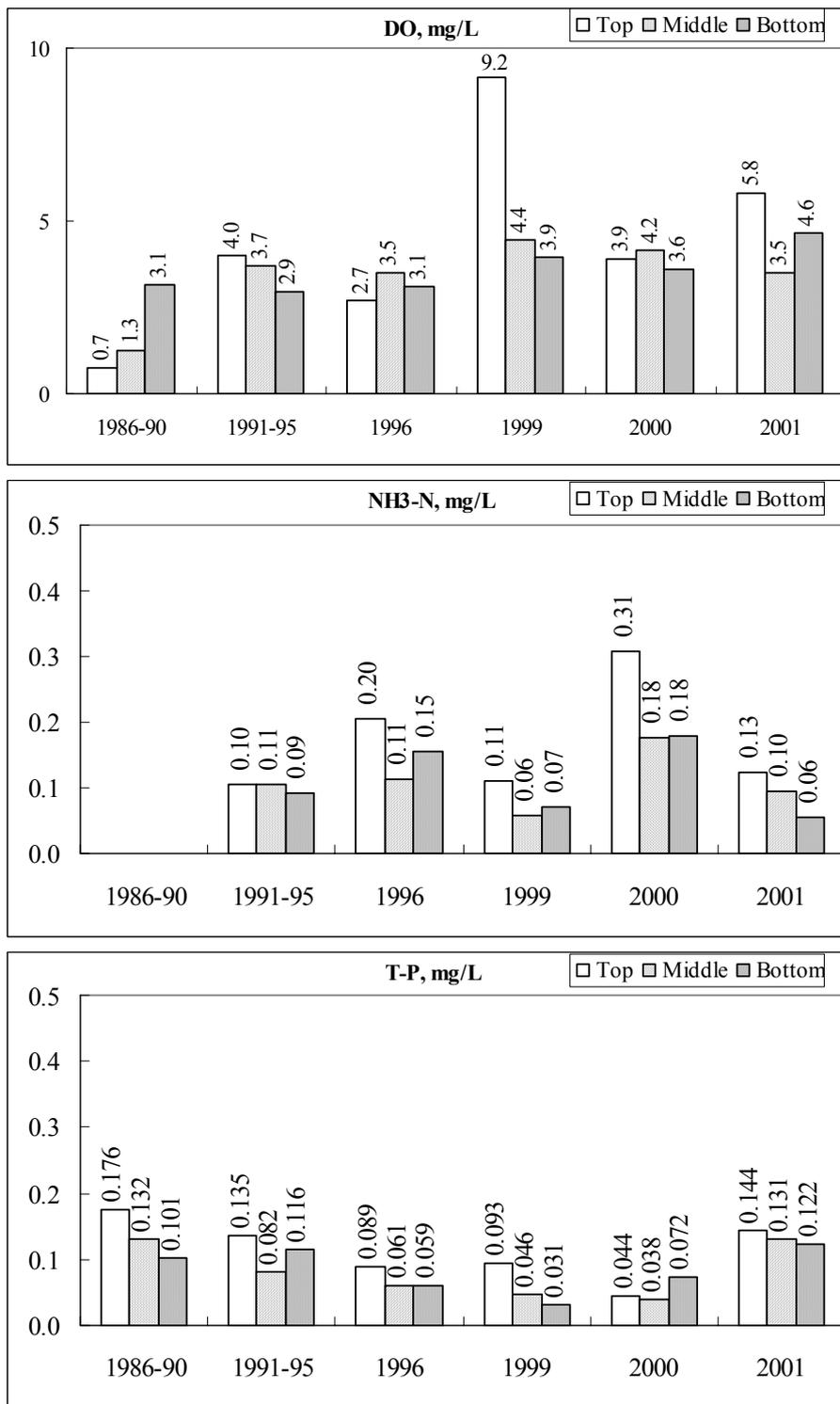
AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN



ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHÍA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN

Figura 3.5 Variaciones Verticales de OD y Nutrientes en la Bahía de La Habana (30 de Noviembre del 2001)

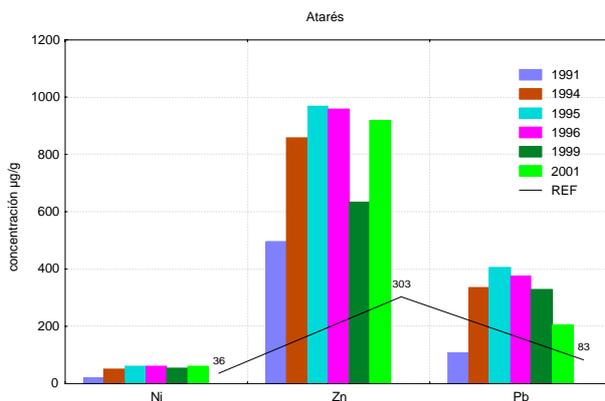


ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA

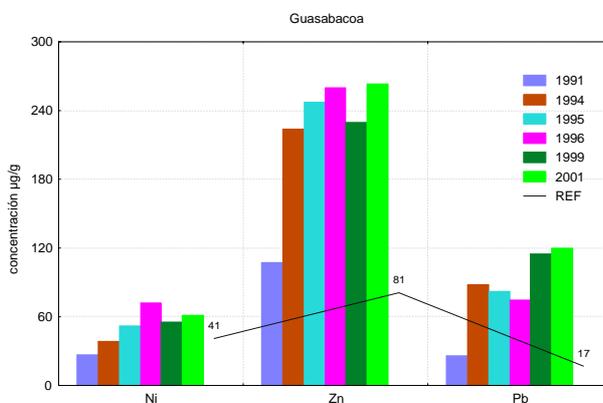
AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN

Figura 3.6  
Variación de OD y Nutrientes en la Bahía de La Habana Durante los Años 1986-2001

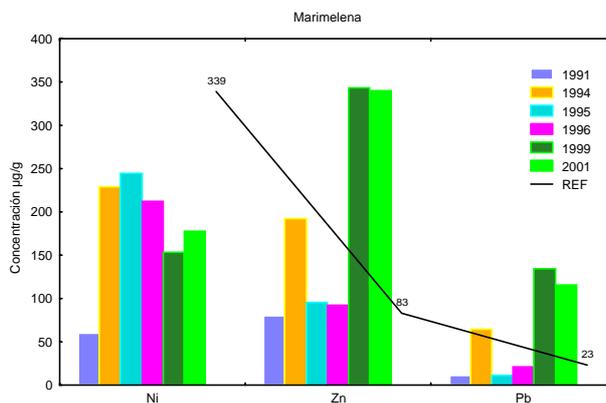
**Atarés**



**Guasabacoa**



**Marimelena**



Note : The ranges shown in the graphs above are not identical for all three locations.  
 Reference value is that of sediment taken between a depth 3-4 m below bay bed.  
 Source : CIMAB

<p>ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA</p>	<p><b>Figura 3.7</b>                  Variación de Metales Pesados en Sedimentos en la Bahía de La Habana Durante los Años 1991-2001</p>
<p>AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN</p>	

**Metales pesados** : La Figura 3.7 muestra la variación de los mismos en Atarés, Guasabacoa y Marimelena, en comparación con “la referencia del contenido de metales pesados” que es la del sedimento obtenido en 3-4m del lecho de la bahía en los respectivos lugares. En todos los lugares, el contenido de metales pesados es superior al contenido de metales pesados de referencia, y hay un incremento gradual del contenido de metales pesados en todos, excepto por el plomo (Pb) en Atarés, y el Nickel (Ni) en Marimelena. Los índices por encima del nivel de referencia muestran la incidencia externa de las actividades urbanas incluyendo las industrias.

La Tabla 3.7 muestra la variación del contenido de metales pesados en los sedimentos superficiales de la Bahía de La Habana entre 1991-2001. También muestra las normas de sedimentos adoptadas en Holanda y en Canadá que se consideran dentro del rango de la contaminación. El Zinc en Atarés, y el cobre en Atarés, Marimelena y Centro de la Bahía, ha excedido los valores promedios holandeses que requieren intervención.

**Tabla 3.7 Calidad del Sedimento de la Superficie de la Bahía de La Habana 1991-2001**

Parámetro	Atarés			Guasabacoa			Marimelena		
	1991-1996	1999	2001	1991-1996	1999	2001	1991-1996	1999	2001
Níquel (Ni), µ g/g	19 – 61	53	59	27 – 72	55	61	60 – 244	153	178
Plomo (Pb), µ g/g	109 – 405	328	205	26 – 88	15	120	11 – 65	135	116
Zinc (Zn), µ g/g	497 – <b>969</b>	<b>635</b>	<b>918</b>	107 – 260	230	263	80 – 192	343	340
Cromo (Cr), µ g/g	–	63	73	–	65	82		148	159
Cobre (Cu), µ g/g	209 – <b>329</b>	128	166	65 – 122	78	92	66 – 146	<b>190</b>	170
Cobalto (Co), µ g/g	5 – 8	20	24	8 – 13	18	26	11 – 29	23	24
Hierro (Fe), %	0.87 – 2.15	1.04	2.23	2.01 – 3.59	2.04	3.75	2.65 – 4.88	1.98	3.47
Manganeso (Mn), %	252 – 308	415	380	252 – 308	415	510	432 – 473	500	510
Contenido orgánico, %	20.3 – 30.2	15.8	21.2	14.3 – 24.7	13.8	14.6	13.3 – 19.9	18.0	16.2

Parámetro	Centro de la Bahía			Entrada del Canal			Norma holandesa	Norma canadiense
	1991-1996	1999	2001	1991-1996	1999	2001		
Níquel (Ni), µ g/g	13 – 29	63	61	15 – 44	60	-	210	-
Plomo (Pb), µ g/g	31 – 69	238	236	68 – 95	138	-	530	112
Zinc (Zn), µ g/g	64 – 189	698	550	217 – 333	248	-	720	271
Cromo (Cr), µ g/g	-	90	103	-	65	-	380	160
Cobre (Cu), µ g/g	28 – 84	<b>238</b>	<b>259</b>	146 – <b>286</b>	85	-	190	108
Cobalto (Co), µ g/g	4 – 11	18	24	2 – 4	15	-		
Hierro (Fe), %	1.44 – 3.76	1.5	2.92	1.52 – 2.41	0.90	-	-	
Manganeso (Mn), %	241 – 462	253	365	137 – 241	158	-	-	
Contenido orgánico, %	8.7 – 18.6	17.7	15.1	16.2 – 18.1	9.8	-		

Nota: Todas las concentraciones están basadas en el peso seco.

La norma holandesa, asumiendo Holanda (2000) el 10% de la materia orgánica y el 25% de arcilla, muestra el valor de la intervención. La norma canadiense muestra el nivel de efecto probable de las Normas Canadienses de la Calidad del Sedimento para la Protección de la Vida Acuática (1999). Los valores mostrados como **238** están por encima del Valor de Intervención Holandés.

Fuente: Informe de la Especialista de JICA y CIMAB, 2002

**Indicador patógeno** : La variación del coliforme fecal se muestra en la Tabla 3.8. Las concentraciones de coliforme fecal de todos los cinco lugares disminuyeron paulatinamente entre 1996 y 2001, pero aún eso los niveles de coliforme fecal son superiores en Atarés, lo que indica el efecto notable de las aguas residuales domésticas.

Sin embargo, los datos sobre el Clostridium Perfringens en los sedimentos, según se observa en la Tabla 3.9, sí muestran un incremento de su contenido. A diferencia de los coliformes fecales, el Clostridium Perfringens se adhiere a la materia fecal y se mezcla como sedimento, indicando contaminación fecal.

**Tabla 3.8 Concentración de Coliforme Fecal en las Aguas de la Bahía de La Habana, 1991-2001**

Lugar	1991-1994	1995-1996	1999	2000	2001
Atarés	$1.0 \times 10^6$	$4.6 \times 10^6$	$4.4 \times 10^6$	$1.6 \times 10^6$	$2.8 \times 10^5$
Guasabacoa	$4.3 \times 10^4$	$4.3 \times 10^5$	$2.4 \times 10^4$	$2.5 \times 10^4$	$8.0 \times 10^3$
Marimelena	$2.0 \times 10^3$	$2.8 \times 10^5$	$3.6 \times 10^3$	$1.0 \times 10^3$	$1.1 \times 10^3$
Centro de la Bahía	$1.5 \times 10^5$	$1.2 \times 10^6$	$5.6 \times 10^4$	$1.6 \times 10^4$	$3.1 \times 10^3$
Entrada del canal	$1.5 \times 10^5$	$2.2 \times 10^6$	$2.7 \times 10^4$	$2.1 \times 10^3$	$6.3 \times 10^3$

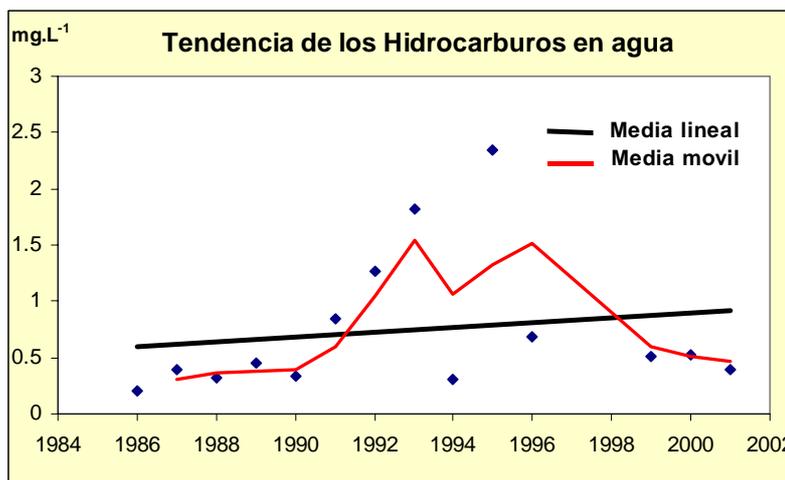
Fuente: CIMAB

**Tabla 3.9 Clostridium Perfringens en los Sedimentos de la Bahía de La Habana, 1991-2001**

Lugar	1991	1999	2001
Atarés	$7.3 \times 10^5$	$3.6 \times 10^4$	$2.4 \times 10^6$
Guasabacoa	$1.1 \times 10^5$	$3.6 \times 10^3$	$2.4 \times 10^5$
Marimelena	$9.3 \times 10^3$	$1.1 \times 10^3$	$4.6 \times 10^4$
Centro de la Bahía	$9.3 \times 10^4$	$2.3 \times 10^4$	$2.4 \times 10^5$
Entrada del canal	$1.5 \times 10^3$	$9.1 \times 10^1$	-

Fuente: CIMAB

**Hidrocarburos de petróleo** : Una de las contaminaciones más visibles que afectan la bahía se debe a los hidrocarburos de petróleo descargados en la bahía y su variación anual se muestra a continuación. Siguiendo una tendencia a aumentar hasta 1995, está disminuyendo



fundamentalmente debido a perfeccionamientos hechos en la refinería.

### 3.3.2 ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA Y EL SEDIMENTO EN LA BAHÍA DE LA HABANA

El estudio de la calidad del agua de la bahía en la estación de lluvia se llevó a cabo por CIMAB durante el presente estudio, del 3 al 12 de octubre, 2002 en la época de lluvia y del 18 al 20 de diciembre, en la época seca. La Figura 3.4 presenta seis lugares de muestreo. Las muestras de agua se tomaron en tres profundidades en cada sitio. Las muestras de sedimento se tomaron en

cuatro lugares de la bahía.

Muestras de agua: pH, Temperatura del Agua, conductividad, salinidad, DQO, DBO<sub>5</sub>, OD, SS, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, T-N, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, T-P, PO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-P, SiO<sub>3</sub>-Si, Hidrocarburo de Petróleo, Coliformes Fecales, Clorofila, Plancton, Fenol, Cadmio (Cd), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Vanadio (V), Zinc (Zn), Mercurio Total (Hg) y Arsénico (As),

Muestras de sedimento: Contenido de agua, distribución granulométrica, Sólidos volátiles Totales (SVT), T-N, TON, Materia Orgánica Total, T-P, Hidrocarburo de Petróleo, *Clostridium perfringens*, Cadmio (Cd), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Vanadio (V), Zinc (Zn), Mercurio Total (Hg) y Arsénico (As).

### **(1) Resultados de la Investigación sobre la Calidad de las Aguas**

La norma cubana NC93-105, 1987, estipula las normas de la calidad del agua de mar y potable para la pesca como se muestra en la Tabla 3.29. Sin embargo, no existen normas para la protección ambiental del mar, especialmente para la prevención de la eutroficación. A continuación las normas de calidad ambiental japonesas para las aguas marinas (OD y DQO) relacionadas con la contaminación de las aguas y las normas (T-N y T-P) para protegerlas de la eutroficación son utilizadas para evaluar los resultados de la calidad de las aguas.

**OD:** Las concentraciones de OD, sustancias orgánicas (DBO y DQO) y nutrientes en tres profundidades distintas de seis zonas de muestreo, se muestran en la Figura 3.8 para la estación húmeda y en la Figura 3.9 para la seca, respectivamente. Como se muestra en la Figura 3.8, en la estación húmeda las concentraciones de OD dentro de la bahía (Atarés, Guasabacoa, Marimelena y Centro), son muy bajas, especialmente en la superficie y en niveles intermedios. Los resultados están por debajo que el nivel más bajo de las normas japonesas para las aguas marinas de Clase C, OD > 2.0 mg/L, lo que se aplica solo para la conservación de la vida del medioambiente.

Sin embargo, la Figura 3.9 muestra que las concentraciones de OD dentro de la bahía son relativamente altas en la estación seca excepto en Atarés, y también muestra que las concentraciones de OD en los niveles más bajos e intermedios, están por debajo de los de la superficie. Tanto los resultados existentes como los del presente estudio confirman que Atarés presenta las peores condiciones de toda la bahía.

**Sustancias orgánicas:** La Figura 3.8 indica que las concentraciones de DBO dentro de la bahía en la época de lluvia son relativamente altas, especialmente en Atarés, e indican un alto nivel de contaminación. Sin embargo, en la época seca las concentraciones de DBO son más bajas en todas las zonas excepto en la superficie de Atarés.

La concentración de DQO en la bahía tanto en la época de lluvia como en la seca, están por debajo de las normas ambientales japonesas de Clase C, DQO < 8.0 mg/L, excepto en el nivel superficial de Atarés y Centro en la época de lluvia.

**Nutrientes:** Como se muestra en la Figura 3.8 y 3.9, las concentraciones de T-N en todas las muestras exceden los 1.0 mg/L de Clase IV establecidos como el nivel más bajo de la norma ambiental japonesa para prevenir la eutroficación del agua de mar. Atarés muestra la concentración más elevada de T-N entre otros sitios. Un nivel tan alto de T-N puede estimular el crecimiento de algas en el agua y causar la eutroficación de la Bahía de La Habana. Las Figuras también muestran que las concentraciones de T-N tanto en la época de lluvia como en la seca se incrementan gradualmente desde la superficie hasta el fondo. Esta tendencia puede indicar que los nutrientes se desprenden de los sedimentos (ver la sección de los resultados del estudio de la calidad de los sedimentos).

En la época de lluvia, las concentraciones de T-P encontradas en todas las muestras están por debajo de los 0.09 mg/L de Clase IV, el cual es el nivel más bajo de de la norma de calidad ambiental japonesa para la prevención de la eutroficación del agua de mar. En la época seca, sin embargo, las concentraciones de T-P en casi todos los sitios están por encima de los 0.09 mg/L, lo que puede causar la eutroficación de la Bahía de La Habana.

**Clorofila y Plancton:** La Figura 3.10 muestra variaciones verticales de Clorofila en la época de lluvia y en la seca. En Atarés en la época de lluvia, un nivel muy alto de concentraciones de clorofila (de 42 a 65 mg/m<sup>3</sup>) se observa en tres profundidades, lo que indica que la eutroficación en esta área tiene un nivel alto en la época de lluvia.

Por otra parte, en la época seca se observa una alta concentración de Clorofila (de 9.4 a 93.8 mg/m<sup>3</sup>) en capas superficiales de todos los sitios. Se observaron altos valores de biomasa de Plankton (de 4,048 a 12,256 x10<sup>3</sup> cell/L) en capas superficiales de todos los sitios dentro del soporte de la bahía, lo que indica que está ocurriendo eutroficación en la capa superior.

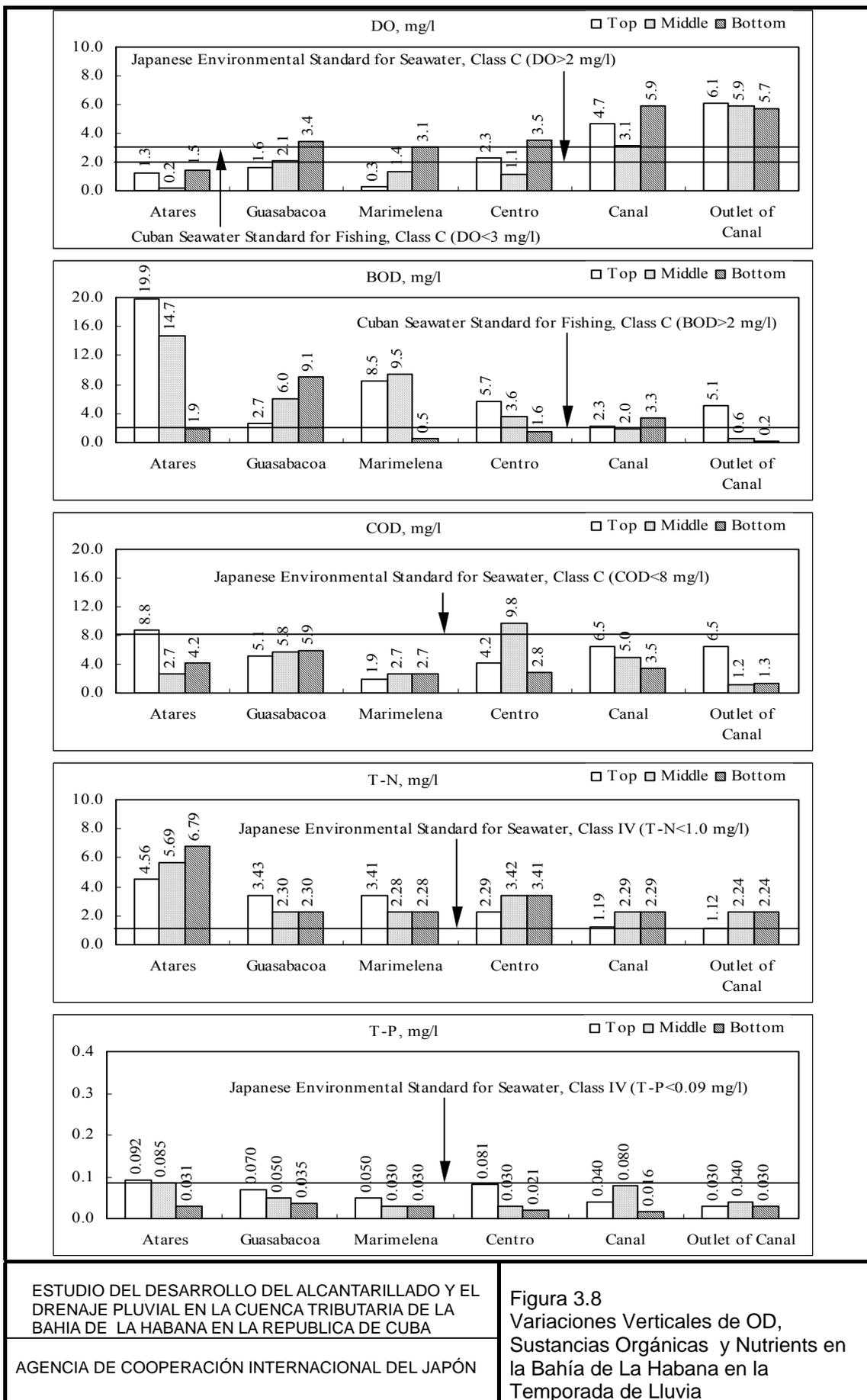
**Metales pesados:** Las concentraciones de metales pesados en todos los sitios (época de lluvia y época seca) se resumen brevemente en la Tabla 3.10. No se detectan metales pesados de As, Cd, Co, Cr, Hg y Pb en los métodos analíticos utilizados. Se identificó cierto nivel de concentraciones de Cu, Ni y Zn en algunas muestras, sin embargo, esta concentración es considerada dentro del rango permisible.

**Tabla 3.10 Concentraciones de Metales Pesados en el Agua de Mar de la Bahía de La Habana**

Parámetro	Cinco sitios dentro de la Bahía (Tres profundidades)	Norma Cubana (NC93-105) para el agua de mar utilizada para la pesca
Arsénico (As), mg/L	<0.080	1
Cadmio (Cd), mg/L	<0.005	0.01
Cobalto (Co), mg/L	<0.010	0.05
Cromo (Cr), mg/L	<0.020	-
Cobre (Cu), mg/L	<0.010 – 0.041	-
Mercurio (Hg), mg/L	<0.020	0.005
Níquel (Ni), mg/L	<0.010 – 0.022	-
Plomo (Pb), mg/L	<0.10	0.1
Zinc (Zn), mg/L	<0.010 – 0.172	-

**Indicador patógeno:** Variaciones verticales del Coliforme Fecal en cada sitio tanto en la época seca como en la húmeda se resumen en la Figura 3.10. En similitud con los resultados anteriores, el Coliforme Fecal de Atarés muestra un nivel muy alto particularmente en la capa superficial, lo que indica el efecto de la descarga de aguas residuales domésticas.

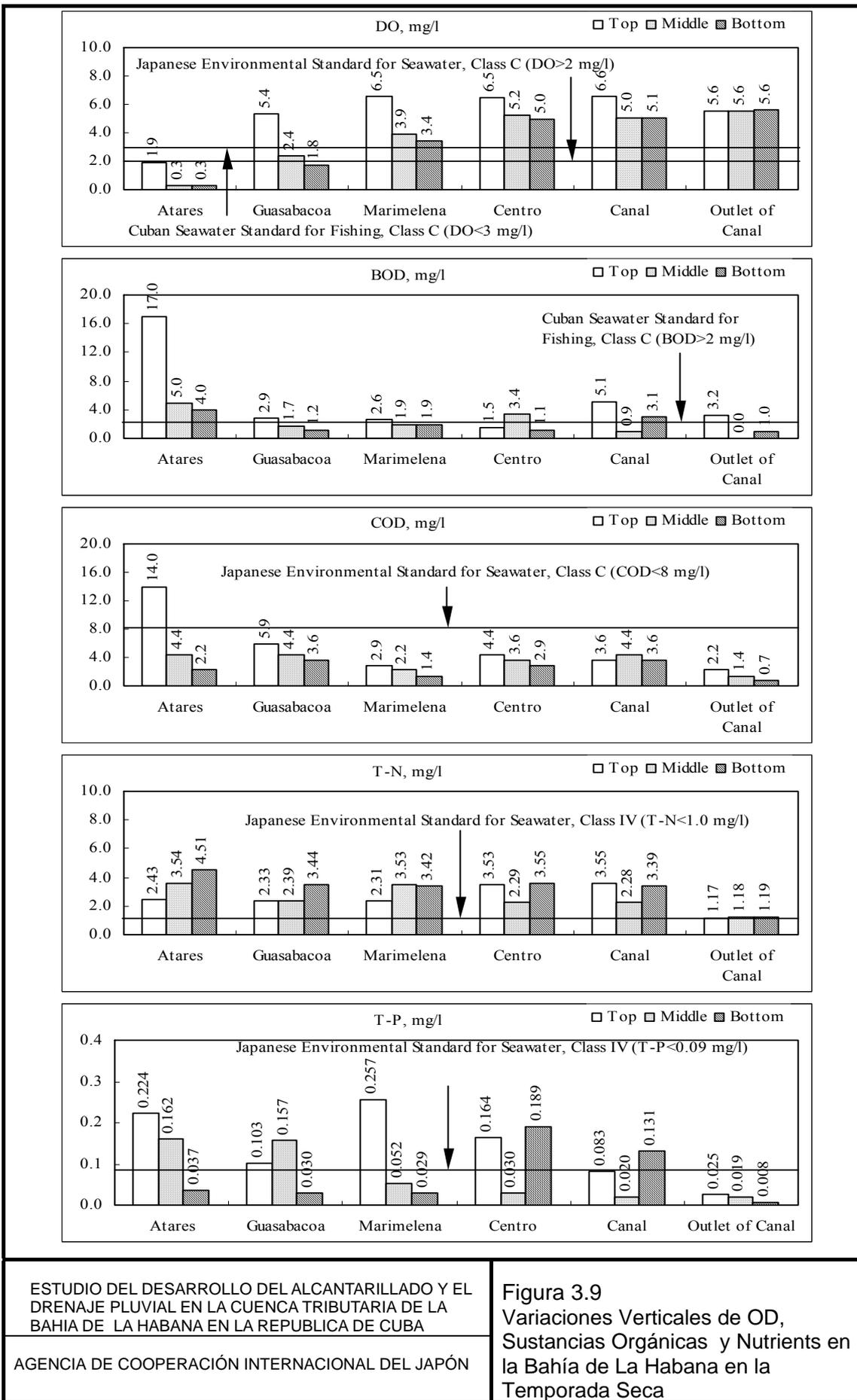
**Hidrocarburos (HC) de Petróleo:** En la época de lluvia, las concentraciones resultantes de hidrocarburos de petróleo en las capas superficiales de Atarés y Marimelena oscilan entre los 0.84 mg/L and 0.73 mg/L respectivamente, lo que es similar a los resultados existentes observados en el año 2001. La Refinería Níco López, tiene un papel importante en la contaminación de hidrocarburo de petróleo.



ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA

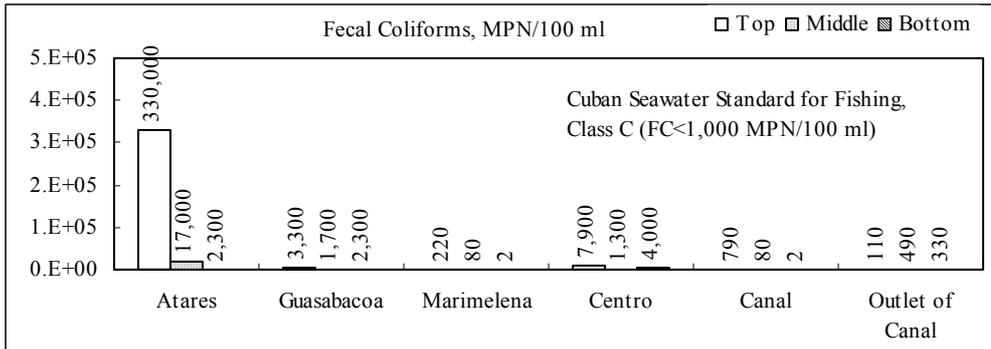
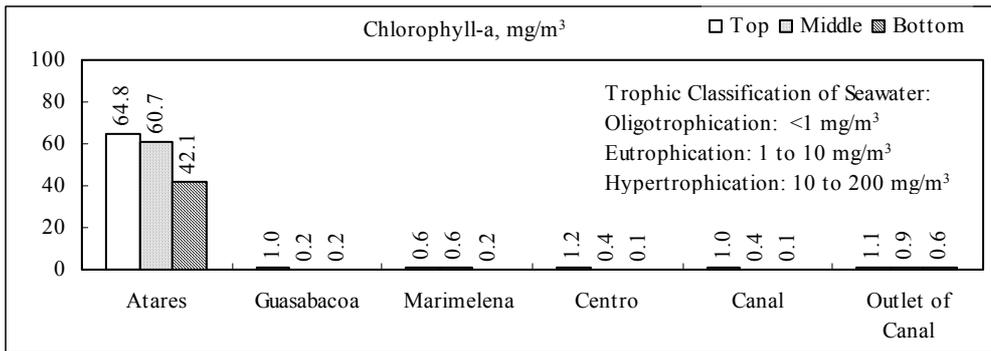
AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN

Figura 3.8 Variaciones Verticales de OD, Sustancias Orgánicas y Nutrients en la Bahía de La Habana en la Temporada de Lluvia

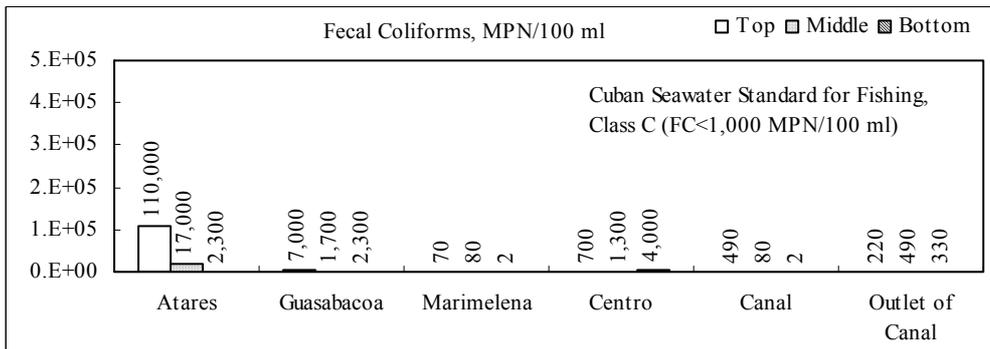
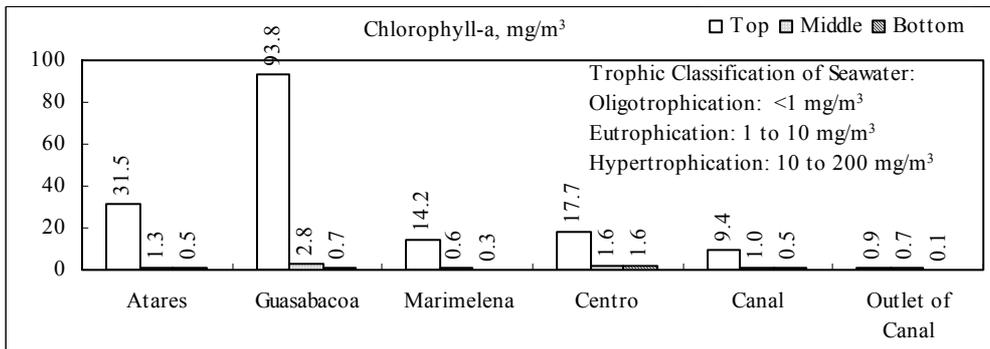


ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA  
 AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN

Figura 3.9 Variaciones Verticales de OD, Sustancias Orgánicas y Nutrients en la Bahía de La Habana en la Temporada Seca



**Temporada Lluvia**



**Temporada Sequía**

ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA	Figura 3.10 Variaciones Verticales de Clorofilaa y Coliformes Fecal en la Bahía de La Habana en las temporadas de Lluvia y Seca
AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN	

(2) Los Resultados del Estudio de la Calidad de la Sedimentación

**Sustancias orgánicas:** Los resultados de la investigación de la calidad de los sedimentos en cuatro sitios se resumen en la Tabla 3.11 La Tabla 3.11 muestra que las concentraciones de DQO encontradas en todas las muestras de sedimentos son muy elevadas (de 24,000 a 170,000 mg/kg), lo que indica que la eutroficación en la Bahía de La Habana presenta un estado severo, Porque las concentraciones representativas de DQO en el agua de eutroficación están en un rango de 5,000 a 30,000 mg/kg. También se muestra que las altas concentraciones de sustancias orgánicas (DQO y TOC) en Atarés muestra la peor situación.

**Tabla 3.11 Resumen de la Calidad del Sedimento en la Bahía de La Habana**

Parámetro	Atarés	Guasabacoa	Marimelena	Centro
DQO, mg/kg-dry weight	170,000	94,000	24,000	70,000
TOC, mg/kg-dry weight	128,800	34,400	41,900	67,700
T-N, mg/kg-dry weight	5,000	1,400	1,100	1,600
T-P, mg/kg-dry weight	664.2	94.8	40.3	194.5
HC, mg/kg-dry weight	1,759	1,230	1,660	1,290
<i>Clostridium Perfringens</i> , MPN/100 ml	20x10 <sup>3</sup>	11x10 <sup>3</sup>	40x10	40x10 <sup>2</sup>

Fuente: Equipo de Estudio de la JICA

**Nutrientes:** Como se muestra en la Tabla 3.11, las concentraciones de T-N y T-P son muy elevadas en Atarés. La alta concentración de T-N en los sedimentos puede causar la concentración más alta de T-N en la capa inferior, en comparación con la de la capa superficial de agua en Atares, como se menciona en la sección anterior sobre la calidad del agua.

**Metales pesados:** La Tabla 3.12 muestra las concentraciones resultantes de los principales metales pesados presentes en los sedimentos. Las concentraciones de metales pesados en todos los sitios presentan un nivel relativamente bajo excepto de Zn en Atarés, donde cuya concentración (764 mg/kg) excede ligeramente el Valor de Intervención Holandés.

**Tabla 3.12 Concentraciones de los Principales Metales Pesados en los Sedimentos de la Bahía de La Habana**

Parámetro	Atarés	Guasabacoa	Marimelena	Centro	Norma Holandesa
Arsénico (As), mg/L	6	3	11	15	-
Cadmio (Cd), mg/L	1	<0.005	<0.005	<0.005	-
Cobalto (Co), mg/L	23	25	26	21	-
Cromo (Cr), mg/L	63	55	46	41	380
Cobre (Cu), mg/L	149	82	73	49	190
Mercurio (Hg), mg/L	<5.00	<5.00	<5.00	29	-
Níquel (Ni), mg/L	63	63	63	52	210
Plomo (Pb), mg/L	194	40	2	304	530
Zinc (Zn), mg/L	764	160	107	133	720

Fuente: Equipo de Estudio de la JICA

**Indicador patógeno:** No se observa diferencia significativa en los *Clostridium Perfringens* al comparar con los datos observados existentes como se muestra en la Tabla 3.9.

**Hidrocarburos (HC) de Petróleo:** Como se ve en la Tabla 3.11, la concentración de hidrocarburos de petróleo en cada lugar presenta una distribución relativamente uniforme, y muestra valores similares con los resultados (1,043 a 1,623 mg/kg) de datos existentes.<sup>3)</sup>

## **3.4 AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES**

### **3.4.1 ESTUDIOS PREVIOS**

Se reporta que existen 110 fábricas de diversos tipos y dimensiones en el Area de Estudio<sup>5)</sup>. De ellas, 55 vierten sus aguas residuales directamente en la zona de la Bahía de La Habana, y 23 en la Bahía de La Habana a través del Río Luyanó. Las restantes vierten sus aguas residuales en la Bahía de La Habana a través del Río Martín Pérez, el Arroyo Tadeo y las alcantarillas y canales de drenaje existentes.

Las fuentes fundamentales de contaminación en el Area de Estudio son la refinería de petróleo y las fábricas procesadoras de alimentos; en especial la planta de refinación de petróleo Níco López ocupa un lugar preponderante entre las fuentes de contaminación.

No se ha establecido ningún sistema de monitoreo periódico de las aguas residuales industriales debido a limitaciones financieras. Sin embargo, se han realizado estudios de las características de las aguas residuales industriales. El CIMAB y el CENHICA han analizado la calidad de las aguas residuales de las principales fábricas del Area de Estudio como parte de algunos proyectos, tales como CUB/80/001, GEF/RLA/93/G41 y GTE-Bahía Habana, entre otros.<sup>4 y 5)</sup> Los resultados del estudio sobre fuentes de contaminación realizado en 1997 indican que las aguas residuales constituyen un tercio de la carga total de DBO<sup>5)</sup>.

En los estudios previos se analizaron los siguientes parámetros de calidad del agua: DBO, DQO, ST, STS, T-N, T-P, hidrocarburos totales y metales pesados.

En la Tabla 3.13 se resume la información disponible sobre las aguas residuales industriales provenientes de las fábricas relacionadas con el Area de Estudio y sobre los acuíferos receptores.

**Tabla 3.13 Resumen de las Fábricas del Area de Estudio (1/2)**

**Acuífero receptor: Bahía de La Habana**

No.	Nombre de la fábrica	Tipo de industria	Caudal (m <sup>3</sup> /d)	Horas de trabajo	Proceso de tratamiento	Plan de reubicación	Comentarios
1	Muelles Sierra Maestra 1, 2 y 3	Muelle	Bajo				
2	Muelle lancha Habana-Regla	Muelle	Bajo				
3	Muelle de bomberos	Extinción de incendios					
4	Muelle Flota Camaronera	Muelle	Bajo	Cerrada			GTE 2002
5	Muelle Margarito Iglesias	Muelle	Bajo				
6	Muelle Aracelio Iglesias	Muelle	Bajo				
7	Muelle Juan Manuel Díaz	Muelle	Bajo				
8	Muelle La Coubre	Muelle	Bajo				
9	Servicios marítimos	Compañía de servicios	Bajo				
10	Asociación Flota Cubana de Pesca (Pesport)	Procesamiento de pescado	2				
11	Central termoeléctrica Otto Parellada	Planta termoeléctrica	312	24 h.	No	Año 2005	1 desagüe, CIMAB 2002
12	Muelle de Tallapiedra	Oficina de aduana	Bajo				
13	Muelle de la Pesca (Pesport)	Lavado	Bajo				
14	Muelle de cemento a granel	Cemento	Bajo				
15	TNE Juan Ronda	Electricidad	3				
16	Puerto pesquero de La Habana (bombedas a alcantarilla)	Procesamiento de pescado	400	24 h.	No		Informe GEF
17	Empresa industrial pesquera Hacendados (Indal)	Procesamiento de pescado	400	8 h.	No		2 desagües, GEF 1996
18	Empresa de laboratorios farmacéuticos Mario Muñoz	Medicamentos	26				Informe GEF
19	Planta de gas Evelio R. Curbelo	Gas	1,010	16 h.	Laguna		1 desagüe, Informe GEF
20	Terminal Haiphong	Muelle	Bajo				
21	Terminal de contenedores (MELFI)	Muelle	Bajo				
22	Empresa de Recuperación de Materias Primas	Reciclaje	Bajo				
23	Organización desmanteladora de equipos	Reciclaje	Bajo				
24	Empresa recuperadora (CUREF)	Reciclaje	Bajo				
25	Destañadora Alfredo Gamoral	Reciclaje de metales		Cerrada			GTE, 2002
26	Talleres de grúas terrestres ETMH	Reparación de camiones		Cerrada			GTE, 2002
27	Vertedero de Cayo Cruz	Incineración de basura		Cerrada			GTE, 2002
28	Obras Marítimas 1	Construcción	Bajo				
29	Instalación TRANSCARGO	Oficina (ómnibus)	Bajo				
30	Molinos de trigo José A. Echevarría	Alimentos	Bajo				
31	Almacenes de la Empresa Química (USEQUI)	Salud pública	Bajo				
32	Fábrica de fertilizantes Gerardo Granda	Industria pesada	20				
33	Empresa distribuidora de combustible Habana	Compañía de servicios	Bajo				
34	Muelle Manuel Porto Pena	Muelle	Bajo				

35	Terminal portuaria Andrés González Lines	Muelle	Bajo				
36	Molinos de granos Turcios Lima	Muelle	Bajo				
37	Fábrica de pienso Habana 12	Muelle	Bajo				
38	Refinadora de aceites Alberto Alvarez	Procesamiento de aceites comestibles	205	24 h.	Tratamiento biológico		2 desagües, Informe GEF
39	Atraques 21, 22 y 23	Muelle	Bajo				
40	Derretidora de sebo (Alse)	Alimentos	100	Cerrada			Informe GEF, CIMAB
41	Central termoeléctrica Antonio Maceo	Generación de electricidad	880	Cerrada			CIMAB, 2002
42	Embarcadero de lanchas de Regla	Muelle	Bajo				
43	Terminal de ómnibus de Regla	Terminal de ómnibus	36				Informe GEF
44	Obras marítimas 2	Construcción	Bajo				
45	Entidades del Poder Popular	Oficinas		Cerradas			
46	Empresa industrial pesquera de Regla (Prodal)	Procesamiento de alimentos	360	24 h.	No		3 desagües, Informe GEF
47	Varadero de embarcaciones de Regla	Oficina de aduana	Bajo				
48	Empresa de transporte de la Pesca (DIMER)	Procesamiento de pescado	40				
49	Obras Marítimas 3	Construcción	Bajo				
50	Refinería de petróleo Níco López	Petroquímica	62,134	24 h.	Separador por gravedad, laguna		7 desagües, Informe GEF
51	Central Termoeléctrica Frank País	Planta termoeléctrica		Cerrada			GTE, 2002
52	Incinerador del puerto y atraque de SAMARP	Incinerador de basura	10-15		No		Equipo de Estudio, 2002
53	Empresa Nacional de Astilleros (ENA)	Reparación de embarcaciones	266		No		Equipo de Estudio, 2002
54	Empresa militar industrial (EMI) Granma	Fábrica militar	Bajo				
55	Astilleros Galainena (ASTIGAL)	Muelle	Bajo				

**Tabla 3.13 Resumen de las Fábricas del Area de Estudio (2/2)**

**Acuífero Receptor: Río Luyanó**

No.	Nombre de la fábrica	Catálogo	Caudal (m <sup>3</sup> /d)	Horas de trabajo	Proceso de tratamiento	Plan de reubicación	Comentarios
1	Destilería de alcohol Habana	Alcohol	675	Cerrada	No		Informe GEF
2	Fábrica de levadura Héroes de Bolivia	Alimentos	432	Cerrada			Informe GEF
3	Fábrica de ron Ronera Occidental	Ron	156	8 h.	No		1 desagüe, Informe GEF
4	Establecimiento Antonio Maceo	Envase de pescado	1,000	Cerrada	No		Informe GEF
5	Matadero Jesús Menéndez	Alimentos (leche)	156	Cerrada			Informe GEF
6	Pasteurizadora Lucero	Alimentos (leche)	500	24 h.	No		1 desagüe, Informe GEF
			500				CIMAB, 2001
7	Licuadaora Luis Pauste	Alimentos	100	Cerrada			GTE, 2002
8	Empacadora Julio A. Mella	Alimentos	173	Cerrada			Informe GEF
9	Fundición Miguel Suárez	Industria ligera	26				Informe GEF
10	Fábrica de toallas ANTEX	Teñido		Cerrada			CIMAB, 2002
11	Empresa Central de Laboratorios (LACEMI)	Laboratorio	78				Informe GEF
12	Terminal de Omnibus Lawton	Fregado de ómnibus					
13	Empresa de herramentaje Miguel Saavedra	Laminado de metales					
14	Taller principal de Vagones Fco. Vega Sánchez	Reparación de trenes	203				CIMAB, 2000
15	Taller Central de la Empresa Geofísica	Reparación de maquinarias					
16	Unidad Básica de Producción Empresarial Paquito Rosales	Química	<5				Informe GEF
17	Planta Andrés Luján Vázquez	Laminado de metales		Cerrada			CIMAB, 2002
18	Empresa Portuaria (PORTTRANS)	Lavado					
19	Fca. Vietnam Heroico		16				Informe GEF
20	Constructora de Motores Taíno	Maquinarias	13		No		Equipo de Estudio, 2002
21	Empresa Inoxidable Enrique José Varona	Fabricación de tanques	55		No		Equipo de Estudio, 2002
22	ICIDCA	Laboratorio					
23	Fábrica de Siphorex Camilo Cienfuegos	Construcción					
24	Fábrica Beatriz	Alimentos (leche)	370		No		Cierra en oct. 2002

**Acuífero receptor: Río Martín Pérez**

No.	Nombre de la fábrica	Catálogo	Caudal (m <sup>3</sup> /d)	Horas de trabajo	Proceso de tratamiento	Plan de reubicación	Comentarios
1	Emp. Fundición No Ferrosa Sergio González	Laminado de metales	<5				GTE, 1993
2	Establecimiento Mártires de Panamá	Materiales de construcción	<5	Cerrada			CIMAB, 2002
3	Emp. Semirremolque Ramón Pefia	Fregado de camiones	<10				
4	Taller Emilio Pérez Olivera	Laminado de metales	<5	Cerrada			CIMAB, 2002
5	Establecimiento Habana	Fregado de botellas	<5	Cerrada			CIMAB, 2002
6	Tenería César Escalante	Curtido	216	Cerrada			Informe GEF

**Acuífero Receptor: Arroyo Tadeo**

No.	Nombre de la fábrica	Catálogo	Caudal (m <sup>3</sup> /d)	Horas de trabajo	Proceso de tratamiento	Plan de reubicación	Comentarios
1	Fbca. de calzado Aracelio Iglesias	Confección de calzado	<5	Cerrada	No		Cerrada; GTE, 2002
2	Fo Elio Llerena	Procesamiento de aluminio	5-10		No		GTE, 2002

**Acuífero Receptor: Canales de drenaje**

No.	Nombre de la fábrica	Catálogo	Caudal (m <sup>3</sup> /d)	Horas de trabajo	Proceso de tratamiento	Plan de reubicación	Comentarios
1	Planta DEBON-Suchel (a Matadero)	Producción de detergente	60	14 h.	No		1 desagüe, CIMAB
2	Planta JAIPER-Suchel (a Agua Dulce)	Producción de detergente	40	12 h.	No		1 desagüe, CIMAB

**3.4.2 ESTUDIOS SOBRE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES**

**(1) Objetivo**

Los objetivos del estudio de las aguas residuales industriales son:

- Identificar la situación actual y los problemas relacionados con el manejo de las aguas residuales industriales en el Area de Estudio a partir de la información existente;
- Obtener una visión precisa sobre las cargas de aguas residuales industriales contaminantes que se vierten en la Bahía de La Habana a partir del estudio de 10 fábricas seleccionadas

**(2) Metodología**

El procedimiento empleado en el estudio de las aguas residuales industriales se ilustra en la Figura 3.11. Las tareas que componen la investigación son realizadas por el Equipo de Estudio y su contraparte, con asistentes técnicos contratados del CIMAB, y el análisis de la calidad del agua se realiza en el laboratorio del CIMAB.

### 1) Recopilación y análisis de la información existente

Se recopila la siguiente información: tipo de industria, situación operacional, acuífero receptor, cantidad de aguas residuales, calidad de las aguas residuales, proceso de tratamiento, plan de reubicación, etc.

### 2) Selección de 10 fábricas

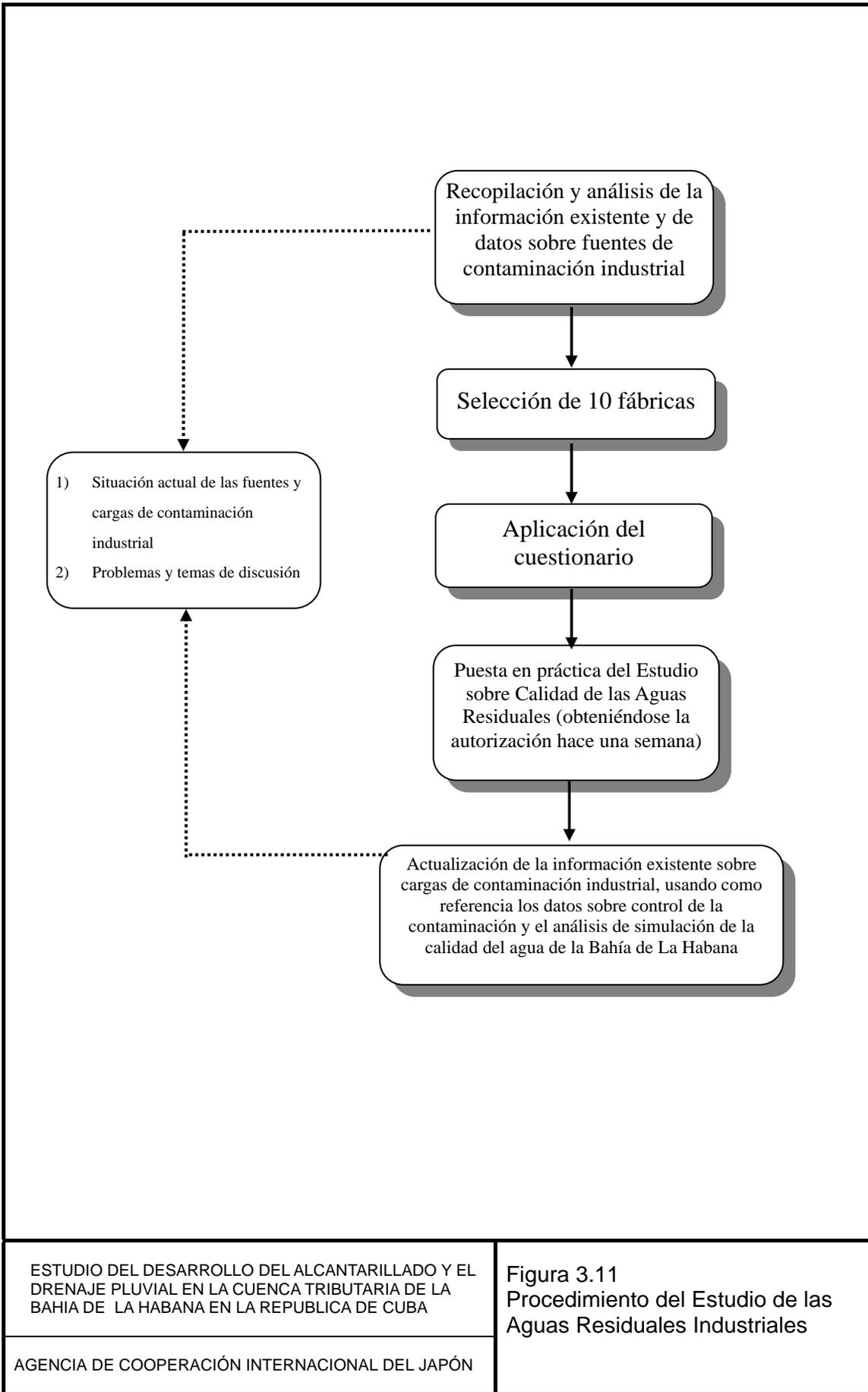
Para seleccionar las fábricas más importantes, se tienen en cuenta los siguientes criterios de selección:

- Grandes cargas de contaminantes (DBO, T-N, T-P, hidrocarburos, etc.);
- Fábrica representativa de la industria local;
- Metales pesados en el efluente, y
- Posibilidad de muestreo y medición del caudal

Sobre la base de la información existente y de discusiones con el GTE y el DPRH de Ciudad de La Habana, inicialmente se seleccionaron las siguientes 20 fábricas como candidatas, como se muestra en la Tabla 3.14.

**Tabla 3.14 Las 20 Fábricas más Importantes Seleccionadas como Candidatas para el Estudio Detallado**

Nombre de la fábrica	Tipo de industria	Acuífero receptor	Nombre de la fábrica	Actividades	Acuífero receptor
1. Níco López	Refinería de petróleo	Bahía de La Habana	11. Ronera Occidental	Ron	Río Luyanó
2. Curbelo	Producción de gas	Bahía de La Habana	12. Alcohol Habana	Alcohol	Río Luyanó
3. Prodal	Alimentos	Bahía de La Habana	13. Antonio Maceo	Envase de pescado	Río Luyanó
4. Indal	Procesamiento de pescado	Bahía de La Habana	14. Motores Taíno	Maquinarias	Río Luyanó
5. Alberto Alvarez	Procesamiento de aceites comestibles	Bahía de La Habana	15. Vega Sánchez	Reparación de trenes	Río Luyanó
6. Otto Parellada	Electricidad	Bahía de La Habana	16. Fábrica Beatriz	Procesamiento de leche	Río Luyanó
7. Puerto Pesquero	Procesamiento de pescado	Bahía de La Habana	17. Debon-Suchel	Producción de detergente	Canal de drenaje de Matadero
8. SAMARP	Incineración de basura	Bahía de La Habana	18. Jaiper-Suchel	Producción de detergente	Canal de drenaje de Agua Dulce
9. ENA	Reparación de embarcaciones	Bahía de La Habana	19. Aracelio Iglesias	Confección de calzado	Arroyo Tadeo
10. Lucero	Procesamiento de leche	Río Luyanó	20. Fb Elio Llerena	Procesamiento de aluminio	Arroyo Tadeo



ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN

Figura 3.11  
Procedimiento del Estudio de las Aguas Residuales Industriales

Se realizó un estudio preliminar en el que participaron el Equipo de Estudio, miembros de la contraparte del GTE y el DPRH de Ciudad de La Habana, para confirmar la posibilidad de muestreo y medición del caudal. Finalmente se seleccionaron 10 fábricas para el estudio de las fuentes de contaminación industrial, a partir de los resultados del estudio preliminar mencionado anteriormente y de discusiones con el GTE y el DPRH de Ciudad de La Habana. La información general sobre las 10 fábricas seleccionadas se resume en la Tabla 3.15, y la ubicación de las 10 fábricas seleccionadas se muestra en la Figura 3.12.

**Tabla 3.15 Información General sobre las 10 Fábricas Seleccionadas**

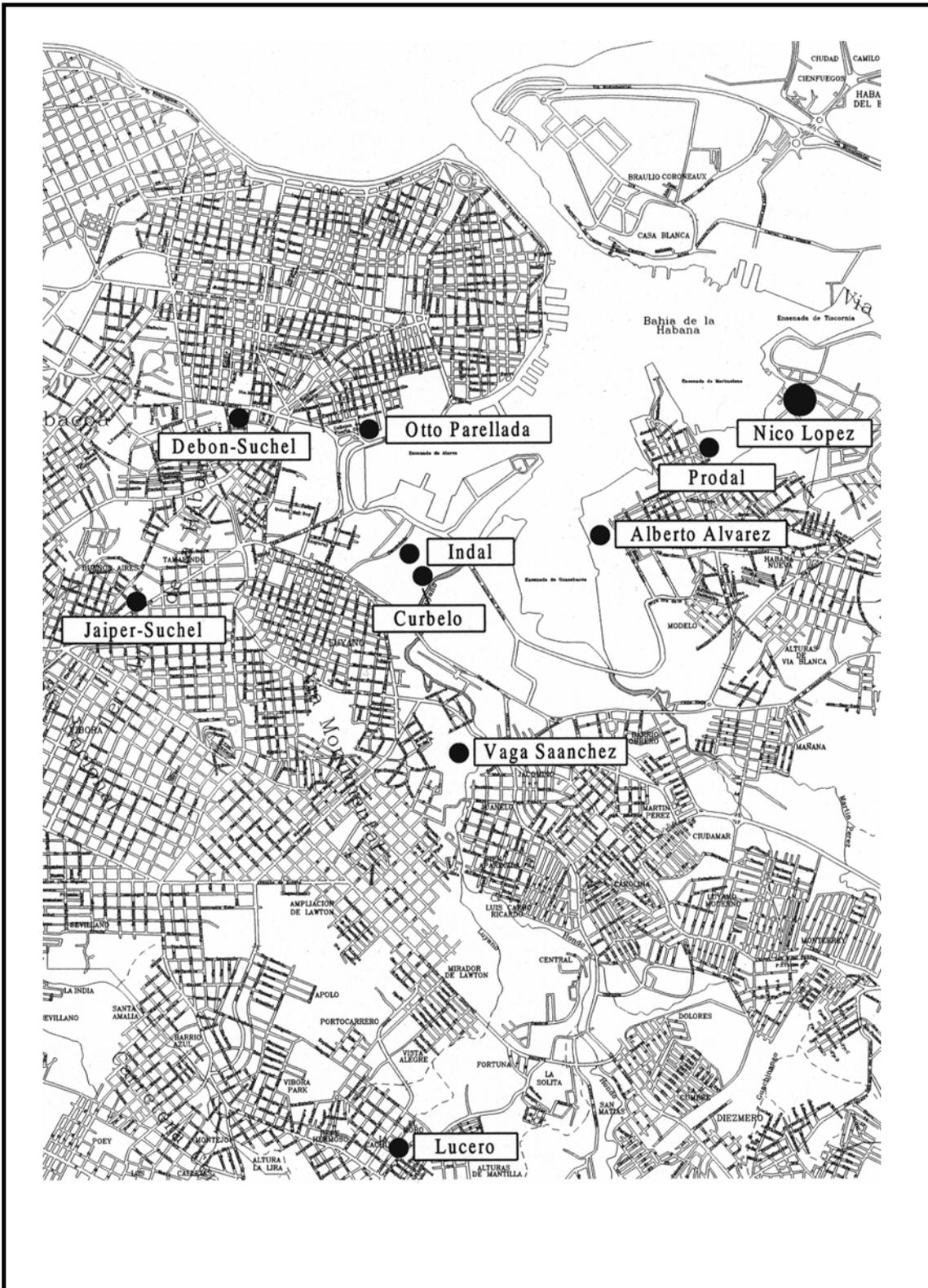
Nombre de la fábrica	Tipo de industria	Caudal (m <sup>3</sup> /d)	Principales contaminantes	Acuífero receptor
1. Níco López	Refinería de petróleo	62,000	Aceite, DBO	Bahía de La Habana
2. Curbelo	Producción de gas	1,010	Aceite, DBO	Bahía de La Habana
3. Prodal	Alimentos	360	DBO, SS, N, P, aceite y grasa	Bahía de La Habana
4. Indal	Procesamiento de pescado	400	DBO, SS, N, P, aceite y grasa	Bahía de La Habana
5. Alberto Alvarez	Procesamiento de aceites comestibles	205	SS, DBO, N, P	Bahía de La Habana
6. Otto Parellada	Electricidad	312	Cu, Zn, Pb, Cr, etc. metales pesados	Bahía de La Habana
7. Lucero	Procesamiento de leche	500	DBO, SS, N	Río Luyanó
8. Vega Sánchez	Reparación de trenes	200	DBO, SS, aceite	Río Luyanó
9. Debon-Suchel	Producción de detergente	60	DBO, SS, N	Canal de drenaje de Matadero
10. Jaiper-Suchel	Producción de detergente	40	DBO, N, SS	Canal de drenaje de Agua Dulce

### 3) Investigación por cuestionario sobre las 10 fábricas seleccionadas

Se realizó una investigación por cuestionario en la que participaron el Equipo de Estudio, el GTE y el DPRH de la Ciudad de La Habana. El cuestionario incluye los siguientes aspectos:

- Reseña de las características de la fábrica (cantidad de trabajadores, horas de trabajo, ubicación, principales materias primas, principales productos y capacidad de producción, etc.);
- Fuentes de agua (agua de río, subterránea, por tubería y de circulación, etc.);
- Consumo de agua (agua para enfriamiento, para lavado a presión, y para uso cotidiano);
- Cantidad de aguas residuales (caudal y horario en que se realizan las descargas, etc.);
- Calidad de las aguas residuales (pH, temp., SS, color, DBO, DQO, T-N, T-P y metales pesados, etc.), y
- Proceso de tratamiento y planes futuros (proceso de tratamiento, capacidad, cantidad de desagües, acuífero receptor y principales problemas de operación y mantenimiento, etc.

La investigación por cuestionario de las 10 fábricas seleccionadas constató que prácticamente en ninguna de ellas se mide el consumo diario de agua ni la cantidad de aguas residuales producidas / vertidas. Por lo tanto, la información sobre la calidad de las aguas residuales es muy limitada.



ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA

Figura 3.12 Mapa de Ubicación de las Fábricas Seleccionadas para el Estudio de las Aguas Residuales Industriales

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN

De las 10 fábricas seleccionadas, solamente una (la Alberto Alvarez, de procesamiento de aceites comestibles) tiene un sistema de tratamiento secundario (proceso de tratamiento físico, químico y biológico). Las 9 fábricas restantes vierten sus aguas residuales en los acuíferos receptores luego de un tratamiento primario o sin ningún tratamiento.

#### 4) Estudio sobre la calidad de las aguas residuales

El estudio de la calidad de las aguas residuales incluye la medición del caudal, así como el muestreo y el análisis de la calidad de las aguas residuales.

Se utilizaron los siguientes métodos de medición del caudal:

- Método de caudalímetro;
- Método de tinte y flotantes, y
- Método de capacidad

La frecuencia de medición del caudal es a intervalos de 1 – 3 horas en cada punto de las estaciones de muestreo durante una jornada de trabajo (8 a 24 horas).

Se toman de tres a cuatro muestras aleatorias de aguas residuales durante el mismo día en el desagüe (punto de descarga). Luego se elabora una muestra compuesta para cada fábrica combinando las muestras aleatorias tomadas sobre la base del ratio de caudal medido. La Figura 3.8 muestra los desagües de aguas residuales de las fábricas seleccionadas.

Se analizan veintitrés (23) parámetros de calidad del agua, como se muestra a continuación:

**Tabla 3. 16 Parámetros de Calidad de las Aguas Residuales Industriales Analizados**

Clasificación	Parámetro
Generales	pH, temperatura
Sustancias orgánicas	DBO, DQO
Nutrientes	T-N, NH <sub>4</sub> -N, NO <sub>2</sub> -N, NO <sub>3</sub> -N, T-P, PO <sub>4</sub> -P
Elementos tóxicos	Fenol, Cd, Co, Cu, Ni, Pb, V, Zn, Hg, As
Otros elementos	SS, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , hidrocarburos

Los métodos de análisis están en concordancia con los “Métodos estándar para el examen del agua y las aguas residuales, APHA, 1998”.

### (3) Resultados

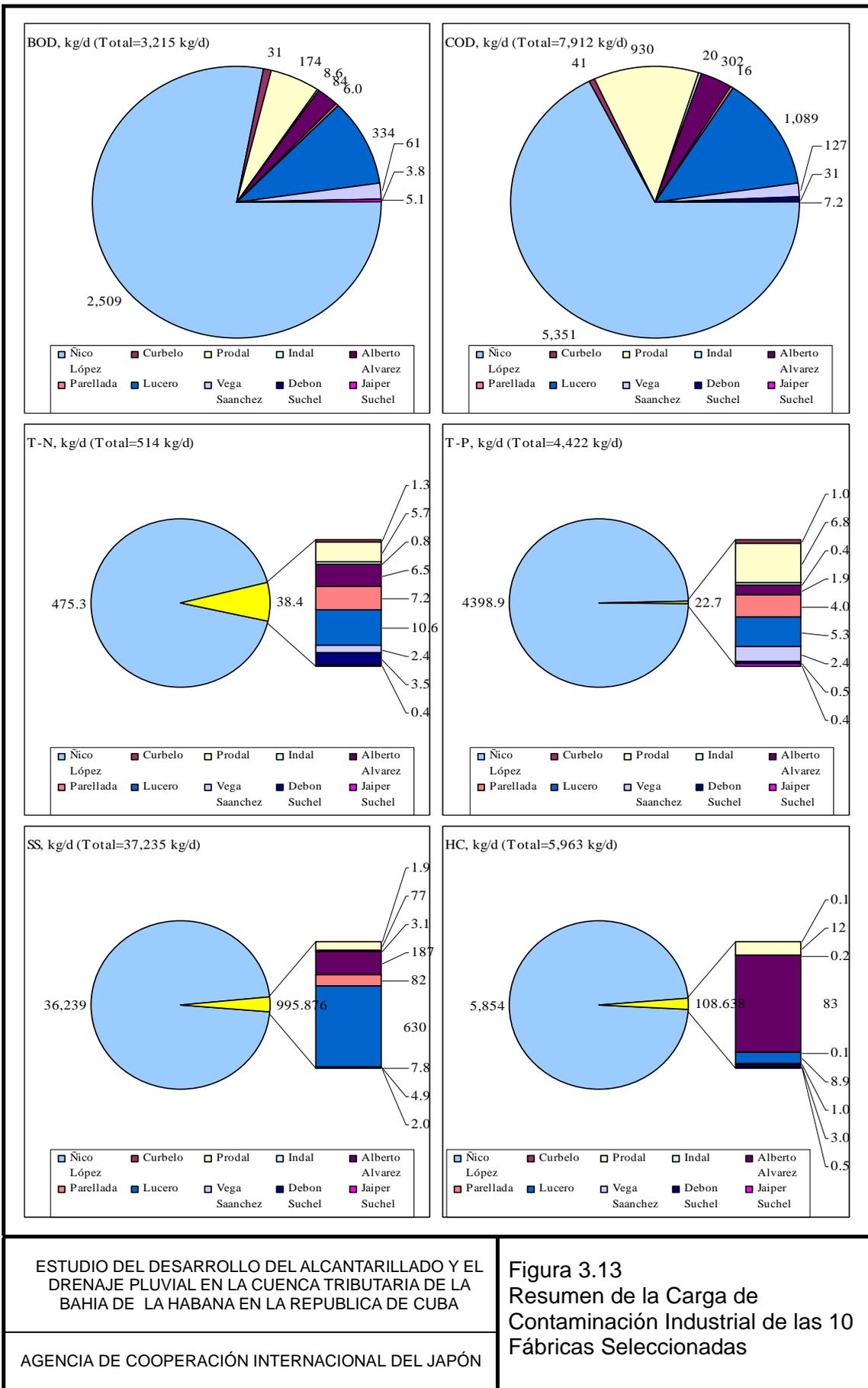
Las principales características de las 10 fábricas seleccionadas y los resultados del estudio de calidad del agua se resumen en las Tablas 3.17 y 3.18, respectivamente. A partir de los resultados del estudio de calidad del agua, se calculan las cargas de contaminantes principales, las que se ilustran en la Figura 3.13.

**Tabla 3.17 Características Principales de las 10 Fábricas Seleccionadas**

	Ñico López	Curbelo	Prodal	Indal	Alberto Alvarez	Parellada	Lucero	Vega Sánchez	Debon Suchel	Jaiper Suchel
Tipo de industria	Refinería de petróleo	Producción de gas	Procesamiento de alimentos	Procesamiento de pescado	Aceites comestibles	Electricidad	Procesamiento de leche	Reparación de trenes	Detergente	Detergente
Principales materias primas	Petróleo crudo	Nafta y gas natural	Pescado fresco, camarones y carne de pollo	Pescado fresco	Aceite crudo	Aceite combustible	Leche fresca, leche en polvo y leche de soya	-	Acido sulfónico, Tripolifosfato de sodio y sulfato de sodio	-
Principales productos y volumen de producción	Gasolina y derivados, 1.6 Mton/año	Gas, 125.4 Mm <sup>3</sup> /año	Salchichas y diversos alimentos fritos, 6,500 ton/año	Pescado enlatado, 4 a 5 ton/día	Aceite vegetal, 100 ton/día	64 MW/h	Leche pasteurizada, 40 m <sup>3</sup> /d; leche de soya, 30 m <sup>3</sup> /día	-	Detergente, 13,000 ton/año	Jabón, champú y pasta dental, etc., 11,700 ton/año
Cantidad de trabajadores	1,326	137	926	300	180	243	350	350	270	600
Tiempo de operación	24 horas de operación continua	24 horas de operación continua	24 horas de operación continua	8 horas	24 horas de operación continua	24 horas de operación continua	24 horas de operación continua	12 horas	16 horas	12 horas
Consumo total de agua (m <sup>3</sup> /d)	156,804	708	Alrededor de 800	214	Alrededor de 200	Alrededor de 300	-	Alrededor de 200	460	Alrededor de 40
Consumo de agua de la producción (m <sup>3</sup> /d)	150,425	330	-	-	-	-	-	-	47	-
Otros consumos de agua (m <sup>3</sup> /d)	6,379	378	-	-	-	-	-	-	413	-
Proceso de tratamiento de las aguas residuales	Separador por gravedad, etc.	Separador por gravedad y laguna	No tiene instalaciones de tratamiento	No tiene instalaciones de tratamiento	Proceso de tratamiento biológico	No tiene instalaciones de tratamiento	No tiene instalaciones de tratamiento	No tiene instalaciones de tratamiento	No tiene instalaciones de tratamiento	No tiene instalaciones de tratamiento

**Tabla 3.18 Resultados del Estudio sobre Calidad de las Aguas Residuales**

Fábrica Parámetro	Ñico López	Curbelo	Prodal	Indal	Alberto Alvarez	Parellada	Lucero	Vega Sánchez	Debon Suchel	Jaiper Suchel
Caudal, m <sup>3</sup> /d	139,381	175	217	43	350	1,000	667	259	380	39
pH	6.9 - 7.4	7.8 - 8.2	8.47	7.7 - 8.1	-	8.1	7.4	7.5	8.9 - 10.6	8.3 - 8.4
Temperatura del agua, °C	28.2	36.2	29	29.6	-	25	31.0	30.5	28.8	29.3
DQO, mg/L	38.39	234	4284	455	863	16	1632	490	81	184
DBO <sub>5</sub> , mg/L	18	175	800	200	240	6	500	235	10	130
SS, mg/L	260	11	356	72	533	82	945	30	13	52
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , mg/L	527.87	4.41	8.88	10.86	-	16.08	1.81	6.74	12.34	1.81
T-N, mg/L	3.41	7.21	26.14	18.54	18.7	7.19	15.88	9.39	9.32	9.32
N orgánico, mg/L	0.28	1.4	10.83	11.95	4.3	2.06	13.54	7.38	3.18	3.08
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N, mg/L	1.96	0.84	1.49	1.49	12.50	0.18	2.14	1.58	0.18	0.28
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N, mg/L	0.07	0.07	0.22	0.20	0.10	0.41	0.20	0.03	0.07	0.07
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N, mg/L	1.10	4.90	13.60	4.90	1.80	4.54	8.48	0.40	5.89	5.89
T-P, mg/L	31.56	5.53	31.49	8.94	5.3	4.03	7.92	9.37	1.37	11.14
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P, mg/L	0.06	1.02	2.84	0.84	-	2.28	1.15	0.42	0.39	0.35
Hidrocarburo, mg/L	42	0.48	56	5.8	236	0.09	13.4	3.7	8	13.5
Fenol, mg/L		62	32.00	61.00	-	<0.1	1.00	5.00	8.00	3.00



ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN

Figura 3.13  
Resumen de la Carga de Contaminación Industrial de las 10 Fábricas Seleccionadas

### **3.4.3 RESUMEN DE LOS ESTUDIOS**

Los principales hallazgos de los resultados de los estudios se destacan a continuación:

- (1) Las principales fuentes de contaminación industrial en el Area de Estudio son la refinería de petróleo (Ñico López) y las fábricas procesadoras de alimentos (Prodal y Lucero).
- (2) La cantidad de aguas residuales vertidas por la Ñico López es 139,381 m<sup>3</sup> diarios, los que constituyen el 97.8% de la cantidad total de aguas residuales de las 10 fábricas seleccionadas (142,511 m<sup>3</sup>/d). Por lo tanto, la Ñico López aporta la mayor parte (entre 68% y 99%) de las cargas de contaminantes (DBO, DQO, T-N, T-P, SS y HC), aunque las concentraciones de esos contaminantes en los efluentes han disminuido notablemente en comparación con los resultados medidos por el GEF en 1997.
- (3) La cantidad de aguas residuales vertidas por la Lucero es 667 m<sup>3</sup> diarios, lo que constituye el 0.5% de la cantidad total de aguas residuales de las 10 fábricas seleccionadas (142,511 m<sup>3</sup>/d). Las concentraciones de DBO y DQO en el efluente de la Lucero son de 500 mg/L y 1,632 mg/L, respectivamente, lo que se considera un nivel relativamente alto. Por lo tanto, la Lucero aporta el 10.4% de la carga total de DBO y el 13.8% de la de DQO.
- (4) La cantidad de aguas residuales vertidas por la Prodal es 217 m<sup>3</sup> diarios, lo que constituye el 0.2% de la cantidad total de aguas residuales de las 10 fábricas seleccionadas (142,511 m<sup>3</sup>/d). Las concentraciones de DBO y DQO en el efluente de la Prodal son de 800 mg/L y 4,284 mg/L, respectivamente, lo que se considera un nivel relativamente alto. Por lo tanto, la Prodal aporta el 5.4% de la carga total de DBO y el 11.7% de la de DQO.
- (5) Tomando en cuenta los resultados del estudio y la situación existente, se recomienda establecer una instalación de tratamiento de segunda etapa (separador coalescente por gravedad o sistema de flotación por aire disuelto) en la Ñico López para eliminar el aceite emulsionado, así como establecer un proceso de pretratamiento en la Prodal y la Lucero para eliminar los contaminantes antes de realizar la descarga en el sistema municipal de alcantarillado.

## **3.5 LEYES Y NORMAS SOBRE EL CONTROL DE LA CONTAMINACION DEL AGUA**

### **3.5.1 LEY DEL MEDIO AMBIENTE (LEY GENERAL)**

En Cuba existe una jerarquía de disposiciones legales de mayor complejidad que la simple división en “leyes” y “regulaciones”. Las disposiciones legales se comportan de la manera siguiente:

- Leyes, que son de cumplimiento general, y que son presentadas a la Asamblea Nacional y aprobadas por el pleno de la misma. Los miembros de la Asamblea Nacional son elegidos entre candidatos propuestos por los trabajadores, los campesinos y otras organizaciones sociales.
- Decreto ley, que puede ser propuesto por el CITMA u otro ministerio, pero que se presenta al Consejo de Estado y es aprobado por éste. El Consejo de Estado es el órgano ejecutivo de la Asamblea que sesiona de manera permanente.
- Decreto, que es propuesto por un solo ministerio, pero es aprobado por el Consejo de Ministros, formado por los dirigentes ejecutivos de los ministerios.
- Resolución, que es aprobada por un organismo por su propia iniciativa, y que, generalmente, tiene un efecto limitado a ese organismo.

En Cuba se presta especial atención a la protección del medio ambiente, dentro del marco de la política de desarrollo del país. El Artículo 27 de la Constitución de 1976 establece que:

“El estado protege el medio ambiente y los recursos naturales de la nación y reconoce su íntima relación con el desarrollo económico y social sostenible para hacer que la vida humana sea más racional y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones presentes y futuras. Es responsabilidad de los organismos gubernamentales correspondientes aplicar esta política. Es deber de los ciudadanos contribuir a la protección del agua, la atmósfera, y a la conservación de los suelos, la flora y la fauna silvestres y de todo el rico potencial de la naturaleza.”

El Decreto Ley No. 138 del 1ro de julio de 1993 define la responsabilidad del INRH en lo referente a las aguas terrestres, con el objetivo de elaborar los principios básicos contenidos en la Constitución de la República de Cuba y en la Ley sobre Protección del Medio Ambiente y Uso Natural de los Recursos Nacionales, en lo que concierne a las aguas superficiales y subterráneas.

Las Delegaciones Provinciales del INRH, por ejemplo, la Delegación Provincial de Recursos Hidráulicos de Ciudad de La Habana, perteneciente al Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (DPRH), tiene la responsabilidad de poner en práctica la ley y las bases legales relacionadas con los recursos hidráulicos, así como su entorno ambiental y la optimización de su explotación subestructural.

La Ley No. 81 de 1999 es la Ley del Medio Ambiente. El propósito de esta ley es establecer los principios legales que rigen la política ambiental y los requisitos legales básicos que regulan el manejo ambiental.

De acuerdo con esta ley y otras legislaciones relacionadas con el manejo del ambiente, la autoridad del Estado será ejercida por los órganos gubernamentales de la Administración Central del Estado, así como por otros órganos estatales y los Organos Locales del Poder Popular, en consonancia con esta ley y con la legislación ambiental en general.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) es el organismo gubernamental de la Administración Central del Estado encargado de proponer la política

ambiental y dirigir su ejecución mediante la coordinación y el control del manejo ambiental del país, promoviendo su integración coherente para contribuir al desarrollo sostenible.

### **3.5.2 CONTROL DE LA CONTAMINACION DEL AGUA**

#### **(1) Generalidades**

En la Ley del Medio Ambiente (No. 81), Capítulo IV – Aguas y Ecosistemas Acuáticos, se plantea que:

“Todas las descargas de sustancias en corrientes de agua, bahías, aguas costeras, aguas lacustres, represas, aguas subterráneas o de cualquier otro tipo, que puedan causar contaminación, afectar otros usos previstos o no previstos o alterar el equilibrio del ecosistema, deben ser objeto del tratamiento apropiado.”

Como se plantea anteriormente, el INRH, en coordinación con otros organismos y órganos relacionados, controla el manejo de las aguas terrestres. El CITMA, en coordinación con los Ministerios de la Industria Pesquera, de Transporte y de la Agricultura, es responsable de las aguas y los recursos marinos. Las Estructuras y Funciones del CITMA y el INRH se muestran en la Figura 3.15.

#### **(2) Aguas Residuales Industriales**

La Ley No. 81, Ley del Medio Ambiente, no contiene un capítulo específicamente dedicado a la contaminación por aguas residuales industriales, pero en ella aparecen muchas referencias generales que obviamente se aplican a la industria.

Todas las descargas de sustancias en corrientes de agua, bahías, aguas costeras, aguas lacustres, represas, aguas subterráneas, etc., deben ser objeto del tratamiento apropiado. Además de esto, también se plantea que las aguas residuales provenientes de actividades económicas, antes de ser vertidas en el entorno, deben recibir un tratamiento apropiado, de modo que no contaminen las represas o los acuíferos terrestres o marinos.

La Ley No. 81 también estipula la emisión de Licencias Ambientales para todas las actividades que puedan causar efectos ambientales significativos, y el CITMA tiene la potestad de suspender temporal o definitivamente cualquier actividad que no cumpla los requisitos relacionados con la licencia. Los nuevos proyectos, incluidos los de desarrollo industrial, están sujetos a una Evaluación del Impacto Ambiental (EIA), y a la posterior emisión de la Licencia Ambiental.

### **3.5.3 NORMAS**

Las normas relacionadas con el suministro de agua y el saneamiento son muchas y muy variadas, y cubren todos los aspectos de que se ocupa el sector. Las normas se dividen en Normas Estatales, o Nacionales (Normas Cubanas), las que son de obligatorio cumplimiento en sectores de la economía nacional, y Normas de Area, que son especificaciones técnicas de obligatorio cumplimiento en el área a que se aplican.

Las principales Normas Nacionales (Estatales) relacionadas con el presente estudio son:

#### **(1) Higiene Comunitaria**

- NC 93-02 Agua potable; requisitos sanitarios y muestreo
- NC 93-03 Sistema público de suministro de agua: requisitos sanitarios
- NC 93-11 Sistema público de suministro de agua; calidad e inspección sanitaria
- NC 93-12 Instalaciones de tratamiento de agua; requisitos sanitarios

English	Spanish
Ministry of Science, Technology and the Environment <b>CITMA</b>	Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente <b>CITMA</b>
In charge of proposing Environmental Policy, Execution, Coordination and Control of National Environmental Management and Integration to Sustainable Development	Encargado de proponer la política ambiental y de la ejecución, coordinación y control del manejo medioambiental nacional y su integración al desarrollo sostenible
<b>Maritime Waters and Resources</b> <b>CITMA</b>	<b>Aguas y recursos marinos</b> <b>CITMA</b>
Responsible for Policy, Execution and Control of Environmental Management	Responsable de la política, la ejecución y el control del manejo medioambiental
<b>MINAG</b> <b>(Agriculture)</b>	<b>MINAG</b> <b>(Agricultura)</b>
Protection against pollution of Mangrove areas, etc.	Protección contra la contaminación de áreas de manglares, etc.
<b>MIP</b> <b>(Fisheries)</b> <b>With CITMA</b>	<b>MIP</b> <b>(Pesca)</b> <b>Con el CITMA</b>
Proposes Measures against Pollution affecting Marine Resources	Propone medidas contra la contaminación que afecta los recursos marinos
<b>MINTRANS</b> <b>(Transport)</b>	<b>MINTRANS</b> <b>(Transporte)</b>
Regulates Transportation and Civil Navigation against Pollution	Regula el transporte y la navegación civil contra la contaminación
<b>Terrestrial Water</b> <b>(surface &amp; underground)</b> <b>INRH</b>	<b>Aguas terrestres</b> <b>(superficiales y subterráneas)</b> <b>INRH</b>
Responsible for Environmental Protection of Water Resources	Responsable de la protección ambiental de los recursos hidráulicos
<b>MINSAP</b> <b>(Health)</b>	<b>MINSAP</b> <b>(Salud)</b>
Responsible for Water Quality Testing in Mains and Taps	Responsable de la evaluación de la calidad del agua en tuberías y llaves
<b>MIP</b> <b>(Fisheries)</b>	<b>MIP</b> <b>(Pesca)</b>
Responsible for Fishery Resources in Dams	Responsable de los recursos pesqueros de las presas
<b>CITMA</b>	<b>CITMA</b>
Responsible for Policy, Execution and Control of Environmental Management	Responsable de la política, la ejecución y el control del manejo ambiental
<p>ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA</p> <p>AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN</p>	
<p>Figura 3.14 Ley Ambiental – Estructuras y Funciones</p>	

**(2) Normas del Sistema de Protección Ambiental**

- NC 93-01-102 Clasificación de objetos relacionados con el agua
- NC 93-01-103 Clasificación de las aguas domésticas
- NC 93-01-208 Requisitos para la protección de las aguas subterráneas
- NC 93-01-209 Requisitos para el cálculo de las áreas de protección sanitaria para las fuentes de agua subterránea
- NC 93-01-210 Requisitos generales para la protección de las aguas superficiales y subterráneas de la contaminación por petróleo y sus derivados
- NC 93-01 Eliminación final de residuos líquidos en acuíferos domésticos; procedimientos de autorización
- NC 93-01 Requisitos para la selección y evaluación de las fuentes de abasto de agua subterránea potable a las comunidades y las industrias

Se han elaborado muchas otras Normas Nacionales (NC 22: 1999 – NC 39: 1999), además de la adopción de algunas normas ISO-14000.

Entre estas normas, la NC 27: 1999 es la que rige la descarga de aguas residuales en las alcantarillas, como se explica en la Sección 3.5.5 del presente informe.

Una Norma Nacional (NC) sobre la descarga de aguas residuales en el mar está en la fase final de elaboración y los detalles sobre la misma, que son especialmente pertinentes al presente estudio, serán incluidos en el Borrador Informe Final.

En cuanto a las Normas de Area relacionadas con las aguas residuales industriales, el Ministerio de la Industria Básica ha emitido dos normas para las industrias de Ciudad de La Habana, las que tienen que ver con la calidad de las aguas residuales, las que estarán en vigor hasta que se concluya la Norma Nacional sobre la descarga de aguas residuales en el mar.

**3.5.4 NORMAS SOBRE LA CALIDAD DE LAS DESCARGAS EN EL ALCANTARILLADO**

La Tabla 3.19 muestra los niveles permisibles para los vertimientos en alcantarillas públicas, según lo estipulado en la Norma Cubana NC27, 1999 y lo estipulado por la de Ciudad de La Habana. Esta última incluye algunos parámetros que son más estrictos que los de la norma nacional.

**Tabla 3.19 Niveles Permisibles para las Descargas en el Alcantarillado Público**

Parámetro	Límite	
	Norma Nacional (NC27, 1999)	Ciudad de La Habana
pH	6 - 9	6 - 9
Temperatura, °C	50	40
Conductividad, S/m	0.4	-
DBO <sub>5</sub> , mg/L	300	300
DQO, mg/L	700	700
Nitrógeno total (T-N), mg/L	-	50
Nitrógeno orgánico (N-Org), mg/L	-	20
Nitrógeno amoníaco (NH <sub>4</sub> -N), mg/L	-	30
Nitrógeno nitrito (NO <sub>2</sub> -N), mg/L	-	0.05
Nitrógeno nitrato (NO <sub>3</sub> -N), mg/L	-	0.2
Fósforo total (T-P), mg/L	-	10
Fosfatos (PO <sub>4</sub> -P), mg/L	-	1
Aceite y grasa, mg/L	50	20
Sustancia reactiva azul de metileno (agente tensioactivo), mg/L	25	20

Sólidos sedimentables, mg/L	10	4
Sólidos totales (SS), mg/L	-	500
Sólidos volátiles totales (SVT), mg/L	-	350
Residuo no volátil total, mg/L	-	150
Sólidos en suspensión (SS), mg/L	-	300
Sólidos volátiles en suspensión (SVS), mg/L	-	250
Residuo de sólidos no volátiles en suspensión,, mg/L	-	50
Sólidos disueltos totales (SDT), mg/L	-	200
Sólidos disueltos volátiles (SDV), mg/L	-	100
Sólidos disueltos no volátiles, mg/L	-	100
Sales disueltas totales, mg/L	-	10,000
Cloruros (Cl <sup>-</sup> ), mg/L	-	100
Aluminio (Al), mg/L	10	10
Hierro (Fe), mg/L	-	5
Arsénico (As), mg/L	0.5	0.5
Cadmio (Cd), mg/L	0.3	0.3
Cianuro (CN <sup>-</sup> ), mg/L	0.5	0.5
Cobre (Cu), mg/L	5	5
Cromo total (Cr), mg/L	2	2
Cromo hexavalente (Cr), mg/L	0.5	0.5
Cromo trivalente (Cr <sup>3+</sup> ), mg/L	-	2.5
Mercurio (Hg), mg/L	0.01	0.01
Plomo (Pb), mg/L	-	1
Zinc (Zn), mg/L	-	5
Níquel (Ni), mg/L	-	0.5
Cobalto (Co), mg/L	-	1
Manganeso (Mn), mg/L	-	1
Sulfuro de hidrógeno (H <sub>2</sub> S), mg/L	-	1
Tintes de base de sulfato, mg/L	-	25
Tintes sintéticos, mg/L	-	25
Fenoles, mg/L	5	5
Hidrocarburos (C <sub>n</sub> H <sub>n</sub> ), mg/L	-	25
Formaldehído (CH <sub>2</sub> O), mg/L	-	25
Anilina (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> NH <sub>2</sub> ), mg/L	-	6
Acetaldehído (CH <sub>3</sub> CHO), mg/L	-	20
Acetona ((CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO), mg/L	-	40
Acido butírico (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COOH), mg/L	-	15
Butanol, mg/L	-	10
Metanol, mg/L	-	30
Propanol, mg/L	-	12
Etanol,	-	14
Glicerina, mg/L	-	90
Tolueno, mg/L	-	15
Acido acético (CH <sub>3</sub> COOH), mg/L	-	25
Dietil-hexano (C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> ), mg/L	-	6
Oxido de aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), mg/L	-	0

### 3.5.5 NORMAS SOBRE CALIDAD DE LOS EFLUENTES

La Norma Cubana NC-27, 1999 estipula la calidad de los efluentes de acuerdo con las aguas receptoras.

**Tabla 3.20 Normas sobre Descargas en Aguas Superficiales de Tierra Adentro, NC27**

Parámetro	Aguas Receptoras y su Uso								
	Ríos y Presas			Area de Saturación parcial			Area de Saturación		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
pH	6.5-8.5	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 10	6 - 9	6 - 9	6 - 10
Temperatura, °C	40	40	40	40	40	50	40	40	50
Conductividad, S/m	0.14	0.20	0.35	0.15	0.20	0.40	0.15	0.20	0.40
DBO <sub>5</sub> , mg/L	30	40	60	40	60	100	30	50	100
DQO, mg/L	70	90	120	-	-	-	-	-	-
Nitrógeno total (T-N), mg/L	5	10	20	5	10	15	5	10	15
Fósforo total (T-P), mg/L	2	4	10	5	5	10	5	5	10
Aceite y grasa, mg/L	10	10	30	5	10	30	ND	10	20
Sólidos flotables	ND	ND	-	ND	ND	ND	ND	-	ND
Sólidos sedimentables, mg/L	1	2	5	1	3	5	0.5	1	5

Nota: Usos del agua: A – abasto de agua, B – regadío y C – abasto de agua para las industrias, ND-no detectable.

### 3.5.6 NORMAS SOBRE CALIDAD AMBIENTAL PARA LAS AGUAS DE PESCA

La Norma Cubana NC93-105, 1987 estipula las normas de calidad ambiental para las aguas de pesca, sean dulces o de mar, como se muestra en la Tabla 3.21.

**Tabla 3.21 Normas sobre Calidad Ambiental para las Aguas de Pesca, NC93-105**

Parámetro	Límite	
	Agua dulce	Agua de mar
pH	6.5 – 8.5	8 – 9.5
%	10 – 100	20 – 100
Salinidad, %		1 – 3.5
DBO <sub>5</sub> , mg/L	3 – 8	1 – 2
DQO <sub>Mn</sub> , mg/L	15 – 30	
OD, mg/L	2 – 5	3 – 5
Nitrógeno amoníaco (NH <sub>4</sub> -N), mg/L	1 – 3	0.03 – 0.05
Nitrógeno nitrito (NO <sub>2</sub> -N), mg/L	0.1 – 3	0.05 – 1.5
Nitrógeno nitrato (NO <sub>3</sub> -N), mg/L	10 – 80	0.01 – 0.6
mg/L	0.1 – 3	0.05 – 0.20
Sólidos en suspensión (SS), mg/L	100 – 300	100 – 300
Coliformes totales, No/100 mL	5x10 <sup>3</sup> – 5x10 <sup>4</sup>	2x10 <sup>2</sup> – 1x10 <sup>3</sup>
Coliformes fecales, No/100 mL	-	7x10 <sup>2</sup> – 1x10 <sup>3</sup>
Arsénico (As), mg/L	-	1
Cadmio (Cd), mg/L	-	0.01
Mercurio (Hg), mg/L	-	0.005
Plomo (Pb), mg/L	-	0.1
Cobalto (Co), mg/L	-	0.05

**Referencias :**

1. Muestreo y caracterización de las aguas del Río Luyanó, Informe final, Abril 16, 2001
2. Muestreo y caracterización del Río Martín Pérez, Informe final, Julio 2002
3. Control y evolución de la calidad ambiental de la Bahía de La Habana y el litoral adyacente, Enero 2000, Enero 2001 y Febrero 2002
4. Aportes contaminantes a la Bahía de La Habana y su evolución, Informe final, Agosto 2002
5. Proyecto Regional Planificación y Manejo de Bahías y Areas Costeras Fuertemente Contaminadas del Gran Caribe, Proyecto GEF/RLA/93/G41, INFORME FINAL, Octubre, 1997.
6. Ley del Medio Ambiente – 1999 – Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente
7. Legislación: una herramienta – 1999 (español)
8. CIMAB: Estudio topobatimétrico del Proyecto Emergente del Río Luyanó, Informe final, Julio 2002. (español)
9. CIMAB, Prueba de JAR TEST para la solución emergente al Río Luyanó, Informe final, Julio 2002. (español)
10. INRH: Contribución al estudio sanitario de la cuenca del Río Luyanó, Proyecto Regional GEF/RLA/93/G41, Septiembre de 1997. (español)
11. Félix C. Domínguez, Joelis Rodríguez, Cristina Díaz y Ramón Pomes: Caracterización química y de fases de los sedimentos del Río Martí Pérez, 2001.