

en un conteo diario de esta ave se pueden alcanzar números superiores a los 280,000 individuos (se estima que un 31.5% de la población mundial de esta especie pasa por este sitio anualmente). La otra especie más común en el sitio es el playero semipalmeado (*Calidris pusilla*), cuyos conteos estiman cerca de 47,000 individuos en un día (4.7% de la población mundial de esta especie pasa por este sitio anualmente). Otro playero pequeño que abunda en este sitio es el chorlo semipalmeado (*Charadrius semipalmatus*), se estima la presencia de más de 30,000 de estas aves en un solo día (lo que representa que el 20.1% de la población mundial).^{31,32}

Los conteos de aves en un solo día también sobrepasan el 1% de la población mundial del chorlo gris (*Pluvialis squatarola*), el 4.3% de la población mundial del playero aliblanco (*Catoptrophorus semipalmatus*), el 10.3% de la población norteamericana del zarapito trinador (*Numenius phaeophus*) y el 1.9% de la población mundial del agujeta piquicorta (*Limnodromus griseus*).^{33,34} Otras especies de aves playeras menos abundantes que se observan es este sitio son los ostreros americanos (*Haematopus palliatus*), los playeros rojos (*Calidris canutus*), las agujas canelas (*Limosa fedoa*), los playeros coleadores (*Actitis macularia*), los chorlos de Wilson (*Charadrius wilsonia*), los playeros areneros (*Calidris alba*), los vuelvepiedras rojizos (*Arenaria interpres*) y cerca de 14 especies más.^{35,36} Las concentraciones más grandes de aves playeras se reportan para la parte occidental del sitio, cerca de la Ciudad de Panamá³⁷ y coincide con el área de fangales desde Costa del Este hasta los fangales de Juan Díaz. Estas aves se alimentan de los invertebrados que habitan el fango y los nutrientes que se acumulan en el fango.³⁸

D.2.2.4. Mamíferos

Durante nuestro estudio sólo registramos la presencia de cuatro especies de mamíferos terrestres (Anexo I.4): una zarigueya (*Didelphis marsupialis*), un gato manglatero o mapache (*Procyon cancrivorus*), un armadillo (*Dasyus novemcinctus*) y el perezoso de dos garras (*Choloepus hoffmanni*). Ninguno de los vertebrados listados por nosotros es endémico. Ninguno tiene Rango de Distribución Global extremadamente raro, muy raro o raro a poco común (G1, G2 o G3), ni Rango de Distribución Nacional extremadamente raro, muy raro o raro a poco común (N1, N2 o N3).

Dos de estos mamíferos están protegidos por legislación nacional, el gato manglatero o mapache (*Procyon cancrivorus*) y el armadillo común (*Dasyus novemcinctus*). Uno, el perezoso

³¹ Watts, B. D. 1998. Las Aves Playeras Migratorias de la Parte Alta de la Bahía de Panamá. Center for Conservation Biology at the College of William & Mary. 16 pp.

³² Angher, G., 2003. Directorio de Áreas Importantes para Aves. Sociedad Audubon de Panamá / BirdLife / Vogelbescherming Nederland. Panamá.

³³ Watts, B. D. 1998. Las Aves Playeras Migratorias de la Parte Alta de la Bahía de Panamá. Center for Conservation Biology at the College of William & Mary. 16 pp.

³⁴ Angher, G., 2003. Directorio de Áreas Importantes para Aves. Sociedad Audubon de Panamá / BirdLife / Vogelbescherming Nederland. Panamá.

³⁵ Watts, B. D. 1998. Las Aves Playeras Migratorias de la Parte Alta de la Bahía de Panamá. Center for Conservation Biology at the College of William & Mary. 16 pp.

³⁶ <http://www.whsm.org/UpperBayofPanama/conservation.html>

³⁷ Angher, G., 2003. Directorio de Áreas Importantes para Aves. Sociedad Audubon de Panamá / BirdLife / Vogelbescherming Nederland. Panamá.

³⁸ Email enviado por Karl Kaufmann (Asesor Científico de la Sociedad Audubon de Panamá) a Ingemar Panamá el 3 de octubre de 2006 como parte de la consulta ciudadana para este estudio.

de dos dedos (*Choloepus hoffmanni*) esta bajo CITES III. Pero los cuatro están bajo la categoría de preocupación menor (LC) en la lista roja de UICN.

D.2.3. Flora y fauna acuática

En la flora y fauna acuática se incluye el bentos del río Juan Díaz, el litoral arenoso fangoso, las zonas sublitorales y las pesquerías. En estas comunidades ecológicas no se encontraron especies endémicas ni en peligro de extinción.

D.2.3.1. Litoral Arenoso Fangoso

La parte alta de la Bahía de Panamá es una de las áreas más importantes para aves playeras migratorias en las Américas. Si se toma en cuenta el movimiento total, se calcula que entre uno y dos millones de playeros pequeños pasan entre la zona de entremareas durante la migración de otoño. De estos, el más abundante es el playero occidental (*Calidris mauri*), se ha estimado que en un conteo diario de esta ave se pueden alcanzar números arriba de 280,000 individuos (se estima que un 31.5% de la población mundial de esta especie pasa por este sitio anualmente). La otra especie más común en el sitio es el playero semipalmeado (*Calidris pusilla*), cuyos conteos estiman cerca de 47,000 individuos en un día (4.7% de la población mundial de esta especie pasa por este sitio anualmente). Otro playero pequeño que abunda en este sitio es el chorlo semipalmeado (*Charadrius semipalmatus*), se estima la presencia de más de 30,000 de estas aves en un solo día (lo que representa que el 20.1% de la población mundial).^{39,40}

Los conteos de aves en un solo día también sobrepasan el 1% de la población mundial del chorlo gris (*Pluvialis squatarola*), el 4.3% de la población mundial del playero aliblanco (*Catoptrophorus semipalmatus*), el 10.3% de la población norteamericana del zarapito trinador (*Numenius phaeopus*) y el 1.9% de la población mundial del agujeta piquicorta (*Limnodromus griseus*).^{41,42} Otras especies de aves playeras menos abundantes que se observan es este sitio son los ostreros americanos (*Haematopus palliatus*), los playeros rojos (*Calidris canutus*), las agujas canelas (*Limosa fedoa*), los playeros coleadores (*Actitis macularia*), los chorlos de Wilson (*Charadrius wilsonia*), los playeros areneros (*Calidris alba*), los vuelvepiedras rojizos (*Arenaria interpres*) y cerca de 14 especies más.^{43,44} Las concentraciones más grandes de aves playeras se

³⁹ Watts, B. D. 1998. Las Aves Playeras Migratorias de la Parte Alta de la Bahía de Panamá. Center for Conservation Biology at the College of William & Mary. 16 pp.

⁴⁰ Angher, G., 2003. Directorio de Áreas Importantes para Aves. Sociedad Audubon de Panamá / BirdLife / Vogelbescherming Nederland. Panamá.

⁴¹ Watts, B. D. 1998. Las Aves Playeras Migratorias de la Parte Alta de la Bahía de Panamá. Center for Conservation Biology at the College of William & Mary. 16 pp.

⁴² Angher, G., 2003. Directorio de Áreas Importantes para Aves. Sociedad Audubon de Panamá / BirdLife / Vogelbescherming Nederland. Panamá.

⁴³ Watts, B. D. 1998. Las Aves Playeras Migratorias de la Parte Alta de la Bahía de Panamá. Center for Conservation Biology at the College of William & Mary. 16 pp.

⁴⁴ <http://www.whsm.org/UpperBayofPanama/conservation.html>

reportan para la parte occidental del sitio, cerca de la Ciudad de Panamá⁴⁵ y coincide con el área de fangales desde Costa del Este hasta los fangales de Juan Díaz.

En el área de la boca del río Juan Díaz y en áreas más alejadas de la costa se hicieron dragados para muestreo de macroinvertebrados bentónicos. La localización de las estaciones se muestra en el Anexo 1-Metodología.

En las dos estaciones (1 y 2) de la zona litoral se encontraron pocas taxas de organismos y los Índices de Diversidad y Riqueza fueron bajos (ver detalles en la siguiente tabla):

Tabla D.1. Diversidad y Riqueza del Bentos Litoral

Estación	1-A	1-B	2-A	2-B
ANNELIDA				
Arenicolidae	9	6	3	2
Nephtyidae	8	7	1	1
Maldanidae		1	1	
Psionidae			1	
Ctenodrilidae			1	
MOLLUSCA				
Aglajidae			4	
Littorinidae				1
Natacidae				1
Índice de Diversidad	0.12	0.21	0.55	0.80
Índice de Riqueza	0.77	1.85	4.96	3.30

Fuente: Este estudio

D.2.3.2. Zona sublitoral

La zona sublitoral en la bahía de Panamá ha sido ampliamente estudiada por diversos investigadores y se han reportado 113 especies de peces y 56 especies de macroinvertebrados para la zona de la Bahía de Panamá⁴⁶. En el Inventario Biológico del Canal de Panamá, Garcés (1994) se reportan 117 especies o taxas de organismos bentónicos y los grupos dominantes fueron Polychaeta, Crustacea, Sipuncurta, Nemertina y Mollusca⁴⁷.

El estudio de CESOC (1998)⁴⁸ entre los meses de marzo, abril y mayo de 1976 indica que fueron colectados un total de 92 especies de peces óseos y 45 especies de invertebrados en aguas abiertas en la Bahía de Panamá, en 17 estaciones ubicadas en el área comprendida entre la isla Flamenco y la estatua Morelos.

⁴⁵ Angher, G., 2003. Directorio de Áreas Importantes para Aves. Sociedad Audubon de Panamá / BirdLife / Vogelbescherming Nederland. Panamá.

⁴⁶ Martínez V., V.; Martínez, J. A. y Villaláz G., J. 1994. Los Peces y Macroinvertebrados. En: D'Croz, L, Martínez V, V, y Arosemena G., G, 1994. Inventario Biológico del Canal de Panamá. Scientia Vol. 8 No. 2, Pág. 127-144.

⁴⁷ Garcés, H., 1994. Bentos Marino. En: D'Croz, L, Martínez V, V, y Arosemena G., G, 1994. Inventario Biológico del Canal de Panamá. Scientia Vol. 8 No. 2.

⁴⁸ Consorcio Encibra, S.A./Stanley Consultants, inc./Onmiconsult, S.A./Cep Internacional, Inc. (CESOC). 2000 Ministerio de Economía y Finanzas. Plan Maestro y Estudio de Factibilidad para el Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá.

Según el Estudio de CESOC (1998) la correlación de la distribución de los peces, con los parámetros de contaminación puede mostrar patrones que indican la presencia de contaminantes y así servir como indicadores. La estación más separada de la costa, recibe menos influencia de los contaminantes provenientes de las aguas continentales, y por tanto presenta una mayor abundancia y peso total de peces capturados que en las otras estaciones.

Martínez y sus colaboradores (1994) concluyen que la máxima abundancia y diversidad de especies de peces marinos sublitorales se relacionó con la proximidad de áreas estuarinas y de bosques de mangle, los cuales son fuentes de desove y apareamiento de muchas especies de peces e invertebrados.

En el estudio de CESOC (1998) la abundancia de los invertebrados en áreas cercanas a la Estatua de Morelos fue grande para las especies de camarón blanco y tití.

Por otro lado, en la bahía de Panamá, los análisis de pesticidas organoclorados no revelan contaminación. Análisis de B-BHC, Lindano, Heptaclor, Aldrín y Mirex resultaron no detectables. La acumulación más alta de pesticidas en sedimentos de la bahía de Panamá se localizó frente a un vertedero de basura, actualmente fuera de servicio, en la desembocadura del río Juan Díaz⁴⁹.

Algunos síntomas de eutroficación son evidentes en la bahía de Panamá, tales como bajos valores de OD y baja diversidad de fauna bentónica. El fósforo se encuentra en el rango de 0,20 a 0,32mg/l, con valores menores a 0,06mg/l para algunas áreas. La concentración de clorofila "a" está en el rango de 2,64 a 3,14mg/m³. Como consecuencia de este enriquecimiento de nutrientes se registran valores hasta de 30mg/m³ de clorofila "a" durante la estación de seca (D'Croze, 1987). En la sección de calidad de agua se hace un análisis de agua en el río Juan Díaz.

Para este informe se realizó un estudio de macroinvertebrados bentónicos y en las dos estaciones en la zona sublitoral al Sur de la planta de tratamiento (3 y 4) se encontraron pocas taxas de organismos, algunas coincidentes con las encontradas en la zona litoral; además, los Índices de Diversidad y Riqueza también fueron bajos, aunque mayores que los encontrados en la zona litoral (ver detalles en la siguiente Tabla:)

Tabla D.2. Diversidad y Riqueza del Bentos Sublitoral

Estación	3-A	3-B	4-A	4-B
ANNELIDA				
Arenicolidae	3		4	2
Nephtyidae	3	8	8	3
Maldanidae	1	1		
Psionidae			2	
Poliodontidae	1			
Arabelidae		1		
Cappitellidae			1	
Sternaspidae			2	
MOLLUSCA				

⁴⁹ PNUMA, 1999. Diagnóstico Regional sobre las Actividades y Fuentes Terrestres de Contaminación que Afectan los Ambientes Marinos, Costeros y Dulceacuícolas Asociados en el Pacífico Sudeste. PNUMA/PAM Oficina de Coordinación y CPPS.

Estación	3-A	3-B	4-A	4-B
Aglajidae	1			
Potamidae			1	
Columbellide			1	1
Bucinidae			1	
Coopperellidae				1
CRUSTACEA				
Penaidae	1			
Dajidae			1	
Índice de Diversidad	0.60	0.30	0.43	0.57
Índice de Riqueza	5.00	2.00	7.68	3.15

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental Categoría III, del Proyecto Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá. Provincia de Panamá. Elaborado por Ingemar Panamá para el Ministerio de Salud

Los índices de diversidad y riqueza de este estudio son pequeños y similares a los encontrados en dos puntos ubicados al suroeste en el Estudio de Impacto Ambiental, Categoría III del Dragado y Disposición del Material Dragado del Puerto de Contenedores de Balboa, Fase 3 (2001)⁵⁰, donde se registraron Índices de Diversidad (H) de 0.53 y de riqueza (d_1) de 1.87 para la Estación 1 como promedio de los dos muestreos en el sitio y para la Estación 2 H= 0.40 y d_1 = 2.91.

D.2.3.3. Río Juan Díaz

En el área del río Juan Díaz se hicieron arrastres para muestreo de macroinvertebrados bentónicos y calidad de agua en cuatro estaciones. La localización se muestra en el Anexo 1- Metodología.

D.2.3.4. Peces e invertebrados acuáticos

El área del proyecto en la bahía de Panamá ha sido ampliamente estudiada por diversos investigadores y se han reportado 113 especies de peces y 56 especies de macroinvertebrados para la zona de la Bahía de Panamá⁵¹ En el Inventario Biológico del Canal de Panamá, Garcés (1994)⁵² reporta 117 especies o taxas de organismos bentónicos y los grupos dominantes fueron Polychaeta, Crustacea, Sipuncurta, Nemertina y Mollusca.

La fauna acuática existente está constituida principalmente por la ictiofauna, compuesta por peces marinos y de agua dulce; y por los macroinvertebrados, representados por los moluscos, los crustáceos y los insectos acuáticos.

⁵⁰ Ingemar Panamá/Aquambiente, 2003. Plan de Trabajo para el Monitoreo Ambiental de la Disposición del Material de Dragado del Puerto de Balboa, Fase 3. Elaborado para Hong Kong Dredging Corporation y Panama Ports Company.

⁵¹ Martínez, V., J. Martínez & J. Villalaz. 1994. Los Peces y Macroinvertebrados. Scientia. Vol. 8, n°.2, 127-144.

⁵² Garcés, H., 1994. Bentos Marino. En: D' Croz, L, Martínez V, V, y Arosemena G., G, 1994. Inventario Biológico del Canal de Panamá. Scientia Vol. 8 No. 2.

D.2.3.4.1. *Invertebrados (anélidos)*

En este estudio, el punto JD-1 se muestra los nemátodos como los más abundantes, los cuales son parásitos de vida libre que se encuentran por la gran influencia de las aguas servidas y desechos que van directamente al río.

Los poliquetos son el grupo más abundante habitando en medios arenosos, arenoso-fangoso, rocoso y otros, hasta en algunos medios contaminados⁵³. Entre los poliquetos encontrados podemos mencionar que se encuentran Capitellidae como el poliqueto más predominante en el punto JD-5, seguido por Ctenodrillidae, Nereidae. Estas familias también son consideradas como indicadores de contaminación por materia orgánica. Además pueden alcanzar grandes densidades de sitios afectados y son colonizadoras u oportunistas por excelencia⁵⁴.

D.2.3.4.2. *Moluscos*

Los moluscos se encuentran entre los invertebrados mejor conocidos por el hombre, con una amplia capacidad para colonizar diversos tipos de sedimentos, se encuentran con facilidad en los fondos con gran cantidad de materia orgánica⁵⁵.

En este estudio se reporta a *Natica* sp. y Pyramidellidae, siendo la *Natica* sp. La especie más representativa en los puntos JD-4 y JD-5, está asociada a sedimento muy fino. Gómez y colaboradores señalan que podemos encontrar especies similares en fondos con sedimentos muy finos y muchas veces gran cantidad de materia orgánica⁵⁶.

D.2.3.4.3. *Crustáceos*

Ocho especies de camarones peneidos se encuentran en los manglares y estuarios durante su vida juvenil, de estos camarones tres especies que se conocen como camarones blancos (*Penaeus occidentales*, *P. stylirostris* y *P. vannamei*) son las más abundantes. Otras especies de camarones peneidos han sido observadas en los manglares: el camarón café (*Penaeus californiensis*), el camarón rojo (*P. brevisrostris*), el camarón caribali (*Trachipenaeus byrdi* y *T. Faoea*) y dos especies de camaroncillo o tití (*Xiphopenaeus riveti* y *Protrachipene precipua*) se encontraron asociadas a las aguas marinas frente a estos manglares⁵⁷.

Durante este estudio se logró identificar a *Penaeus* sp, este se localizo en los puntos JD-2 y JD-3, en donde la influencia de las aguas marinas entra durante las mareas.

Candanedo y D'Croz (1983) señalan que se encuentran algunas especies marinas hacia zonas riverinas esto de forma ocasional. Sin embargo, estos organismos no se constituyen en una

⁵³ Crema, R & A.M. Bonvicini-Pagliai. 1980. The structure of bentic communities in an area of thermal discharge from a costal power station. Mar. Poll. Bull. 11: 221-224.

⁵⁴ Salazar-Vallejo, S. Leon-González, A & H. Salaices- Polanco. 1988. Poliquetos de Mexico. U.B. C. S. Libros Universitarios. pp. 212.

⁵⁵ Margalef, R. 1992. Ecolgia. 3ra Edición. Editorial Planeta. S. A. Pp. 225.

⁵⁶ Gómez, J.A. Villalaz, J. & I. Liñeros. 2000. Estudio de Impacto Ambiental. Dragado del Muelle de Rodman. ANAM. pp. 56.

⁵⁷ D'Croz, L. 1982. Guía taxonomica y Morfológica para los Crustáceos Decapos Panameños. Escuela de Biología y Centro de Cencias del Mar y Limnología. Facultad de Ciencias Naturales y Farmacia. Univ. Pmá. pp.55.

población importante en las comunidades locales, más simplemente lo hacen para completar una parte de su ciclo de vida.⁵⁸

D.2.3.4.4. *Insectos acuáticos*

Entre los ordenes que aportan la mayor contribución de la fauna de insectos acuáticos están los Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Neuroptera y Tricoptera los cuales poseen una o más formas inmaduras que se desarrollan en el agua; en tanto que Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Ortoptera, Lepidoptera y Heminoptera son semi- acuáticos⁵⁹.

Algunos investigadores, como Adames (1980)⁶⁰, Amores (1983)⁶¹, Medianero y Samaniego (2004),⁶² realizaron estudios en Panamá sobre las comunidades de insectos acuáticos asociadas a condiciones de contaminación sobre el Río Curundú.

Durante los trabajos de campo se capturaron 21 ejemplares de cinco órdenes distintos, de los cuales la familia Elmidae del orden Coleoptera son los más representativos, con siete especímenes. Rodríguez y Bonilla (1999)⁶³ atribuyen a que Coleoptera es un grupo representativo y se encuentra adherido a piedras, en aguas tanto lentas como rápidas o en remansos en donde pueda completar su ciclo de vida. Otras familias representativas lo son Chironomidae y Tricorythidae. Medianero y Samaniego (2004) señalan que estas especies se encuentran asociadas a DBO por encima de los 62.5mg/L y con gran influencia de salinidad es decir, típicas de las desembocaduras de los ríos,

Medellín *et al.* (2004)⁶⁴ establecen que estos insectos acuáticos presentes en estos ordenes pueden considerarse como grupos indicadores de la calidad del agua.

D.2.3.4.5. *Peces*

Durante la colecta realizada, el único pez capturado es *Priapichtys darienensis* en los puntos JD-2 Y JD-3, cabe señalar que esta especie se caracteriza por habitar en arroyos, riachuelos o ríos con poca velocidad y a veces en esteros salobres. Se encuentra a una altura no mayor de los 15 m, viviendo en cardúmenes y alimentándose de insectos. Su tamaño máximo es de 35 mm⁶⁵.

⁵⁸ Candanedo, C & L. D'Cross. 1983. Ecosistemas acuáticos del Lago Bayano: Un Embalse Tropical. Publicación Técnica. IRHE. pp. 38.

⁵⁹ Rodríguez, V. E. & E. Bonilla. 1999. Estudio Taxonómico de la Comunidad de Insectos Acuáticos en los Corrales, Distrito Cabecera de San Francisco, Provincia de Veraguas, República de Panamá. Scientia. Vol. 14(2): 65-77.

⁶⁰ Adames, A. 1980. Evaluación del Proyecto Changuinola. Informe Final. 215 pp.

⁶¹ Amores, R. 1983. Insectos Acuáticos del Estudio de Impacto Ambiental del Área de Influencia del Oleoducto Transistmico Chiriquí-Bocas del Toro. Informe Final. Limnología 2. Pag., 570-573.

⁶² Medianero, E. & M. Samaniego. 2004. Comunidad de insectos acuáticos asociados a condiciones de contaminación en el Río Curundú. Folia Entomol. México. 43(3): 279-294.

⁶³ Rodríguez, V. E. & E. Bonilla. 1999. Estudio Taxonómico de la Comunidad de Insectos Acuáticos en los Corrales, Distrito Cabecera de San Francisco, Provincia de Veraguas, República de Panamá. Scientia. Vol. 14(2): 65-77.

⁶⁴ Medellín, F., Ramírez, M. & M.E.Rincón. 2004. Tricopteras del Santuario de Iguaque (Boyacá, Colombia) y su relación con la Calidad del Agua. Rev. Col. Entomol. 30(2): 197-203.

⁶⁵ Bussing, W A. 1998. Peces de las Aguas Continentales de Costa Rica. 2da Edición. Editorial de la Universidad e costa Rica Rodrigo Facio. pp. 468.

Tabla D.3. Tasas de invertebrados acuáticos y peces colectados en las diferentes puntos colectados

Taxa	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	TOTAL
<i>Nematodos</i>	15	2	-	-	-	17
<i>Capitellidae</i>	-	-	-	2	7	9
<i>Ctenodrillidae</i>	-	-	-	1	-	1
<i>Nereidae</i>	-	-	-	1	3	4
<i>Natica sp</i>	-	-	-	2	2	4
<i>Piramidellidae</i>	-	-	-	1	1	2
<i>Penaeus sp.</i>	-	1	2	-	1	4
<i>Elmidae</i>	1	4	2	-	-	7
<i>Chirnoomidae</i>	1	4	1	-	-	6
<i>Tricorythidae</i>	2	1	1	-	-	4
<i>Veliidae</i>	1	-	-	-	-	1
<i>Libelulludidae</i>	-	3	-	-	-	3
<i>Priapichtys darienensis</i>	-	28	42	-	-	70

Fuente: Este estudio

D.2.3.4.6. Diversidad

En este trabajo se capturaron un total de 134 organismos de los cuales el punto JD-2 y JD-3 fueron los más abundantes. La riqueza de especies (S) fue mayor en el punto JD-2, mientras que en los otros puntos resulto ser similar.

Los valores de diversidad (H') de especies presentaron un máximo de 0.76 bits.ind-1 en el punto cuatro y la menor de 0.17 bits.ind-1 para punto tres. Los bajos índices de diversidad se deben a una especie dominante, que ejerce presión sobre las otras.

La especie de *Piapiichtys darienensis*, que pertenece a los poecelidos o conocidos como parivivos, son los mas exitosos; estos fueron capturados en los puntos dos y tres.

Los nemátodos, que son encontrados con mayor abundancia, en el punto uno, son producto de la gran cantidad de material de desecho proveniente de las aguas servidas.

La riqueza de especies y la diversidad es baja esto puede deberse a las condiciones naturales de los ríos más el aporte que producen la gran cantidad de aguas servidas y las industrias cercanas (Medianero y Samanigo, 2004).

Tabla D.4. Índices de diversidad Riqueza de Especies (S) y Shannon-Weaner (H') en las diferentes quebradas

Índices	Punto JD-1	Punto JD-2	Punto JD-3	Punto JD-4	Punto JD-5
Riqueza de especie (S)	5	7	5	5	5
Shannon-Weaner (H')	0.21	0.33	0.17	0.76	0.46

Fuente: este estudio

Gomez *et al.* (2000) señala que muchas veces los índices de diversidad bajos se deben a perturbaciones y contaminaciones producidas por el hombre con altos grados de deterioro y el río Juan Díaz muestra altos niveles de contaminación (Sección 0).

D.2.3.5. Pesquerías

Durante la giras de muestreo de corrientes de este proyecto y las colectas de sedimento tuvimos la oportunidad de observar gran número de embarcaciones pesqueras faenando en el área cercana a la boca del río Juan Díaz, que incluían principalmente camaroneros y pescadores artesanales con trasmallos para pesca de camarón y peces pequeños. Cabe resaltar que las actividades de pesca de arrastre están prohibidas en la zona litoral.

La corvina fue la especie más capturada en término de peso total, tanto en el año de 1995 (114.710Kg) como en 1996 (229.419Kg), teniendo en un año apenas el aumento en cerca de 100% en el peso capturado. Otras tres especies tuvieron también bastante importancia económica. Son ellas: Cojinúa, Sierra y Pargo. Entre tanto cada especie no sobrepasó los 50.000Kg de peso total en cada año (CESOC, 1998).

Además de los peces, los crustáceos y los moluscos son importantes en la pesca artesanal de la región. Los camarones fueron los más representativos con 48.447Kg (1995) y 96.895Kg (1996), eso representando un aumento de más de 100% en las capturas entre los dos años (CESOC, 1998).

Ocho especies de camarones peneidos se encuentran en los manglares y estuarios durante su vida juvenil, de estos camarones tres especies que se conocen como camarones blancos (*Penaeus occidentales*, *P. stylirostris* y *P. vannamei*) son las más abundantes⁶⁶. Otras especies de camarones peneidos han sido observadas en los manglares: el camarón café (*Penaeus californiensis*), el camarón rojo (*P. brevisrostris*), el camarón caribalí (*Trachipenaeus byrdi* y *T. Faoea*) y dos especies de camaroncillo o titi (*Xiphopeneaus riveti* y *Protrachipene precipua*) se encontraron asociadas a las aguas marinas frente a estos manglares⁶⁷.

La interdependencia entre los recursos pesqueros y los manglares se refleja en el hecho de que de las nueve a diez especies de camarones que conforman la pesquería del camarón en el Pacífico de Panamá, seis especies necesitan de los estuarios y manglares durante sus etapas juveniles. La pesca de camarones en el Pacífico de Panamá representa la actividad más importante dentro de las pesquerías; generalmente, los beneficios económicos derivados están entre 60 y 70 millones de Balboas/año y cerca de 5,000 personas tienen sus sustentos a partir de esta actividad. Es importante destacar que las estimaciones pesqueras de que cada kilómetro de costa bordeada por manglares en la bahía de Panamá representaba beneficios pesqueros del orden de los 100,000 Balboas/año (PNUMA, 1999).

⁶⁶ D'Croz, L., Martínez, J. Y Del Rosario, J., 1976. Estudio ecológico sobre poblaciones de camarones Peneidos juveniles en los estuarios del golfo de Panamá. II Simposio Latinoamericano de Oceanografía Biológica. San Salvador, El Salvador. A -5 noviembre, 1976.

⁶⁷ D'Croz, L. y Kwiecinski, B., 1980. Contribución de los manglares a las pesquerías de la Bahía de Panamá. Revista de Biología Tropical, 28(1), Pág. 13-29.

D.3. Medio físico

D.3.1. Clima

Según la clasificación de Koppen, el clima del área del proyecto es *Tropical de Sabana*, con una estación seca que empieza en enero y finaliza en abril y una estación lluviosa que se inicia en mayo y finaliza en diciembre. La temperatura media del mes más fresco es mayor a 18°C y existe poca variación de temperatura a lo largo del año, siendo la diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y el mes más fresco inferior a los 5°C⁶⁸.

En Panamá, el clima está definido por la migración anual de la *Zona de Convergencia Intertropical (ZCI)*, la cual divide los vientos alisios del sureste y del noreste de los hemisferios Sur y Norte, respectivamente. La Zona de Convergencia Intertropical se caracteriza por una banda nubosa debido a la convergencia de las corrientes opuestas de aire, la cual genera mayor cantidad de lluvia, o sea en la estación lluviosa. Durante la ausencia de la banda nubosa, la cantidad de lluvia disminuye, produciéndose una pronunciada estación seca en la costa del Pacífico y una ligera estación seca en la costa Atlántica y en la región central y occidental de Panamá.

Una de las causas de lluvias en Panamá la constituyen las tormentas que se forman en las costas del Pacífico de Colombia, donde las masas de aire caliente que suben por la costa del Pacífico desde Colombia hacia Panamá, concentran una gran cantidad de humedad sobre la cordillera. Esta concentración de humedad produce las tormentas que se dan en la costa del Pacífico panameño.⁶⁹ En el Anexo I.5 se presentan los datos climáticos de la Estación Meteorológica de Tocumen, que es la más cercana al proyecto.

D.3.1.1. Precipitaciones

La precipitación en el área de estudio es generalmente son convectiva y orográfica. Las corrientes marinas con altas temperaturas favorecen el calentamiento y la evaporación. A medida que el aire cargado de humedad se desplaza hacia la tierra, las masas de aire tropiezan con las barreras montañosas dando origen a precipitaciones con valores de hasta 3,200 mm/año. En la mayoría de las cuencas del área de estudio la precipitación media anual tiene valores comprendidos entre los 2,000 mm/año en su parte baja y hasta 3,200 mm/año en su parte alta.

El mes con más baja precipitación es febrero, con una precipitación promedio de 16.2 mm y el más lluvioso es octubre con 610.1 mm, lo cual representa una diferencia significativa entre las precipitaciones del mes más seco y el más lluvioso. Como referencia de las precipitaciones registradas en estas cuencas, el siguiente cuadro presenta la distribución mensual de lluvia para tres estaciones dentro del área de estudio.

⁶⁸ Atlas Nacional de Panamá. Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia. 1988.

⁶⁹ Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación, IRHE.

Tabla D.5. Distribución mensual de las lluvias en las estaciones Cerro Azul, Las Cumbres y Tocumen

Mes	Precipitación media mensual (mm) Periodo: 1971-1995		
	Cerro Azul	Las Cumbres	Tocumen
Enero	34.3	26.6	27.0
Febrero	16.2	7.3	10.3
Marzo	19.8	10.3	12.8
Abril	147.4	124.5	64.5
Mayo	421.6	249.6	223.1
Junio	362.2	260.3	241.2
Julio	338.8	258.2	167.5
Agosto	356.2	266.9	241.9
Septiembre	499.0	292.1	245.0
Octubre	610.1	331.5	348.4
Noviembre	335.6	236.1	240.4
Diciembre	128.0	103.6	85.1
Total Anual	3270	2164.3	1831

Fuente: Departamento de Hidrometeorología del antiguo IRHE

D.3.1.2. Temperatura

La temperatura en el área de estudio se caracteriza por la poca variación estacional con una diferencia promedio de 2°C. Como ilustración, se muestra en la siguiente tabla.

Tabla D.6. Temperaturas registradas en la Estación Tocumen para el periodo 1991-1993

T °C	Enc	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Annual
Prom.	26.2	26.6	27.2	27.6	27.2	26.9	26.7	26.6	26.3	26.1	26.3	26.3	26.7
Min	20.8	20.9	21.5	22.2	23.2	23.2	22.8	22.6	22.8	22.6	22.5	21.3	22.2
Max	31.8	32.4	33.0	32.9	31.3	30.5	30.7	30.6	30.0	29.7	30.2	31.3	31.2

Fuente: Departamento de Hidrometeorología del antiguo IRHE

Según la tabla anterior, la temperatura promedio mensual máxima es de 27.6°C en el mes de abril, mientras que la mensual mínima se da en el mes de octubre siendo de 26.1°C en la estación referida, lo que da como resultado una variación de 1.5°C.

D.3.1.3. Humedad Relativa

Los valores de humedad relativa son elevados en la región, con un promedio anual de 78.3% y valores máximo y mínimo de 91% y 71.6% respectivamente. El mes con mayor humedad relativa es octubre con un máximo de 91%.

D.3.1.4. Velocidad y dirección del viento

El régimen de vientos en el Golfo de Panamá está fuertemente influenciado por la ZCIT, donde convergen los viento alisios de NE, que provienen del hemisferio Norte, y de SE, provenientes del hemisferio sur.

Utilizamos los registros de viento de la Estación Metereológica de Tocumen (Anexo I.5) para la caracterización de los vientos en la zona de influencia del proyecto, por ser la estación más cercana, que se encuentra a unos 2 km del sitio donde ubicará la planta de tratamiento.

Utilizando estos datos calculamos los promedios por octante (ocho direcciones de la rosa de los vientos) y su porcentaje de ocurrencia anual y para las temporadas seca y lluviosa. Además, registramos las velocidades máximas registradas en esos 10 años, y la fecha en que se registró dicho máximo. Como los vientos se miden en m/s, convertimos esta velocidad a km/h para que toda persona pueda tener una idea más clara de la intensidad. Finalmente, usando el porcentaje de ocurrencia anual, calculamos la cantidad de días al año en que sopla cada octante. Cabe resaltar que para interpretar esta información, se debe considerar que la dirección mencionada como octante, es la dirección de donde procede el viento, por lo que soplaría en la dirección opuesta (180°). Por ejemplo, el viento del Norte sopla en dirección Sur, mientras que el del Sureste se dirige hacia el Noroeste.

Las Figuras 23 a 25 muestran las direcciones y velocidades máximas de los vientos, por octante de observación, para las temporadas seca, lluviosa y el promedio anual, respectivamente. La selección de los meses que componen una temporada se basó en dos factores: Primero, en el hecho que la temporada seca se extiende de mediados de diciembre a mediados de abril. Segundo, para definir si los meses de abril, mayo o diciembre pertenecían a la temporada seca, nos basamos en el porcentaje de ocurrencia de los vientos alisios, o sea, provenientes de las direcciones Norte, Noreste y Noroeste vs. los vientos sureños. Si los vientos alisios registraban más del 50% de ocurrencia, se consideraban como parte de la temporada seca. A continuación presentamos los promedios y máximos, por octante, durante las temporadas seca, lluviosa, y promedios anuales, y analizamos los datos:

Tabla D.7. Promedios y máximos de viento, y porcentaje de ocurrencia por cuadrante, para la temporada seca

Dirección	Velocidad Promedio		% de ocurrencia	Vel. Max. Prom.		Fecha
	(m/s)	(km/h)		(m/s)	(km/h)	
N	1.9	6.8	17	3.0	10.8	Mar-98
NE	2.8	10.1	27	3.5	12.6	Feb-00
E	2.6	9.4	5	4.8	17.3	Feb-04
SE	1.8	6.5	3	2.9	10.4	Feb-04
S	1.9	6.8	4	3.4	12.2	Feb-01
SO	1.8	6.5	5	2.8	10.1	Feb-05
O	1.3	4.7	8	2.5	9.0	Feb-92
NO	1.8	6.5	19	2.7	9.7	Mar-98
C	0.0	0.0	12	0.0	0.0	
			100			

Fuente: Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. Gerencia de Hidrometeorología y Estudios. Velocidades medias del viento 10 m (m/s) y porcentaje de ocurrencia. Estación Meteorológica de Tocumen (144002). Años: 1996-2005

En los últimos 10 años, durante la temporada seca, los vientos procedentes de direcciones Norte, Noreste y Noroeste (hacia el mar) suman un 63% de ocurrencia, lo que muestra un claro predominio de vientos alisios durante la temporada seca; mientras que los vientos procedentes de la Bahía de Panamá hacia las zonas urbanas de Juan Díaz ocurrieron en un 12% de la temporada. Por su parte, los vientos provenientes del Oeste (hacia el Embarcadero de Juan Díaz) ocurrieron un 8% de la temporada; mientras que los provenientes del Este (hacia Costa del Este) ocurrieron en un 5% de la temporada, siendo los de menor ocurrencia. La situación sin viento registró un 12% de ocurrencia durante la temporada seca.

Las velocidades promedios para la temporada seca variaron por octante. Los vientos provenientes del Oeste registraron la menor velocidad promedio de los últimos 10 años para la

temporada seca (1.3 m/s); mientras que las mayores velocidades promedio fueron registradas para los vientos provenientes del Noreste (2.8 m/s). A pesar que el viento proveniente del Este registró una velocidad promedio de 2.6 m/s para la temporada seca, este resultado es producto de una velocidad máxima muy superior al resto de los máximos registrados, para todos los cuadrantes, durante los 10 años de registro utilizados, lo que denota un evento de fuertes vientos registrado en muy pocas ocasiones, por lo que el promedio debería ser mucho menor.

Tabla D.8. Promedios y máximos de viento, y porcentaje de ocurrencia por cuadrante, para la temporada lluviosa

Dirección	Velocidad Promedio		% de ocurrencia	Vel. Max. Prom.		Fecha
	(m/s)	(km/h)		(m/s)	(km/h)	
N	1.4	5.0	12	2.4	8.6	Abr-03
NE	1.8	6.5	11	2.8	10.1	May-97
E	1.8	6.5	6	2.9	10.4	Nov-04
SE	1.9	6.8	10	3.6	13.0	Dic-05
S	1.9	6.8	8	2.9	10.4	Abr-03
SO	2.0	7.2	9	2.8	10.1	Oct-05
O	1.4	5.0	9	2.0	7.2	Sep-05
NO	1.7	6.1	17	2.6	9.4	Abr-97
C	0.0	0.0	19	0.0	0.0	
			100			

Fuente: Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. Gerencia de Hidrometeorología y Estudios. Velocidades medias del viento 10 m (m/s) y porcentaje de ocurrencia. Estación Meteorológica de Tocumen (144002). Años: 1996-2005

En los últimos 10 años, durante la temporada lluviosa también se observa un predominio de vientos alizos (hacia el mar) (39% de la temporada), pero en menor proporción, sobre los vientos sureños (27% de la temporada) (hacia las zonas urbanas del Corregimiento de Juan Díaz). Por su parte, los vientos provenientes del Oeste (hacia el Embarcadero de Juan Díaz) fueron los de menor ocurrencia, con un 5% de la temporada; mientras que los provenientes del Este (hacia Costa del Este) ocurrieron en un 6.5% de la temporada. La situación sin viento registró un 19% de ocurrencia durante la temporada seca.

Las velocidades promedios para la temporada lluviosa también variaron por octante. Los vientos provenientes del Norte y el Oeste registraron la menor velocidad promedio de los últimos 10 años para la temporada lluviosa (1.4 m/s para ambos octantes); mientras que las mayores velocidades promedio fueron registradas para los vientos provenientes del Noreste (2.0 m/s).

Tabla D.9. Promedios y máximos de viento, y porcentaje de ocurrencia por cuadrante, anuales

Dirección	Velocidad Promedio		% de ocurrencia	Vel. Max. Prom.		Fecha	Días al año
	(m/s)	(km/h)		(m/s)	(km/h)		
N	1.7	5.9	14	3.0	10.8	Mar-98	51
NE	2.3	8.3	17	3.5	12.6	Feb-00	62
E	2.2	7.9	6	4.8	17.3	Feb-04	22
SE	1.9	6.7	6	3.6	13.0	Dic-05	22
S	1.9	6.8	6	3.4	12.2	Feb-01	22
SO	1.9	6.8	8	2.8	10.1	Oct-05	29
O	1.4	4.9	9	2.5	9.0	Feb-92	33
NO	1.8	6.3	18	2.7	9.7	Mar-98	66
C	0.0	0.0	16	0.0	0.0		58
			100				365

Fuente: Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. Gerencia de Hidrometeorología y Estudios. Velocidades medias del viento 10 m (m/s) y porcentaje de ocurrencia. Estación Meteorológica de Tocumen (144002). Años: 1996-2005

En los últimos 10 años, los promedios anuales, de ambas estaciones combinadas indican un predominio de vientos alizos (hacia el mar), ocurriendo un total combinado de 179 días al año, (49%), sobre los vientos sureños, que ocurren 73 días al año (20%) (hacia las zonas urbanas del Corregimiento de Juan Díaz). Por su parte, los vientos provenientes del Oeste (hacia el Embarcadero de Juan Díaz) ocurrieron 33 días al año (9%); mientras que los provenientes del Este (hacia Costa del Este) ocurrieron un promedio de 22 días al año (5%), siendo los de menor ocurrencia. La situación sin viento registró 58 días al año (12%).

Las velocidades promedios anuales fueron muy similares por octante, con rangos de 1.4 m/s, provenientes del Oeste, y 2.3 m/s provenientes del Norte.

D.3.1.5. Zonas de vida

El polígono de desarrollo se encuentra en la zona de vida **Bosque Húmedo Premontano (bh-P)**, que se extiende del Casco Viejo hasta más allá de Pacora, si consideramos una línea central media, limitando al Norte con la avenida José Domingo Díaz, al Sur con un arco que se inicia antes de la desembocadura del río Tapia y finaliza en la desembocadura del río Hondo. Este bosque se encuentra en transición a cálido⁷⁰.

D.3.2. Geología⁷¹

El polígono de desarrollo del proyecto está conformada por la *Formación Panamá*, dominando los depósitos aluviales y pantanosos de origen fluvial y marinos, respectivamente⁷².

La *Formación Panamá* es producto de un período de intensa actividad volcánica con producción de aglomerados y coladas lávicas andesíticas; en este período el Istmo era en realidad un arco de islas en evolución y las formaciones marinas asociadas están muy bien representadas en el área de la ciudad. Estas formaciones sedimentarias están contaminadas con las cenizas volcánicas y el material piroclástico del volcanismo contemporáneo a ellas. El mioceno correspondiente a estos terrenos pareció mas bien marino, y así tenemos que los levantamientos de estos terrenos en el plioceno determinaron que se completara la formación del Istmo de Panamá.⁷³

La Formación Panamá consiste en areniscas tobáceas, lutita tobáceas, lutitas arenosa, calicea algacea y foraminífera, abarcando una superficie que va desde las riberas del lago Miraflores primeramente en aglomerados y tobas que se extienden desde el lago de Miraflores hasta la ciudad de Panamá y hacia el noreste a través de la división continental hasta Chilibre y proximidades del lago Alajuela y hacia el este en el área de la costa pacífica hasta la desembocadura del Matías Hernández. Entre los corregimientos asentados en esta geología,

⁷⁰ Tosi, 1971, en Holdridge, 1970.

⁷¹ CESOC 2000 Ministerio de Economía y Finanzas. Plan Maestro y Estudio de Factibilidad para el Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá.

⁷² Mapa geológico 1:500.000 de la DGRM.

⁷³ CESOC 2000 Ministerio de Economía y Finanzas. Plan Maestro y Estudio de Factibilidad para el Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá.

podemos mencionar Calidonia, Bella Vista, Bethania, Pueblo Nuevo, Río Abajo, Parque Lefevre, Pedregal y parte de Juan Díaz, así como los del Distrito de San Miguelito.

D.3.3. Geomorfología

Con relación a los depósitos del Período Cuaternario de la Época Reciente (hace aproximadamente 10,000 años), el mar realizó una serie de entradas y salidas a las tierras que conforman el litoral, esto lo evidencian los depósitos cuaternarios del área, así como por la presencia de formación pantanosa entre los cerros en el área del canal, y los depósitos aluviales anegadizos.

Las capas sedimentarias del terciario oligoceno – mioceno, en la Bahía de Panamá, se extienden hacia la plataforma continental. De Boca La Caja hacia el Oeste, los sedimentos terciarios son cubiertos por el aglomerado de la *Formación Panamá*; desapareciendo en la entrada del canal, donde aflora la Formación La Boca.

Ahora bien, desde la desembocadura del río Tapia hacia el Este, el aluvión cuaternario cubre los sedimentos terciarios. La masa de aglomerado que aflora en la mayor parte de la Bahía (desde las Bóvedas hasta más allá de Panamá La Vieja) está cubierta por un limo orgánico arenoso de consistencia blanda y muy alta plasticidad. Este limo orgánico se conoce como lama y es de color gris. Esta capa de Lama tiene un espesor aproximado de 1 m a 10 m.

Con resultado del estudio de 1976, podemos decir que los fondos de la Bahía son poco accidentados, así como que en la parte emergida del litoral (costa), el subsuelo es de sedimentos consolidados y se encuentran debajo del aglomerado de la *Formación Panamá*.

El espesor de los sedimentos en el Golfo de Panamá, varía de entre 3 km y 5 km, así tenemos que el aglomerado en la costa de la Bahía puede llegar a tener unos 10 m a 20 m de espesor⁷⁴.

D.3.4. Geotecnia

La roca volcánica clasificada como aglomerado es la roca mayormente expuesta en el área de la costa (desde la zona de Panamá la Vieja hasta más allá de Punta Paitilla). Se puede seguir el afloramiento de este aglomerado hasta 1.5 km fuera de la orilla en el área de la Playita (Boca la Caja) cuando la marea alcanza su mínimo nivel. Es posible que la roca encontrada a mayor profundidad, en los pozos perforados por Tecnilab y descrita como el comienzo de la roca sólida; sea el aglomerado que aflora en la orilla de Boca la Caja.

La parte superficial de esta masa de aglomerado tiene una gran cantidad de cavidades. Estas cavidades son el producto de la meteorización por la acción del mar de la ceniza cementante de los fragmentos líticos andesíticos y basálticos que componen esta roca. Esta condición hace que el aglomerado presente en la superficie tenga características geológicas y geotécnicas menos favorables que a un metro de profundidad.

⁷⁴ Briceño. Briceño. 1982. Geología marina en las proximidades de la isla de Bouvet y de la ensambladura triple atlántica del sur. Geofísico marina investiga.

D.3.5. Marco sísmico

Panamá se localiza al Istmo en la micro placa denominada Bloque de Panamá, limitado por cuatro placas tectónicas denominadas: Placa del Caribe (Norte y Oeste), Placa de Cocos (Sur – Oeste), Placa de Nazca (Sur) y Placa Suramericana (Este).

El País está dividido en siete zonas sísmo tectónicas, pero el proyecto se desarrolla en la denominada Panamá Central. Se sugiere que esta región central es el asiento de un gran límite tectónico profundo que divide al Istmo en dos^{75,76}. La falla de la zona central tiene un rumbo u orientación Noroeste y es denominada Falla Gatún. En el Golfo de Panamá encontramos la Falla de Las Perlas o de San Miguel con rumbo Nornoroeste (NNW) – Sursureste (SSE), la cual se extiende desde Isla de Las Perlas, atravesando la Bahía hasta la Cuenca del río Chagres.

Analizando la información sobre movimientos telúricos, y enfatizando en aquellos que han tenido su epicentro el Istmo de Panamá, durante el transcurso de trescientos setenta y dos años de 1621 a 1992⁷⁷, se estima que la sismicidad es mejor conocida en las regiones fronterizas, ya que la que se da fuera de estas regiones, es dispersa y poco definida, o no conocida.

El Golfo de Panamá ha sido epicentro de dos eventos telúricos, uno el 2 de mayo de 1621 y el otro en 1971, además, el Istmo de Panamá presenta eventos similares y de importancia en:

Tabla D.10. Eventos telúricos registrados en el Istmo de Panamá

Sitio	Fecha
Costa de la ciudad de Colón	7 de septiembre de 1882
Península de Azuero	1 de octubre de 1913
Costas de la ciudad de Bocas del Toro	26 de abril de 1916
Bahía Charco Azul	17 de julio de 1934
Provincia de Darién	13 de julio de 1974
Costas de Darién	11 de julio de 1976
Pacora	17 de octubre de 1921
Panamá y Colón	30 de julio de 1930
Falla de Las Perlas, y sentido en la Ciudad de Panamá	20 de enero de 1971
Bocas del Toro	Abril de 1991

Concordamos con lo expuesto por Camacho, *et al.* (1994), que la sismicidad en el Istmo de Panamá es baja, no obstante se han dado eventos destructivos, razón por la cual se deben reforzar las medidas de prevención y mitigación en caso de terremotos como zonificación de áreas de peligro.

D.3.6. Capacidad de uso y aptitud⁷⁸

Los suelos del área están comprendidos en la cuenca baja el Río Juan Díaz y son formados por tierras planas ubicados en el área de la desembocadura del río, con valores de pendiente hasta un máximo del 8% y presentan problemas de drenaje. Son zonas originadas de piedra

⁷⁵ Cargo D. and Mallory. 1974. Focus on Environmental Geology: A Collection of Case Histories and Readings from Original Sources.

⁷⁶ Lowrie, Johnson, G.L., Hey, R.N., Lowrie, A. y otros. 1982.

⁷⁷ Camacho, Eduardo. *Los Terremotos en el Istmo de Panamá*. 1994. <http://www.volcanbaru.com/sismos/historia/>

⁷⁸ Diseño Básico del Sistema de Intercepción, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales de la Ciudad de Panamá, Nippon Koei, Co. LTD. 2006.

sedimentaria y piedra arenisca, terrazas fluviales, pantanos de agua dulce y vegetación arbórea, ciénegas y pantano marino, áreas planas formadas por mareas marina y playas marinas. Las categorías de suelo son:

- OXMCf3SaClO IV. Suelos que se pueden arar pero con muy severas limitaciones en la selección de las plantas o requiere de un manejo muy cuidadoso o ambas cosas al mismo tiempo. Moderadamente bien drenados y la textura es arcillosa fina. Moderadamente profundos, provienen de piedras sedimentarias y piedras areniscas. Las pendientes se encuentran entre los 8% y 20%. La erosión es de pequeña a moderada y la pedregosidad es de sin piedra a piedra moderada.
- Mm VII. Son pantanos y ciénegas marinas.
- U- NLcMbA10 VII. Se presentan como playas marinas.
- Mm VII. Son ocupados por pantanos y ciénegas marina.
- Mb VIII. Son ocupados por playas marinas.

Los suelos encontrados en toda el área de desarrollo de la Planta de Tratamiento son⁷⁹:

- Arcillas arenosas de consistencia muy blanda a media y arenas arcillosas en estado de compacidad muy sueltas a sueltas, de origen sedimentario, depositados encima de la roca o de una capa de suelo residual duro la cual se encuentra a gran profundidad.
- Arcilla sedimentaria de alta plasticidad, de consistencia muy blanda a media, de colores café rojizo, café grisáceo y gris oscuro, con alto contenido de humedad, clasificada como CH o CL, con valores de la penetración estándar entre 1 y 7. Su índice de plasticidad promedio es de 35% y límite líquido promedio de 52%. Se registró en los sondeos del SD70-01 al SD70-06 hasta una profundidad promedio de 3.50 m y del SD70-11 al SD70-13, hasta una profundidad promedio de 2.50 m.
- Estratos de arena arcillosa y arenas no plásticas de colores café claro a gris oscuro, con humedad y plasticidad media y compacidad muy suelta a suelta, clasificadas como SW-SM, SP-SM y SC. El valor de la penetración estándar está comprendido entre 2 y 11. Su cantidad de finos está entre 10% y 50%. Se registró en los sondeos SD70-06 al SD70-09, desde la superficie hasta una profundidad promedio de 7.00 m, debajo de la arcilla de alta plasticidad en los sondeos SD70-11 y SD70-12, hasta una profundidad de 6.00 m. En el sondeo SD70-05 se la registró también debajo de la arcilla y hasta una profundidad de 20.0 m.
- Arena gravo limosa no plástica, con fragmentos de roca, color café grisáceo a gris oscuro, con humedad variable y compacidad media, clasificada como SM. El valor de la penetración estándar está comprendido entre 13 y 37. Su porcentaje de finos en promedio es de 14%. Se encontró debajo de los estratos anteriores y hasta una profundidad promedio de 8.00 m en los sondeos del SD70-11 al SD70-13.
- Suelo orgánico de color negro, consistencia firme a muy firme, clasificación OL, valor de la penetración estándar 16, se encontró únicamente en SD70-05 desde los 16.00 m a los 18.00 m de profundidad.
- Arcilla arenosa residual o arena limosa residual (tosca), plasticidad variable de media a alta, consistencia muy dura o compacidad alta, clasificada como CH o SM. Valor de la

⁷⁹ Informe Final. Diseño del Sistema de Intercepción, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales de la Ciudad de Panamá. Elaborado por Nippon Koei para el Ministerio de Gobierno y Justicia. 2006

penetración estándar en todos los casos mayor a 50. Se encontró en todos los sondeos a excepción de los sondeos SD70-05, SD70-06 y SD70-08.

- Lutita, roca de color gris oscuro, en algunos sondeos antes de la roca sana se la encuentra un poco meteorizada. Su resistencia a la compresión está entre 72 y 294 kg/cm², con un valor promedio de 150 kg/cm². Se la encontró en la mayoría de los sondeos entre 6.00 y 8.00 m de profundidad, excepto en el sondeo SD70-05, donde se encuentra a 20.00 m de profundidad, en los sondeos SD70-08 y SD70-12 donde está a 10.00 m y en el sondeo SD70-11 a 13.50 m.

D.3.6.1. Análisis del Relleno

Existe la necesidad de construir un relleno en toda el área del lote donde van las estructuras, es decir, para elevar el nivel del terreno por encima del nivel de máxima inundación del río Juan Díaz. Este relleno también servirá de plataforma de trabajo para el equipo de construcción ya que el suelo nativo es muy blando. Este suelo presentará consolidación y por lo tanto el relleno se asentará con el tiempo⁸⁰.

El relleno puede hacerse con material común pero debe compactarse mínimo a 95% del proctor modificado, excepto las dos primeras capas de relleno en las cuales es difícil alcanzar este porcentaje de compactación.

La magnitud del asentamiento por consolidación es de aproximadamente 0.45 m, y el tiempo que tardará en producirse el 80% de la consolidación es de 19 años. Puesto que éste es un tiempo inaceptable, se requiere la utilización de un sistema de drenaje vertical, que permita reducir el tiempo de consolidación.

D.3.7. Topografía

La zona central del polígono de desarrollo de la planta de tratamiento es un área plana, muy baja, producto de relleno que data de los años 70's, con pendientes de 0% a 3%, que se inunda con precipitaciones moderadas. Siendo una zona rodeada por manglares, en sus extremos las pendientes se incrementan de 6% a 8%, cayendo a las zonas de manglar, que rodean los extremos del polígono de desarrollo y se encuentran dentro de la zona de influencia de las mareas altas.

D.3.8. Batimetría

La bahía de Panamá, a lo largo de la costa de la ciudad, presenta una gradiente suave, observándose grandes extensiones litorales de fango, a partir de Boca la Caja hacia el Este.

Interpretando la carta náutica en el área del río Juan Díaz, la línea de marea baja extrema se sitúa casi paralela a la coordenada UTM 995000N, alcanzando hasta 2 Elkm de la línea costera frente al río Juan Díaz, y alejándose aún más de la costa a medida que se avanza hacia el Este.

El fondo marino es casi plano y aún a grandes distancias de la costa las profundidades son bajas. La siguiente Tabla presenta un detalle de lo anterior y corresponde a un perfil batimétrico en las inmediaciones de la desembocadura del Río Juan Díaz:

⁸⁰ Informe Final Diseño del Sistema de Intercepción, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales de la Ciudad de Panamá. Elaborado por Nippon Koei para el Ministerio de Gobierno y Justicia. 2006.

Tabla D.11. Profundidades frente a la desembocadura del río Juan Díaz

Distancia desde costa (m)	Profundidad (m)
4,300	5
6,000	10
8,800	15
11,900	20

Fuente: U.S. Hydrographic Office. Carta Batimétrica de Canal de Panamá a Morro de Puercos

Estas profundidades son confirmadas por el estudio de batimetría realizado por CESOC en la desembocadura del río Tocumen, a unos 1.5 km de la desembocadura del río Juan Díaz y que mantiene el mismo patrón de batimetría observado frente al río Juan Díaz, lo que refleja que la costa es muy homogénea en esta zona de la Bahía de Panamá. De hecho las isobatas (líneas de igual profundidad) son paralelas a costa; no se aprecian grandes accidentes geomorfológicos, como cañones submarinos o promontorios rocosos. Hacia el Oeste, las isobatas toman una orientación NE-SW frente al Caso Viejo de la ciudad, bordeando la Isla Flamenco. Los patrones milenarios de sedimentación, que han generado esta suave pendiente del fondo marino, no serán alterados ni modificados por el proyecto.

D.3.9. Hidrología

El área del estudio esta ubicada en la cuenca hidrográfica baja del río Juan Díaz, la cual está ubicada hacia el sudeste de la provincia de Panamá, entre las coordenadas 9°01' y 9°12' de Latitud Norte y 79°25' y 79°33' de Longitud Oeste. Limita al norte con la cuenca del Río La Cascada, al sur con la Bahía de Panamá, al este con las cuencas de los ríos Tapia y Tocumen y al oeste con las cuencas de los ríos Matías Hernández y Río Abajo. Nace en Cerro Azul, a una altitud de 691 msnm. Sus principales afluentes son los ríos Las Lajas, María Prieta, Naranjal, Palomo, la Quebrada Espavé y la Quebrada Malagueto.⁸¹

La cuenca tiene un área de drenaje de 144.6 Km², siendo la cuenca hidrográfica más grande de las que atraviesan el distrito de Panamá en la dirección Norte-Sur. La topografía de la cuenca es accidentada, estando el relieve compuesto por colinas y cerros bajos, tales como Cerro Bartolo, Cerro Santa Cruz, Cerro El Brujo, Cerro Batea, Cerro Viento y Cerro Bandera. Tiene numerosas cascadas en la cuenca alta, lo cual favorece el rápido escurrimiento de las aguas superficiales y bajos tiempos de concentración.

Una característica importante de esta cuenca es la formación de meandros en su parte baja debido a la erosión y deposición de sedimentos. Aunque en su parte alta existe aún vegetación abundante, la cuenca sufre un proceso acelerado de urbanización, contando en la actualidad un área urbanizada de 22% del área total de la cuenca.

Este rápido proceso de urbanización causa impactos importantes sobre la hidrología de la cuenca, ya que se disminuye las áreas verdes, reemplazándolas por áreas impermeables de viviendas, carreteras e instalaciones industriales los que aumentan el coeficiente de escurrimiento superficial, disminuyendo el tiempo de concentración y por lo tanto aumentando las probabilidades de aumentos de caudales pico con los consiguientes problemas de inundaciones.

⁸¹ Estudio de Impacto Ambiental, Categoría III, del Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá. Ingemar 2005.

La parte norte de la cuenca envuelve las subcuencas del los ríos Naranjal, la del sector nor-oriental del río Juan Díaz y la del sector nor-occidental, que a su vez incluye la parte sur de las subcuencas del río Las Lajas y de la quebrada Santa Rita.

En el Anexo I.6 se presentan los Caudales Promedio Mensuales del río Juan Díaz, registrados en la Estación 144-02-01, ubicada en el Corregimiento de Pedregal, Latitud 9°03'N y Longitud 79°26'O. La altitud sobre el nivel del mar es de 8 m y el área drenada es de 115 km². El registro empezó el 1 de abril de 1957.

Los caudales más bajos se dan en febrero, marzo y abril cuando se registraron caudales mínimos de 0.39 m³/s y 0.24 m³/s y caudales promedios mínimos de 1.50 m³/s; 1.04 m³/s y 1.07 m³/s, respectivamente. Los caudales más altos se dan durante los meses de septiembre, octubre y noviembre, cuando suceden caudales máximos 16.18 m³/s, 22.14 m³/s y 39.62 m³/s y caudales promedios máximos de 9.09 m³/s; 11.82 m³/s y 12.52 m³/s, respectivamente. El caudal máximo fue registrado en noviembre de 1964, cuando alcanzó 39.62 m³/s.

D.3.10. Calidad de agua del Río Juan Díaz

Para determinar la calidad de agua del río Juan Díaz se realizó un muestreo en bote desde el área del Corredor Sur hasta la boca del río, se seleccionaron cinco sitios de muestreo, cuyas posiciones se indican en la siguiente tabla (Figura 23):

Tabla D.12. Posiciones de muestreo en el río Juan Díaz

Estación	Memoria GPS	Fecha de evaluación	Longitud E	Latitud N
JD-1	669	20/09/06	670145	999562
JD-2	670	20/09/06	670941	998824
JD-3	671	20/09/0	672532	998351
JD-4	672	20/09/06	671864	997686
JD-5	673	20/09/06	671756	997049

Fuente: Este Estudio.

En el Anexo I.7 se presentan los resultados de los muestreos de agua. A continuación se presentan los resultados de calidad de agua del río, los números resaltados en gris son los que exceden la norma DGNTI-COPANIT 24-99⁸², por ser la norma que más se acerca a los límites aceptables para la vida acuática y acuicultura.

⁸² RESOLUCION No.49 de 2 de febrero de 2000. que aprueba el Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 24-99. AGUA. CALIDAD DE AGUA. Reutilización de las Aguas Residuales Tratadas.

Tabla D.13. Calidad de agua del Río Juan Díaz (20-sep.2006)

Parámetro	Coliformes Fecales	pH	Turbiedad	Sólidos Suspensidos	Sólidos Totales	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	Oxígeno Disuelto (DO)	Cloro Residual	Salinidad
Unidades	CFU /100ml	pH	NTU	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Máximo permitido	< 200	6.0-9.0	3	N/A	N/A	20	> 5	0.5 - 1.0	N/A
JD-1-A	36900	7.4	12.2	19.4	134.4	2.9	4.0	0.0	11.7
JD-1-B	36900	7.4	12.2	19.4	135.4	3.0	4.0	0.0	11.7
JD-2-A	130000	7.3	14.5	14.5	157.5	24.0	0.6	0.0	35.1
JD-2-B	130000	7.3	14.0	14.4	156.4	24.0	0.7	0.0	35.1
JD-3-A	90000	7.2	13.6	1.6	218.6	14.0	1.0	0.0	93.6
JD-3-B	90000	7.2	13.3	1.6	217.6	14.0	1.1	0.0	93.6
JD-4-A	50300	7.1	23.6	35.5	1315.5	15.0	2.1	0.0	1170.0
JD-4-B	50300	7.1	23.4	35.5	1316.5	15.0	2.1	0.0	1170.0
JD-5-A	8000	7.5	103.0	37.8	28303.7	22.0	6.0	0.0	21059.0
JD-5-B	8000	7.5	103.1	37.8	28303.7	23.0	6.0	0.0	21059.0

Fuente: Este estudio. Los resaltados en gris están por encima de la norma

Los resultados de los muestreos indican la presencia de altos niveles de coliformes fecales en los cinco sitios de muestreo, sobrepasando la norma en valores que oscilan desde 40 hasta 650 veces los valores máximos permitidos. En todos los sitios de muestreo se encontraron altos niveles de turbiedad y en los cuatro puntos dentro del río se encontraron bajos niveles de oxígeno disuelto lo que hace las aguas de la cuenca baja con poca aptitud para la vida acuática.

D.3.11. Calidad del agua marina

La Bahía presenta cambios estacionales en sus condiciones hidrológicas como consecuencia de la asociación de factores geográficos y climatológicos.

Dos temporadas son reconocidas para la región, el período de lluvias, que va desde mayo a diciembre y el período de sequía, de enero a abril. Estas estaciones, junto con la ocurrencia de afloramiento de aguas profundas, que ocurre entre los meses de enero a abril (estación seca con vientos del nordeste), provocan cambios de temperatura, salinidad y concentraciones de nutrientes en el agua de la bahía.

La siguiente tabla entrega información de la precipitación media mensual, obtenida en el Departamento de Hidrometeorología del Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación en las estaciones de Cerro Azul, Las Cumbres y Tocumen:

Tabla D.14. Distribución mensual de la precipitación mensual (mm) en Panamá, entre 1971 y 1995

Meses	Estaciones		
	Cerro Azul	Las Cumbres	Tocumen
Enero	34.3	26.6	27.0
Febrero	16.2	7.3	10.3
Marzo	19.8	10.3	12.8
Abril	147.4	124.5	64.5
Mayo	421.6	249.6	223.1
Junio	362.2	260.3	241.2
Julio	338.8	258.2	167.5
Agosto	356.2	266.9	241.9
Septiembre	499.0	292.1	245.0
Octubre	610.1	331.5	348.4
Noviembre	335.6	236.1	240.4
Diciembre	128.0	103.6	85.1
TOTAL ANUAL	3270	2164.3	1831

Estación Seca: Enero – Abril
Estación Lluviosa: Mayo - Diciembre

De acuerdo a esta estadística, podemos comentar que en todas las estaciones, el mes de febrero, es el mes más seco y el mes de octubre, el más lluvioso. La estación de Cerro Azul, es la que ha presentado el máximo de precipitaciones y Tocumen el mínimo.

A continuación se muestra los valores típicos de los parámetros analizados según la bibliografía disponible para las estaciones seca y lluviosa.

Tabla D.15. Características de la columna de agua estaciones seca y lluviosa. Bahía de Panamá.

Variables Ambientales	Estación Seca (enero a abril)	Estación Lluviosa (mayo a diciembre)
Temperatura del agua (°C)	21 a 25	26 a 29
Salinidad (spu)	32 a 35	<30
Fosfatos (ug atom/l)	1	0.5
Nitratos (ug atom/l)	2	0.5 a 2
OD (mg/l)	2 a 4 (*)	2 a 4 (*)
Estratificación de la columna de agua	presente	Ausente

Nota (*) los valores corresponden a una distribución espacial, y parecen no estar relacionados con cuestiones temporales

De acuerdo a esta Tabla podemos decir que:

- Hay una clara diferencia en cuanto a la temperatura del agua de mar, entre ambas estaciones, siendo superior en la estación, lluviosa.
- La salinidad superficial, es levemente baja en la temporada lluviosa producto del escurrimiento.
- Los nutrientes en el agua de mar aumentan en la temporada seca, probablemente debido a la surgencia de agua más profunda, lo que incide en la productividad del sistema.
- El oxígeno disuelto varía entre 2 y 4mg/l, lo que es relativamente bajo pero comprensible para un área que recibe abundante carga orgánica (río, desagües, buques etc.)

La calidad de la columna de agua fue recientemente estudiada por el grupo CESOC en estaciones que abarcaron toda la bahía de Panamá. En cuanto a los resultados obtenidos en esa campaña se puede señalar que:

- Prácticamente no existe estratificación térmica, ni termoclina y menos picoclina en la bahía. Sí, se observa un perfil promedio de temperatura, salinidad y densidad. Se observa buena homogeneidad vertical.
- Los valores de salinidad de la bahía, encontrados en ese estudio, tuvieron un rango entre 17.5% a 34.1%. Esto refleja la importante mezcla entre aguas marinas y aguas de escurrimiento desde los ríos que se produce en la bahía.
- Los valores de oxígeno (del orden de 5mg/l), son más altos que valores anteriormente reportados y son aptos para el desarrollo de la vida acuática, en general podemos concluir que las concentraciones de oxígeno disuelto varia dentro de un rango que va desde 2 a 5 mg/l. La causa de esta oxigenación, se atribuye a la buena mezcla provista por las corrientes de marea.
- La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en la franja costera que va desde Armador a Boca la Caja es superior a 4ppm, mientras que junto al río Matasnillo se encontraron valores superiores a 6ppm. La demanda bioquímica de oxígeno, hasta las cercanías de la Isla Flamenco, estuvo cerca de 2ppm y próximo al Matasnillo se detectaron valores superiores a 10ppm. Este último valor considerado alto.
- Las concentraciones de sólidos suspendidos en la bahía son extremadamente altas junto a la costa, con valores superiores a 90ppm, siendo que en dirección al mar abierto en el alineamiento con la isla Flamenco, estuvo entre 70 y 80ppm.

Otras mediciones realizadas en las estaciones indicadas en el siguiente Cuadro han arrojado lo que a continuación se indica:

Cuadro D.2. Aguas recolectadas en campañas anteriores

Sitio	Sector
Sitio 1	Río Tocumen
Sitio 2	Río Juan Díaz
Sitio 3	Río Matías Hernández
Sitio 4	Boca la caja
Sitio 5	Río Matasnillo
Sitio 6	Ave. Central
Sitio 7	Casco viejo
Sitio 8	Armador
Sitio 9	Río Farfán
Sitio 10	Río Venado
Sitio 11	Veracruz

Las concentraciones de nitrato variaron de 0.65mg/l (río Venado) a 15.6mg/l (río Farfán). En los puntos ubicados al oriente del canal las variaciones fueron más bajas (1.3 a 3.9mg/l), pero muy superiores al más bajo valor obtenido.

El fosfato presentó variaciones bien inferiores a las de nitratos, al menos (0.025mg/l) obtenido en la estación 3mg/l (Casco Viejo) y el más alto (0.043mg/L) próxima al río Matasnillo.

La salinidad presentó alta variación, indicando la fuerte influencia de aguas continentales: los más bajos valores fueron obtenidos respectivamente en las estaciones 2 y 8 (17.5 y 19.8%) y las más altas en las estaciones 5 y 6 (25.1 y 25.8%).

Existe contaminación fecal en las zonas aledañas a la ciudad. El patrón de variación de las bacterias (coliformes total, fecal y estreptococos) fue semejante, con los más altos valores

obtenidos próximos a los ríos y en la estación 5 en Boca la caja. Estos resultados indican que aún en marea alta la contaminación bacterial procedente de los ríos contaminados persiste en la región costera, como se muestra a continuación:

Tabla D. 16. Concentración de coliformes fecales en Panamá (1994)

Sitio	Colif. Fecal. (NPM/100ml)
Panamá Viejo	27600
Estatua Morelos	222000
Boca La Caja	12192
Matasnillo	248800
Club Yates Panamá	715
Terraplén	3600
Las Bóvedas	2900
Avenida de Los poetas	19653
Club Yates de Diablo	1640
Club Yates de Balboa	3497
Muelle de los Pilotos	3126
Isla Naos	10
Isla Flamenco	48
Muelle STRI	38
Entrada a la Calzada de Amador	45

En efecto la contaminación fecal es muy notable, sin embargo, los sectores de Islas Naos, Flamenco y Calzada Armador, presentan bajos valores de colorimetría fecal.

La caída de este indicador será una buena meta ambiental, a considerar para este proyecto de saneamiento.

En cuanto a información de una base de datos sobre el parámetro “transparencia”, podemos señalar que en el área en general, la transparencia medida con disco secci fluctúa entre 4 y 10m, con un promedio de 7m. En la zona de espera de buques para ingresar al canal (Boya EL), es entre 3 y 9m un poco menos que lo anterior, por mayor contaminación. En el área de Taboguilla, los valores son oscilantes, pero en torno a los 6m con fluctuaciones entre 2m y 12m.

También se pueden comparar estos resultados de penetración de la luz, con estudios análogos efectuados por el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales en estación fija frente a Islas Flamenco, estos últimos mostraron fluctuaciones entre 3.5m y 15.8m, lo que está en el mismo orden de magnitud de los estudios presentados.

Durante trabajos de terreno efectuados por Ingemar en enero 2001 en el área de la bahía, también se midió disco Secci, obteniéndose valores que fluctuaron entre 4.5m y 9.7m, coincidiendo en general con los rangos de datos de muestreos anteriores.

Respecto a aceites y grasas, en todos los resultados existentes se demostró una acentuada heterogeneidad en las concentraciones de este parámetro, con altas concentraciones en las desembocaduras de los ríos Matías Hernández y Juan Díaz.

No existe registro en la literatura, ni evidencia de contaminación por hidrocarburos ni metales pesados.

Como parte del estudio de Impacto Ambiental de modificaciones en el Puerto de Balboa, realizado por Ingemar Panamá, se analizaron las características físico-químicas y biológicas de la bahía. La siguiente Tabla entrega estos resultados:

Tabla D.17. Resultados de los muestreos de la columna de agua durante el Estudio de Impacto Ambiental del Puerto de Balboa, Fase 3

PARÁMETRO	Muestra 1	Muestra 1R	Muestra 2	Muestra 2R	Muestra 3	Muestra 3R	Valor Referencial
Temperatura (°C)	27.3	27.5	27.5	27.4	26.9	27.0	21 a 25°C (1)
PH	8.1	8.0	8.19	8.15	8.12	8.1	5.5 – 9.0 (3)
Olor	Sin Olor	Sin Olor	Sin Olor	Sin Olor	Sin Olor	Sin Olor	Ausencia (3)
Turbiedad (UNT)	14	12	4	6	6	6	-
Conductividad (mS/cm)	42.7	43.0	45.7	45.9	34.4	34.2	-
Oxígeno Disuelto (mg/l)	7.09	7.2	7.3	7.2	7.4	7.2	2 a 4 (1)
DBO ₅ (mg/l)	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	100 (3)
Colif. Totales (UFC/100ml)	30	25	50	60	10	25	-
Colif. Fecales (UFC/100ml)	0	0	0	0	0	0	48 (2)
Hierro (mg/l)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	10 (3)
Aceites y Grasas (mg/l)	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	50 (3)
Hidrocarburos Totales (mg/l)	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	50 (3)
Plomo (mg/l)	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	1 (3)
Mercurio (mg/l)	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.02 (3)
Cadmio (mg/l)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.3 (3)

(1) Según Estudio de D' Croz para Estación seca (enero – abril) en Panamá.

(2) Según CESOC, referencia de 1994 en Isla Flamenco, Panamá.

(3) Norma Provisoria de 1992. Chile.

De esta Tabla se puede destacar lo siguiente:

- El oxígeno es más alto, lo atribuimos a la intensa mezcla asociada a los vientos.
- Hubo ausencia de contaminación por coliformes fecales. El área central de la bahía está libre del efecto de las descargas de alcantarillado de la ciudad.
- No hay evidencias de contaminación por hidrocarburos, pH (ácidos), metales pesados y aceites-grasas.
- La columna de agua está bastante limpia y con una calidad apta para la vida marina.

Durante el día 30 de Julio de 2004 se llevó a cabo el muestreo físico-químico y microbiológico de muestras superficiales de la columna de agua de mar frente a la desembocadura del Río Juan Díaz, en dos estaciones (D1 y D2) con réplica. Los resultados de estos análisis se presentan en la siguiente tabla (Anexo I.7):

Tabla D.18. Medición de parámetros físico-químicos y microbiológicos en Panamá. Agosto 2004.

PARAMETRO	PROMEDIO EN ESTACION			RANGO VALOR DE TABLA	VALOR REF. (Varias Fuentes)
	D1	D2	D1- D2		
COLIFORMES TOTALES (CFU/100ml)	200	3000	10000	-	-

PARAMETRO	PROMEDIO EN ESTACION			RANGO VALOR DE TABLA	VALOR REF. (Varias Fuentes)
	D1	D2	D3		
COLIFORMES FECALES (CFU/100ml)	0	250	500	-	10 a 248800
TEMPERATURA (°C)	27.5	27.2	27.5	26.9 – 27.5	21 A 25°C
OXIGENO DISUELTO (mg/l)	8.4	8.45	8.35	7.09 – 7.4	2 a 4
DBO ₅ (mg/l)	2.35	3.25	2.95	<1.0	100
SALINIDAD (%)	3.05	3.1	3.0	-	17.5 a 25.3
SOL. SUSP. TOT. (mg/l)	710.5	721.6	730.8	-	70 a 90
FOSF. TOTAL (mg/l)	0.35	0.2	0.5	-	Fosfatos=0.5 a 1.0
CLORO RESIDUAL TOTAL (mg/l)	0	0	0	-	-
NITROG. AMONIAICAL (mg/l)	Vd.	N.D.	N.D.	-	Nitratos=0.2 a 2
NITROGENO TOTAL (mg/l)	Trazas	Trazas	Trazas	-	-
ACEIT. Y GRASAS (mg/l)	0.1	0.1	0.1	< 0.5	50
DETERGENTES (mg/l)	N.D.	N.D.	N.D.	-	-

En relación a esta Tabla, podemos comentar que:

- Los valores de Temperatura y Sólidos Suspendidos Totales, son más altos que los proporcionados como valores referenciales del centro de la bahía. En el caso del Oxígeno, que también presenta un valor más alto, es un parámetro aún mejor para el desarrollo de la vida acuática.
- Los valores de coliformes fecales, DBO₅, Salinidad, Fósforo Total y Aceites-Grasas son más bajos que los proporcionados como valores referenciales del centro de la bahía.
- Cabe destacar la ausencia de niveles de nitrógeno amoniacal, cloro residual y detergentes en las estaciones muestreadas en esta oportunidad.

D.3.12. Calidad de los sedimentos

Se tomaron seis muestras de sedimentos como parte de la ejecución de las mediciones del estudio en la bahía de Panamá. En el Anexo I.7 se presentan los resultados de los muestreos de sedimentos. Las muestras fueron clasificadas según el tamaño del grano siguiendo la escala de Wenworth. La siguiente tabla muestra la ubicación del muestreo y la clasificación de los sedimentos de acuerdo a dicha clasificación.

Cuadro D.3. Clasificación granulométrica de sedimentos en área de estudio en la bahía de Panamá

Muestra	Ubicación	Coordenadas	Características Predominantes Según Wenworth
1	Zona Intermareal	673000 / 995877	Limo y arcilla
2	Zona Intermareal	671774 / 995851	Limo y arcilla
3	Zona Sublitoral	673200 / 992850	Limo y arcilla
4	Zona Sublitoral	673000 / 993350	Limo y arcilla
5	Zona Sublitoral	673000 / 989850	Limo y arcilla
A 1 km.	Frente a Juan Díaz	673002 / 989776	Limo y arcilla

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental, Categoría III, del Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá. Elaborado por Ingemar Panamá para el Ministerio de Salud

Todas las muestras presentaron un total predominio de limos y arcillas. En la zona litoral (Muestras 1 y 2), la Muestra 1 está compuesta en un 99.7% de limo y arcilla, mientras que tan solo un 0.2% y 0.1% son arena muy fina y arena fina respectivamente. La Muestra 2 presentó una composición un poco más variada que la Muestra 1, pero no significativa, observándose un alto predominio de limo y arcilla (88.4%), el restante se dividía de la siguiente forma: 5.8% es arena muy fina, 4.0% es arena fina, 1.4% es arena media y 0.4 es arena gruesa.

La composición del sedimento sublitoral (Muestras 3, 4, 5 y 1 km) fue muy similar. Todas las muestras mostraron que su mayor componente es limo y arcilla. Las Muestras 3, 5 y 1 km estaban compuestas por limo y arcilla en concentraciones mayores al 90% (Muestra 3 = 94.8%; Muestra 5 = 99.2%; Muestra 1Km = 98.1), y muy pequeñas concentraciones de arena muy fina, arena fina, y arena media. La Muestra 4 fue la que presentó la composición más variada, con 71.1% de limo y arcilla, 19.2% de arena muy fina, 7.5% de arena fina, 1.6% de arena media y 0.6% de arena gruesa. Ninguna muestra presentó arena muy gruesa.

Esto indica que:

- La energía de las corrientes de fondo es en general, débil.
- La presencia de limo tan fino indica que la deposición es un proceso normal en el área.

D.3.13. Oceanografía

D.3.13.1. Corrientes sublitorales

Las características generales de la circulación en la región del Golfo de Panamá son relativamente bien conocidas y han sido profundamente descritas en la literatura.

En la década de los cincuenta, con base en datos de deriva de naves, se cartografió la circulación estacional media de las aguas de superficie, obteniendo un patrón de circulación característica del Este al Oeste. Esto es, contrario al sentido de los punteros del reloj. En el Golfo de Panamá, ese patrón de circulación implica un flujo hacia el norte en la parte Este de la entrada del golfo y flujo para el Sur en la parte Oeste. También, las corrientes serían más intensas durante el período de lluvias. Este flujo hacia el norte fue denominado como la "Corriente de Colombia". Dentro del golfo, esa corriente fluiría a lo largo de la línea costera, haciendo un circuito completo en el golfo y en la Bahía de Panamá.

Según la reseña publicada por Bennett⁸³, el patrón de circulación dentro de la bahía sería afectada por las mareas, con una corriente residual (lo que queda después del flujo y reflujo), hacia sudoeste, la cual sería parte del sistema de corriente de mayor escala, más precisamente la Corriente de Colombia antes mencionada.

Este panorama general y postulado en años anteriores, basado en mediciones de baja tecnología, ha sido sin embargo ratificado con mediciones recientes que emplean tecnología reciente.

El patrón de corrientes de la Bahía de Panamá corresponde a flujos moderados a fuertes (23cm/s) con mucha variabilidad direccional. Las corrientes fluyen en todas las direcciones, la

⁸³ Bennet, 1965. Las Corrientes de Bahía Panamá. Septiembre – Octubre 1958. Con Atun Tropical.

dirección más frecuente (50% a 70% del tiempo) en el área urbana de la ciudad es hacia el W - SW. Todos los estudios anteriores y mediciones recientes, muestran bastante coincidencia con este patrón.

Las corrientes de fondo son aún más erráticas y no puede afirmarse que sean opuestas a las de superficie. Son más bien débiles y también con una tendencia residual hacia el S - SW.

Los estudios del CESOC para el Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá, incluyeron mediciones con correntómetro anclado (ADCP) y con flotadores lagrangianos. También se realizaron simulaciones en base al modelo de DELF (Holanda).

También de los estudios del CESOC podemos mencionar que la componente superficial zonal (Este - Oeste), coincidentemente con lo ya mencionado, es de unos 20cm/s en promedio y dirigido principalmente al oeste (D-11). La componente meridional (norte - sur) superficial tiene velocidades típicas de 30cm/s. En el fondo marino, las velocidades fueron muy fluctuantes. No se puede afirmar cual es su dirección, aunque pareciera ser que hubo mayor tendencia al sur. La columna de agua es no estratificada (uniforme) y por lo tanto, las aguas se mueven homogéneas en la vertical y más débiles que en la superficie (sólo 10cm/s).

De la información obtenida correspondiente a corrientes marinas, se desprende la información contenida en la siguiente tabla:

Tabla D.19. Estadísticas de intensidad de corrientes superficiales

	Máximo 10% de Excedencia	Promedio 50% de Excedencia	Mínimo 80% de Excedencia
Pulsos 0-0.5 hrs.	23 cm/s	12 cm/s	10 cm/s
Corrientes Marea 0.5 - 6 hrs.	20 cm/s	12 cm/s	10 cm/s
Corriente Residual 6 - 24 hrs.	10 cm/s	5 cm/s	0

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental, Categoría III, del Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá. Elaborado por Ingemar Panamá para el Ministerio de Salud

Vemos que las corrientes medidas por CESOC, fueron de intensas a moderadas, con pulsos máximos de 23cm/s.

Las corrientes permanentes o residuales (mayor porcentaje de persistencia), son débiles, con 5cm/s en promedio.

Resalta en los resultados, la distribución direccional homogénea en todas las direcciones. En consecuencia, sólo es posible afirmar estadísticamente que las corrientes en la Bahía de Panamá, van para todos lados. No tienen una dirección claramente predominante.

De los estudios realizados, podemos mencionar que en marea llenante a plea, las corrientes son más frecuentes hacia el S - SW, un 50% del tiempo y otro máximo modal se da en las corrientes al NW, un 25% del tiempo.

En la marea vaciante a baja, un 69% del tiempo las corrientes fluyeron al SW - S, hacia fuera de la Bahía de Panamá. El tiempo que fluyeron al W fue de un 17%.

De lo anterior, podríamos afirmar que entre sólo un 13% y un 17% del tiempo las corrientes son desfavorables, ya que se dirigen hacia las zonas álgidas (costeras). Mientras que entre un 50% y un 69% son favorables, al renovar las aguas hacia el Sur, pasando por fuera de la Isla

Taboguilla. Los resultados de mediciones con elementos derivadores, afirman lo dicho anteriormente, que la Bahía de Panamá no tiene un patrón fijo; no obstante, predominan los flujos al S y SW, saliendo de la Bahía.

También se ha efectuado una simulación del campo de velocidad y de la mancha de un eventual contaminante, en superficie. De estas mediciones se puede comentar que las corrientes en la bahía, en general, son predominantemente hacia el oeste, con una leve componente al SW en la zona central de la bahía. Consecuentemente, los eventuales contaminantes se dirigen al W y al SW antes de desaparecer, no alcanzando Islas Taboga o Taboguilla. En condición de marea Vaciante, la situación es más favorable, ya que la corriente es al SE, alejando totalmente los eventuales contaminantes de los sitios álgidos y quedando muy alejados de la ciudad.

De los resultados obtenidos por esas mediciones se puede concluir que las corrientes son predominantemente hacia el S - W y con una muy buena disolución natural. El siguiente cuadro muestra un resumen histórico de las corrientes:

Cuadro D.4. Resumen histórico de corrientes

Patrón de corrientes en el área.	<ul style="list-style-type: none"> ✓Flujos moderados a fuertes (23cm/s) influenciado parcialmente por mareas. ✓Todas las direcciones ✓Más frecuente al Sur Oeste ✓Corriente Residual débil al SW (5cm/s)
Corrientes de Fondo v/s Corrientes Superficiales.	<ul style="list-style-type: none"> ✓Corrientes de fondo más débiles (10cm/s) y muy fluctuantes ✓No hay evidencias de flujos opuestos ✓Corriente Residual de Fondo débil al S-SW.
Pronóstico Estación Seca y Lluviosa.	<ul style="list-style-type: none"> ✓50% a 70% del tiempo al S-SW, pero más intensas que en estación lluviosa. ✓Sólo el 13% a 17% del tiempo, hacia áreas sensibles. ✓50% del tiempo al S-SW, más débil que estación seca.
¿Llegarán contaminantes hacia a Áreas costeras sensibles?	<ul style="list-style-type: none"> ✓Desplazamiento Residual de 1 Km en un ciclo mareal. ✓Por lo lento del desplazamiento residual y fuerte mezcla por corrientes de marea, se concluye que la posibilidad es insignificante. ✓Arrastre de fondo será hacia el S - SW. Sacando aguas de la bahía.

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental, Categoría III, del Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá. Elaborado por Ingemar Panamá para el Ministerio de Salud

Durante este estudio también, se realizaron validaciones puntuales de campo, para verificar los resultados históricos anteriores y representar más directamente las corrientes en torno al futuro punto de descarga de las aguas tratadas.

Estas mediciones consistieron en cuatro muestreos oceanográficos en un lapso de un mes. Estos fueron realizados en diferentes condiciones de marea (llenante y vaciante) y vientos. Las fechas de tales muestreos fueron: lunes 26 julio, viernes 30 de julio, jueves 4 de agosto y viernes 6 de agosto del 2004.

En la siguiente Tabla se presenta la información de las mediciones durante los días de muestreo, en dos estaciones y con cinco lanzamientos en cada una de las estaciones y de las condiciones de marea. La trayectoria de los derivadores, se indica en las Figuras 30 a 33.

Tabla D.20. Resultados de mediciones de derivadores en la Bahía de Panamá

Día	Estación	Marea	Est.	Dirección (AL)	Magnitud (cm/s)
26/07/04	1	Llenante	D1	SW	11.1
			D2		12.5
			D3		11.9
			D4		12.8
			D5		12.2
		Vaciente	D1	S	14.9
			D2		15.1
			D3		14.8
			D4		15.7
			D5		17.7
	2	Llenante	D1	SW	18.1
			D2		15.1
			D3		16.3
			D4		16.4
			D5		18.3
		Vaciente	D1	S	38.6
			D2		37.5
			D3		37.5
			D4		37.8
			D5		38.1
30/07/04	1	Llenante	D1	NE	53.0
			D2		27.1
			D3		27.5
			D4		26.7
			D5		57.6
		Vaciente	D1	SE	16.6
			D2		9.0
			D3		8.6
			D4		26.4
			D5		17.2
	2	Llenante	D1	NE	29.5
			D2		19.3
			D3		20.2
			D4		20.0
			D5		19.2
		Vaciente	D1	NE	17.0
			D2		20.1
			D3		10.8
			D4		17.0
			D5		15.2
04/08/04	1	Llenante	D1	NE	13.4
			D2		12.4
			D3		12.0
			D4		8.2
			D5		7.6
		Vaciente	D1	SE	24.0
			D2		18.3

Día	Estación	Marea	Est.	Dirección (AL)	Magnitud (cm/s)
			D3		20.1
			D4		20.0
			D5		19.5
	2	Llenante	D1	NE	17.3
			D2		17.6
			D3		18.4
			D4		19.0
			D5		22.1
		Vaciante	D1	SE	36.6
			D2		37.3
			D3		36.3
			D4		39.2
			D5		38.0
06/08/04	1	Llenante	D1	S-SW	32.5
			D2		29.8
			D3		29.6
			D4		21.1
			D5		39.9
	1	Vaciante	D1	W	28.7
			D2		33.6
			D3		28.8
			D4		17.4
			D5		27.6
	2	Llenante	D1	SW-W	25.5
			D2		25.6
			D3		24.5
			D4		24.4
			D5		29.2
	2	Vaciante	D1	S-SW	38.8
			D2		42.8
			D3		42.2
			D4		30.0
			D5		21.0

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental, Categoría III, del Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá. Elaborado por Ingemar Panamá para el Ministerio de Salud

Simultáneamente con el seguimiento de los derivadores se midieron los vientos utilizando un anemómetro manual de lectura digital directa. También se registró la altura y dirección del oleaje. A continuación se presentan los resultados de las observaciones de dirección y velocidad del viento y altura de las olas:

Tabla D.21. Mediciones de viento y observación de oleaje en Panamá.

Día	Estación	Marea	Viento (del)	Olas (del)
27/07/04	1	Llenante	2.5m/s N-NW	0.9m N-NW
		Vaciante	1.0m/sNW	0.3m NW
	2	Llenante	3.0m/s NW	0.8m NW
		Vaciante	1.0m/s NW	0.3m NW
30/07/04	1	Llenante	Sin Viento	0.6m S
		Vaciante	2.0m/s S	0.5m S
	2	Llenante	Sin Viento	0.6m S
		Vaciante	0.5m/s S	0.9m S
04/08/04	1	Llenante	2.5m/s NE - N	0.8m NE - N

Día	Estación	Marca	Viento (del)	Olas (del)
06/08/04	2	Vaciante	2.5m/s N – NW	0.6m S
		Llenante	4.0m/s N	1.1m N
		Vaciante	2.0m/s S	0.6m S
	1	Llenante	0.75m/s S	0.61m S
		Vaciante	Calmo	0.46 m S
	2	Llenante	1.0 m/s S	0.53m S
Vaciante		Calmo	0.46m S	

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental, Categoría III, del Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá. Elaborado por Ingemar Panamá para el Ministerio de Salud

En cuanto a los resultados, se puede comentar lo siguiente:

- Las corrientes fueron intensas, con valores superiores a 1 nudo (51 cm/s) indicando que hay buenas condiciones para dispersar las materias contaminantes y nutrientes que se descarguen de la planta de tratamiento.
- En marea vaciante la situación es favorable ya que descarga hacia el SW o S alejándose de costa. Mientras que en llenante se dan situaciones más desfavorables, en el sentido que devuelven las corrientes hacia la costa.

D.3.13.2. Corrientes litorales

Las corrientes litorales obedecen principalmente al oleaje. Komar (1975) presenta un estudio completo sobre estos flujos. De allí se puede obtener un modelo teórico de la velocidad de las corrientes (v), con la siguiente expresión:

$$V=2* g* T* \tan B*\sin A*\cos A$$

Donde:

- g : gravedad
- T : Periodo de las olas
- B : pendiente de la playa
- A : ángulo entre la cresta de ola y la playa

Información de oleaje en el sector de estudio de la costa de la bahía y ciudad de Panamá, se pudo obtener de los análisis de vientos presentados por el informe del CESOC. En efecto los vientos soplan del S- SE con velocidades que van de 0.6m/s a 1m/s; o sea, débiles. Con esto las olas son de alturas bajas, inferiores a 0.5m y generalmente del Sur o SE.

Con ello las corrientes litorales no superan los 6cm/s y se deberían dirigir de Este a Oeste bordeando las playas de la bahía. En la siguiente tabla se presentan dichas estimaciones:

Tabla D.22. Estimaciones de las corrientes Litorales en desembocaduras de Ríos de Bahía de Panamá

Río	B	A°	V (cm/s)
Matasnillo	0.002	20 del S	3.1
Río Abajo	0.001	10 del SW	0.6
Matías Hernández	0.001	30 del S	5.0
Juan Díaz	0.001	30 del S	5.3