

CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA
Y CIENCIAS DEL AMBIENTE (CEPIS)

**EMISARIOS SUBMARINOS
ALTERNATIVA VIABLE PARA LA DISPOSICIÓN DE AGUAS NEGRAS DE
CIUDADES COSTERAS EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE**

HENRY J. SALAS
Asesor en Control de Contaminación del Agua
CEPIS

Fecha original: 1988
(Actualizado: setiembre 1995)



División de Salud y Ambiente
Organización Panamericana de la Salud
Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la
Organización Mundial de la Salud



**CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA
Y CIENCIAS DEL AMBIENTE (CEPIS)**

**EMISARIOS SUBMARINOS
ALTERNATIVA VIABLE PARA LA DISPOSICIÓN DE AGUAS NEGRAS DE
CIUDADES COSTERAS EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE**

HENRY J. SALAS
Asesor en Control de Contaminación del Agua
CEPIS

Fecha original: 1988
(Actualizado: setiembre 1995)

**DIVISIÓN DE SALUD Y AMBIENTE
ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD
OFICINA SANITARIA PANAMERICANA, OFICINA REGIONAL DE LA
ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD**

Lima

ÍNDICE

	<u>Página</u>
1. Resumen	1
2. Introducción	1
3. Métodos de disposición de desechos en América Latina y el Caribe	3
4. Costos de emisarios submarinos	15
5. Conclusiones	16
Bibliografía	19

FIGURAS

Figura 1 - Ciudades de América Latina y el Caribe con poblaciones mayores de 100,000 habitantes	4
Figura 2 - Coliforme total antes y después de la construcción del Emisario Submarino de Ipanema	17
Figura 3 - Costo de Emisario Submarino	18

TABLAS

Tabla 1 - Distribución de Centros Urbanos en América Latina y el Caribe en 1990	5
Tabla 2 - Características de Emisarios de 500 o más metros de longitud en Latinoamérica y el Caribe en 1993	6

1. Resumen

Se presenta un panorama de las prácticas actuales de disposición de aguas residuales en América Latina y el Caribe. Después del reuso, la alternativa del emisario submarino largo con pretratamiento (militamices) o tratamiento primario es un método de disposición más atractivo en relación al tratamiento secundario con disposición cercana a la costa en términos de confiabilidad, eficiencia, costo y de bajos requerimientos de operación y mantenimiento. Sin embargo, se deben evitar las descargas de aguas residuales cerca a comunidades biológicas naturales y sensibles tales como los arrecifes corales. Se presentan los costos de los emisarios submarinos. La disponibilidad de plásticos y métodos de construcción modernos hacen viables los emisarios submarinos también para pequeñas comunidades y centros turísticos.

Se presentan detalles técnicos de los 82 emisarios submarinos en América Latina y el Caribe. Su distribución es la siguiente: Venezuela (39), Puerto Rico (12), Brasil (12), México (9), Chile (8), y Uruguay (1). Asimismo, se presenta una breve descripción del desempeño del emisario submarino de Ipanema que sirve a parte de la ciudad de Rio de Janeiro, Brasil.

2. Introducción

Desde el inicio de la humanidad, los océanos del mundo, que cubren 70% de la superficie de la tierra, han sido utilizados como un receptáculo de desechos humanos, sin embargo, en términos generales no han sufrido mayores cambios, pues la composición química del mar se ha mantenido esencialmente igual por más de un millón de años⁽¹⁾. Aún más, cuando se compara la enorme cantidad de materia orgánica y sedimentos llevados al mar por los ríos del mundo como resultado de procesos naturales, la contribución de aguas cloacales producidas por el hombre es pequeña. Una observación interesante sobre la poca importancia relativa de la materia orgánica fue hecha por el Dr. John D. Isaacs quien hizo notar que sólo la descarga fecal de las anchoas a las aguas costeras del sur de California era equivalente en contenido orgánico (demanda bioquímica de oxígeno y sólidos suspendidos) a las aguas cloacales de alrededor de 90 millones de personas, y ésta es sólo una de los cientos de especies de vida marina⁽²⁾. Esto parecería refutar un punto de vista prominente - apoyado por algunos ambientalistas respetados y sustentado por algunas decisiones políticas tomadas en países desarrollados - que eliminaría todas las formas de evacuación hacia los océanos.

Sin embargo, ocurren problemas cuando el hombre concentra los desperdicios en áreas restringidas en vez de dispersarlos en áreas más amplias donde el proceso natural de purificación puede operar con mayor facilidad. Normalmente, se desarrollan grandes centros poblados a lo largo de los litorales; en vista de la magnitud del océano, es lógico así como económico, que la descarga de las aguas residuales de las ciudades costeras se haga a las aguas marinas adyacentes. Un emisario submarino diseñado apropiadamente provee de un mecanismo eficaz para la eliminación de estas aguas servidas. Se pueden alcanzar diluciones inmediatas iniciales del orden de 100 a 1 en forma consistente durante los primeros minutos de descarga, lo que reduce la concentración de materia orgánica y nutrientes, características de aguas negras, a niveles que no tendrían efectos ecológicos adversos en el mar abierto. Muy por el contrario, la introducción de tales sustancias a un ambiente oceánico usualmente deficiente en nutrientes podría probablemente ser beneficioso en muchas situaciones.

Después de la descarga, la reducción de organismos patógenos para cumplir con criterios establecidos para playas de recreo se obtienen a través de dilución física y mortalidad en el medio marino hostil. Como ha sido demostrado por numerosos investigadores, los emisarios submarinos apropiadamente diseñados para la descarga de aguas negras típicas, no han producido impactos ecológicos significativamente adversos. Para la descarga de sustancias tóxicas tales como PCBs (bifenilos policlorados), pesticidas, mercurio y otros, se necesitan análisis más profundos con énfasis en el control de las fuentes.

Surge el dilema sobre cuál es la manera más apropiada de disposición final: la adopción de tratamiento convencional de aguas servidas versus emisarios submarinos. A menos que haya una clara justificación, en América Latina no se debe adoptar, a priori, prácticas de algunos países desarrollados, que obedeciendo a razones políticas en vez de técnicas, exigen el tratamiento secundario de aguas residuales. Más bien, en una situación de mar abierto, no compleja, los emisarios submarinos en combinación con tratamiento primario o el pretratamiento sólo para la remoción de material flotante y grasa y aceite posee muchas ventajas sobre las soluciones convencionales que utilizan tratamiento secundario de aguas residuales con descargas más cercanas al litoral. Por ejemplo, una dilución inicial de 100 a 1 alcanzada por la aplicación de emisarios submarinos está muy lejos de lo que se puede lograr con tratamiento secundario convencional en lo que se refiere a remoción de materia orgánica y nutrientes. Asimismo, la posterior mortalidad de bacterias puede reducir aún más los patógenos a niveles comparables, o menores, a aquéllos alcanzados por cloración de los efluentes secundarios. Un argumento adicional que favorece a los emisarios es que los procesos de tratamiento biológico están sujetos frecuentemente a trastornos que podrían resultar en la descarga de aguas residuales crudas en o cerca del litoral. Descontando la falla estructural, lo que raramente se encuentra en diseños modernos, tales descargas no pueden ocurrir con el uso de emisarios submarinos que descargan fuera del litoral. Además, los emisarios submarinos pueden ser diseñados para manejar adecuadamente variaciones estacionales significantes del flujo de las aguas negras, debido a la población transitoria típica de áreas turísticas. Esta flexibilidad no sería tan factible con sistemas biológicos de tratamiento secundario.

El tratamiento secundario convencional también separa el efluente, a un costo elevado, en dos corrientes de aguas servidas: efluente tratado que es casi siempre clorado, y lodo - ambos usualmente encuentran su camino hacia el ambiente marino por emisarios separados, lo cual puede considerarse supérfluo. Finalmente, en plantas convencionales no hay reducción significativa de la mayoría de las sustancias tóxicas.

Un análisis económico de Ludwig⁽³⁾ demuestra que para las aguas servidas urbanas típicas, la diferencia de costo de construcción y mantenimiento y operación entre el tratamiento secundario convencional, por una parte, y los emisarios submarinos largos con sólo tratamiento primario convencional, por la otra, claramente favorece a la última. Esta conclusión se basa en que emisarios submarinos largos (3 a 5 km) apropiadamente diseñados que descargan en aguas de profundidades mayores a 20 metros, casi siempre cumplen con estándares tanto de coliformes totales como fecales para playas de recreo. Limitando el tratamiento sólo para la remoción de flotantes, grasa y aceite, la comparación sería aún más favorable a los emisarios submarinos, aunque para tales descargas se debe evaluar la posible acumulación de sedimento en el fondo y su posterior movimiento hacia el litoral debido a corrientes marinas cerca del fondo. Asimismo,

el uso reciente de plásticos más económicos en la construcción de emisarios aumenta la viabilidad de esta alternativa para disposición de aguas servidas, especialmente para comunidades pequeñas e intermedias.

La alternativa de emisarios submarinos también debe evaluarse en términos de necesidades locales del área. Por ejemplo, en zonas costeras áridas, como en el Perú, el reuso de aguas cloacales tratadas puede ser una alternativa viable. También, las prioridades socioeconómicas tomarían una mayor importancia en algunos países en desarrollo donde la distribución de los escasos recursos se tiene que hacer dentro del marco de la carencia de hospitales, colegios, abastecimientos seguros de agua o aún el alimento necesario para sobrevivir.

Se debe evitar la ubicación de emisarios submarinos para disposición de aguas residuales cerca de áreas ambientalmente sensibles tales como arrecifes corales y lugares de cosecha de mariscos, etc.

3. Métodos de disposición de desechos en América Latina y el Caribe

La explosión demográfica que está ocurriendo en América Latina y el Caribe está siendo absorbida por las ciudades más grandes con un promedio anual de urbanización que excede el 3.8%, mientras que el total de la población (441 millones⁽⁴⁾ en 1990) está creciendo a sólo 1.7%⁽⁴⁾. Actualmente (tómese como referencia el año 1990), hay 426 ciudades en la Región que tienen más de 100,000 habitantes, distribuidos estadísticamente como se muestra en la tabla 1 y geográficamente como se representa en la figura 1, en las que vive el 45% de la población de la Región⁽⁴⁾. De estas ciudades, 103 (ver tabla 1) están localizadas en áreas costeras o cerca de estuarios con una población de aproximadamente 70.4 millones de habitantes en 1990. De esta manera, casi un cuarto de todas las ciudades que tienen más de 100,000 habitantes y más de un tercio del total de la población urbana de esta clase de ciudades pueden potencialmente ser servidas por emisarios submarinos para la disposición final de aguas cloacales. Este número de ciudades se incrementa de cuatro a cinco veces cuando se incluyen los centros urbanos de 20,000 a 100,000 habitantes. La población total urbana en 1990 era de 314 millones⁽⁴⁾ ó 71% del total.

Es práctica común de las ciudades costeras descargar sus aguas residuales sin tratamiento al cuerpo de agua más cercano o más conveniente y usualmente se dan mínimas consideraciones a las consecuencias ambientales principalmente por la falta de recursos económicos. Frecuentemente, las aguas residuales crudas se descargan en o muy cerca de playas para recreo como ocurrió en el caso de la mundialmente famosa playa de Ipanema en Rio de Janeiro, y como ocurre actualmente en o cerca de las playas de la mayoría de las otras ciudades costeras de la Región. Los promedios geométricos de niveles de coliformes totales que exceden los 100,000 NMP/100 ml se han observado frecuentemente en playas públicas de recreo con mediciones individuales que algunas veces llegan a niveles de aguas residuales crudas. Los problemas asociados con las descargas de aguas servidas cerca del litoral son estéticos, pueden representar riesgos ecológicos y riesgos para la salud pública, y muchas veces traen consecuencias económicas al restringir el turismo.



**Figura 1 - Ciudades de América Latina y el Caribe
con poblaciones mayores de 100,000 habitantes**

Tabla 1. Distribución de Centros Urbanos en América Latina y el Caribe en 1990

Población mayor que	Total Regional		Areas costeras o de estuarios	
	Número	Pob. total (millones)	Número	Pob. total (millones)
100,000	426	198'068,168	103	70'407,550
500,000	74	127'912,665	32	54'984,034
1'000,000	37	103'131,490	17	45'230,885
3'000,000	7	57'408,923	3	23'838,913

(Basado en datos obtenidos de la referencia 5).

Basada en la encuesta originalmente conducida por el CEPIS en 1983, y actualizada en lo posible, la situación de la Región en 1993 con respecto a emisarios submarinos de 500 metros o más de longitud, es como sigue:

- Construidos	68
- En construcción	4
- En proyecto*	<u>10</u>
TOTAL	82

Algunos de los detalles más pertinentes de estos emisarios se presentan en la tabla 2. Se nota que a fin de cumplir con los estándares de coliformes comúnmente aplicados a playas de recreo, los procedimientos modernos de diseño requieren una combinación apropiada de la longitud del emisario submarino, de la profundidad de la descarga y de la estructura de la corriente marina. La longitud mínima de 500 metros usada como criterio para la tabla 2 es simplemente un punto de referencia; usualmente se requieren emisarios submarinos más largos de 500 metros para descargas mayores a fin de cumplir con los estándares de coliformes.

* Debido a que la lista fue actualizada parcialmente, es posible que los emisarios submarinos que figuran en proyecto ya estén construidos.

Tabla 2. Características de Emisarios de 500 o más metros de longitud en Latinoamérica y el Caribe en 1993

No.	Ubicación	Año Terminac. Construc.	Nivel de Tratamiento	Tamaño de Tubería y Material	Longitud (m)	Profundidad de Descarga (m)	Longitud del Difusor (m)	Número de Orificios	Diámetro de Orificios (cms)	Agua Recipiente	Ref.
1	Aguadilla, Puerto Rico	1983	Primario	48" (122cm) Hierro fundido dúctil	863	15	46 con $\varnothing=30"$ 45 con $\varnothing=24"$ 25 con $\varnothing=18"$ (2 difusores)	10 6,6 7	10.1 11.4, 12.0 12.7	Costa abierta Océano	6
2	Arecibo, Puerto Rico	1983	Primario	36" (90 cm) Concreto reforzado	1,000	26	250 ($\varnothing=750$ mm)	56	10.5	Costa abierta Océano	7
3	Barceloneta, Puerto Rico	1979	Secundario Industria	48" (122 cm) Concreto precomprimido	850	30	100 (2 difusores, Y) ($\varnothing=36"$)	39/ difusor	20 de 7.6 18 de 10.1 1 de 30.5	Costa abierta Océano	8
4	Camuy-Haíillo, Puerto Rico	1982	Secundario	24" (61 cm) Concreto reforzado	600	15.5	69.7	20	10	Costa abierta Océano	9
5	Bayaman-Pto.Nuevo Puerto Rico	1982	Primario	120" (305 cm) Concreto reforzado	2,561 ^a	41	316 (2 difusores, Y) ($\varnothing=84"$)	103/ difusor	82 de 15 20 de 18 1 de 25	Costa abierta Océano	10
6	Mayaguez, Puerto Rico	1982	Primario	60" (152 cm)	1,816 ^a	11	97 (2 difusores, Y) ($\varnothing=36"$)	16/ difusor	15 de 15 1 de 25	Costa abierta Océano	11
7	Ponce, Puerto Rico	1972	Primario	72" (183 cm) Concreto reforzado	1,524	15	230	64	7.6	Ensenada Oceánica	10
8	Santa Isabel, Puerto Rico	1983	Secundario	20" (51 cm) Hierro fundido dúctil	1,993	9	6.1	3	2 de 10.2	Costa abierta Océano	12
9	Carolina, Puerto Rico	?	Primario	72" (183 cm) Concreto reforzado	1,972	27.44	203.16	34	20 de 19.1 13 de 22.2 1 de 38.1	Costa abierta Océano	13

a. Incluye longitud del difusor

No.	Ubicación	Año Terminac. Construc.	Nivel de Tratamiento	Tamaño de Tubería y Material	Longitud (m)	Profundidad de Descarga (m)	Longitud de Difusor (m)	Número de Orificios	Diámetro de Orificios (cms)	Agua Recipiente	Ref.
10	Guayana, Puerto Rico	?	Primario	1.2m (3.9 pies) Concreto reforzado	1,095 ^a	12.14	245.0	100	8	Costa abierta Océano	14
11	Humacao, Puerto Rico	?	Primario							Costa abierta Océano	10
12*	Guayamilla, Puerto Rico	?	Primario							Ensenada Océánica	10
13*	Fajardo, Puerto Rico	?	Primario							Costa abierta Océano	10
14	Sun Oil Co., Yabucoa, Puerto Rico	?	Industria	15" (38.1 cm) Acero revestido	816.6 ^b	6.7	108.8	22	5.7	Ensenada	15
15	Ipánema, Río de Janeiro, Brasil	1975	Sin tratamiento	2.4 m (7.87 pies) Concreto precomprimido	4,325	27	450	180	17	Costa abierta Océano	16,17
16	Manaus, Amazonas Brasil	1976 ^c	Sin tratamiento	1.0 m (3.28 pies) Polietileno de alta densidad	3,600 ^d	58	(Ø = 800 mm)		10	Río	18,17
17	Santos, Sao Paulo Brasil	1978	Tamices rotativos y clorac.	1.75 ^d m (5.74 pies) Acero revestido	4,000	10	200	40	30	Bahía de Santos	16,20
18	Fortaleza, Ceará, Brasil	1975	Sin tratamiento	1.5 m (4.92 pies) Concreto con alma de acero, revestido interno de epoxi	3,205	12	600	120	11	Costa abierta Océano	16,20
19	Salvador Bahía, Brasil	1975	Sin tratamiento	1.75 ^d m (5.74 pies)	2,350 ^a	27	350	70	15	Costa abierta Océano	21,20

a. Incluye longitud del difusor.

b. No está operativo (1985).

c. Distancia de la orilla es de 300 m.

d. φ interno.

* Nunca fueron construidos. Substituidos por sistemas regionales.

No.	Ubicación	Año Terminac. Construc.	Nivel de Tratamiento	Tamaño de Tubería y Material	Longitud (m)	Profundidad de Descarga (m)	Longitud de Difusor (m)	Número de Orificios	Diámetro de Orificios (cms)	Agua Recipiente	Ref.
20	Sao Sebastiao Sao Paulo Brasil	1982	Sin tratamiento	15 cm (5.9 ") Poliéster/Fibra de vidrio	1,000*	11	3.5	7	5	Costa abierta	22
21	Boa Vista ^f Brasil	?	Sin tratamiento	35 cm (14 ") Poliétileno de alta densidad	1,250					Río	18,17
22	Araacruz Celulose S.A. Araacruz, Espírito Santo, Brasil	1978	Industr.	1.0 m (3.28 pies) Polipropileno	1,100* (2 emisarios)	17	284	70 (por emisario)	10	Costa abierta Oceáno	18,24
23	Nitrofértil Aracajú, Sergipe, Brasil	1982	Industr.	8 " (20.3 cm) Acero revestido AP.1 5L, gr B	4,400	10	12	5	5.1	Costa abierta Oceáno	25
24	Salgema Maceió, Alagoas, Brasil	1980	Industr.	20 " (50.8 cm) FRP (Plástico reforzado de fibra)	3,000	18	300	48	8	Costa abierta Oceáno	26
25	Titanio do Brasil TIBRAS Salvador, Brasil (2 emisarios)	1980 1980	Industr. Industr.	26 cm (10.2 ") Poliétileno de alta densidad 40 cm (10.2 ") Poliétileno de alta densidad	4,000 4,000	16 16		Final abierto Final abierto	26 40	Costa abierta Oceáno Costa abierta	17
26	Dpto. Nac. de Obras 1979 de Saneamiento (DNOS) Distrito Industrial de Manaus	1979	Industr.	56 cm (22 ") Poliétileno de alta densidad	3,600	5		Final abierto	56	Río	17
27	Veracruz, Ver. México	1970	Sin tratamiento	94 cm (37 ") Acero	1,500	15				Costa abierta Golfo de México	27,28
28	Nuevo Vallarta, Nayarit, México	1976	Primario	(24 ") 61 cm Acero	2,600	15	70	15	10	Ensenada O. Pacífico	27,30

a. incluye longitud del difusor e. roto, nunca funcionó f. longitud total, 2,500 m, siendo 1,100 m la parte submarina

No.	Ubicación	Año Terminac. Construc.	Nivel Tratamiento	Tamaño de Tubería y Material	Longitud (m)	Profundidad de Descarga(m)	Longitud de Difusor (m)	Número de Orificios	Diámetro Orificios (cms)	Agua Recipiente	Ref.
29	Productos. y pigmentos químicos de México (P.P.Q.) Altamira, Tamaulipas México	1978	Sin trat. Industria	38 cm (15 ") Acero	1,500	16				Costa abierta Golfo de México	27,28
30	Acapulco Guerrero, México	En proyecto	Primario							Costa abierta O. Pacífico	27,28
31	Lázaro Cárdenas Michoacán, México	En proyecto	Primario							Costa abierta O. Pacífico	27,28
32	FERTIMEX Puerto Industrial de Lázaro Cárdenas Michoacán, México	1985	Secundario o Industria	36 " (91.4 cm) Polipropileno (2 líneas)	1,250	26	3*	3 por línea	35.6	Costa abierta O. Pacífico	28,30, 31
33	Altamira Tamaulipas México	En proyecto								Costa abierta	27
34	Petróleos Mexicanos (PEMEX) - Salina Cruz, Oaxaca, Méx.	1979	Secundario o Industria	36 " (91.4 cm) Acero protegido	2,680	15	38.5	28	17.5	Costa abierta O. Pacífico	29
35	Mazatlán, Sinaloa, Méx.	1985	Primario	36 " (91.4 cm) Acero revestido	715*	18-22.5	80 con Ø 91.4 cm 40 con Ø 76.2 cm 60 con Ø 61.0 cm	20 10 15	10	Costa abierta O. Pacífico	27, 32
36	Nueva Buenos Aires Barcelona Edo. Anzoátegui Venezuela	1983 Proyecto		168 cm (66.1") Concreto	4,373	13.13	7.0	4	45	Costa abierta Mar Caribe	33
37	Zona Intercomunal Barcelona, Edo. Anzoátegui, Venezuela	1982		90 cm (35.4 ") Acero	4,063	11	6.60	4	30	Costa abierta Mar Caribe	34, 33
38	Higuerote, Estado Miranda Venezuela	1977		60 cm (24 ") Acero protegido	4,100	11	56	12	20	Costa abierta Océano	34, 33

a. incluye longitud del difusor g. difusor consiste de tres tuberías de Ø 24 " con una reducción a 14" al final. El número dado es la distancia entre los dos difusores.

No.	Ubicación	Año Terminac. Construc.	Nivel de Tratamiento	Tamaño de Tubería y Material	Longitud (m)	Profundidad de Descarga (m)	Longitud de Difusor (m)	Número de Orificios	Diámetro de Orificios (cms)	Agua Recipiente	Ref.
39	Carúpano Edo. Sucre Venezuela	?		70 cm (27.6 ") Acero	1,400					Costa abierta Mar Caribe	33, 36
40	Buen Maestro, Zulia, Venez.	1949		107 cm (42 ") Concreto	1,850	9				Lago de Maracaibo	34, 33
41	Güira Edo. Sucre Venezuela	1977		40 cm (15.9 ") Acero	1,653	3.5	9.0	4	10	Costa abierta Mar Caribe	34
42	Puerto Perico Cumaná, Edo. Sucre Venezuela	1982 Proyecto		75 cm (22.5 ") Concreto	1,600	18.00	9.0	8	15	Costa abierta Mar Caribe	33
43	Carúpano Edo. Sucre Venezuela	1980 Proyecto		50 cm (19.7 ") Acero	1,387	10.00	21.00	8	15	Costa abierta Mar Caribe	33
44	La Rosa, Zulia, Venezuela	1970		107 cm (42 ") Hierro fundido	1,340	4				Lago de Maracaibo	34, 33
45	La Silva, Zulia, Venezuela	1972		108 cm (42 ") Acero	1,220	6.5				Lago de Maracaibo	34, 33
46	Plaza Rodo Zulia, Venezuela	1949		137 cm (54 ") Concreto	1,210					Lago de Maracaibo	33
47	San Luis Camaná, Edo. Sucre Venezuela	En proyecto		90 cm (35.7 ") Concreto	1,100	39.4				Costa abierta Mar Caribe	33
48	Punta de Piedras Isla de Margarita Edo. Nva. Esparta, Venezuela	1979		30 cm (11.8 ") Acero	1,076	8	3.00	2	15	Costa abierta Mar Caribe	33
49	Altagracia, Zulia, Venezuela	1968		30 cm (12 ") Concreto reforzado	1,020	4.2					34, 33
50	Punta Santa Zulia Venezuela	1969		91 cm (36 ") Hierro fundido	1,010					Lago de Maracaibo	33

No.	Ubicación	Año Terminac. Construc.	Nivel Tratamiento	Tamaño de Tubería y Material	Longitud (m)	Profundidad de Descarga (m)	Longitud de Difusor (m)	Número de Orificios	Diámetro de Orificios (cms)	Agua Recipiente	Ref.
51	El Tirano Isla de Margarita Edo. Nva. Esparta, Ven.	1978 Proyecto		40 cm (15.7 ") Acero	1.000	9.30		4	20	Costa abierta Mar Caribe	33
52	Juan Griego Isla de Margarita Edo. Nva. Esparta Ven.	1979		40 cm (15.7 ") Acero	1.000	6.9	8.00	2	20	Costa abierta Mar Caribe	33
53	Puerto Píritu Edo. Anzoátegui Venezuela	1980 Proyecto		40 cm (15.7 ") Acero	962.52	9.58	8.00	5	10	Costa abierta Mar Caribe	33
54	Porlamar* Isla de Margarita	1980		45 cm (17.7 ") Hierro fundido	920	4.5		4	20	Costa abierta Mar Caribe	33 35
55	Los Cocos Pto. La Cruz Edo. Anzoátegui Venezuela	1956		90 cm (35.4 ") Hierro fundido	720	7.0	6.40	6	45	Costa abierta Mar Caribe	33
56	Cumaná II Edo. Sucre Venezuela	?		60 cm (23.6 ") Acero	720					Costa abierta Mar Caribe	33
57	Pampatar, Isla de Margarita*, Edo. Nueva Esparta, Ven.	1973		40 cm (15.7 ") PVC	718	13		1	15	Costa abierta Mar Caribe	33, 34 35
58	El Guapo Camaná Edo. Sucre, Ven.	1973 Proyecto		50 cm (19.7 ")	700	23		8	25	Costa abierta Mar Caribe	33
59	Maritar Edo. Sucre Venezuela	1977		25 cm (9.8 ") Acero	690	50.00	6.00	3	15	Costa abierta Mar Caribe	33
60	Papelón, Pto. La Cruz Edo. Anzoátegui, Venezuela	1968		30 cm (11.8 ") Hierro Fundido	600	9.0	5.95	4	20	Costa abierta Mar Caribe	33

* Según memorándum PWR/VEN/0682/91, los emisarios submarinos 55 y 58 fueron suprimidos y, en su reemplazo, se construyó la Planta de Tratamiento "Los Cerritos", (ver referencia 35).

No.	Ubicación	Año Terminac. Construc.	Nivel de Tratamiento	Tamaño de Tubería y Material	Longitud (m)	Profundidad de Descarga (m)	Longitud de Difusor (m)	Número de Orificios	Diámetro de Orificios (cms)	Agua Recipiente	Ref.
61	Lavela de Coro Edo. Falcón Venezuela	1961		10 " (25.4 cm) Hierro Fundido	544		0.8 - 4			Costa abierta Mar Caribe	33
62	Irapa Edo. Sucre Venezuela	1976		25 cm (9.8 ") Acero	510	3.0		1	15	Costa abierta Mar Caribe	33
63	Los Angeles, D.F., Venezuela	?	Sin tratamiento	38 cm (15 ")	996					Costa abierta Mar Caribe	33, 37
64	Tanaguarena D.F., Venezuela	1977		20 " (50 cm)	900	24.9				Costa abierta	33
65	Higuerote, D.F., Venezuela	?			800					Costa abierta Océano	33
66	Macuto, D.F., Venezuela	1963	Sin tratamiento	61 cm (24 ") Acero	800	60				Costa abierta Océano	33, 37
67	Naiguatá, D.F., Venezuela	1983	Sin tratamiento	76 cm (30 ")	700	38	40	9	35.5	Costa abierta Océano	33, 37
68	Tacagua, D.F., Venezuela	1972	Sin tratamiento	76 cm (30 ") Acero	700	35				Costa abierta Océano	33, 37
69	La Zorra, D.F., Venezuela	1970	Sin tratamiento	35 cm (14 ") Acero	635	15.6				Costa abierta Océano	33, 37
70	Escuela Naval (Mamo) D.F., Venezuela	1976	Sin tratamiento	30 cm (12 ")	600	26				Costa abierta Océano	33, 37
71	Caraballeda, D.F., Venezuela	?	Sin tratamiento	15 cm (6 ")	550					Costa abierta Océano	33, 37
72	Carmen Uria D.F., Venezuela	1975		8 " (20 cm) Acero	500	15				Costa abierta Océano	33
73	Cerro Grande (Uria) D.F., Venezuela	?	Sin tratamiento	20 cm (8 ")	500					Costa abierta Océano	33, 37
74	Las Caracas, D.F., Ven	1977	Sin tratamiento	25 cm (10 ")	500	10.5				Costa abierta Océano	33, 37

No.	Ubicación	Año Terminac. Construc.	Nivel de Tratamiento	Tamaño de Tubería y Material	Longitud (m)	Profundidad de Descarga (m)	Longitud de Difusor (m)	Número de Orificios	Diámetro de Orificios (cms)	Agua Recipiente	Ref.
75	Cartagena, Chile	?	Sin tratamiento	50 cm (20") Acero	500	14				Costa abierta Océano	38
76	Arica Chile	1987	Primario Cámara de rejás y trituradores	831 mm (32.7") Poliétileno Caudal = 950 l/s	2,214	18	100 (Y)	24 + 24	7.5	Costa abierta Océano	39, 40
77	Serena Chile	1988	Primario Cámara de rejás y trituradores, desarenadores, clarificador	900 mm (35.4") Poliétileno de alta densidad Caudal = 713 l/s	1,750	18	40 (Y)	20 + 20	14.0	Costa abierta Océano	39, 40
78	Coronel Chile	1990	Primario	517 mm (20.3") Poliétileno de alta densidad Caudal = 296 l/s	600	12	26 (Y)	1 + 1	25.0	Costa abierta Océano	39, 40
79	Playa Brava Iquique, Chile	En construcción	Primario	831 mm (32.7") Poliétileno	1,500	50	48 (Y)	5 + 5	13.0	Costa abierta Océano	40
80	Playa Negra Iquique, Chile	En construcción	Primario	738 mm (29.1") Poliétileno	1,340	30	42 (Y)	4 + 4	13.0	Costa abierta Océano	40
81	Tomé, Chile	En construcción	Primario	525 mm (20.7") Poliétileno de alta densidad	1,200	19	25	4	20.0	Costa abierta Océano	40
82	Penco-Lirquen, Chile	En construcción	Primario	591 mm (23.3") Poliétileno de alta densidad	1,300	15	25	4	20.0	Costa abierta Océano	40
83	Montevideo Uruguay	1990	Sin tratamiento		2,250					Estuario	41
84	Fort-de-France Martinica		Sin tratamiento	60.9 cm (24") Poliéster reforzado con fibra de vidrio	1,000					Costa abierta Océano	42

Y = difusión en forma de Y.

Puerto Rico, con una población total de cerca de 3.53 millones de habitantes en 1990⁽⁴⁾ cuenta en 1994 con doce emisarios submarinos construidos. En comparación con el resto de la Región, Puerto Rico tiene el uso per cápita más alto de este medio para disposición final de aguas servidas. La Autoridad de Acueductos y Alcantarillado de Puerto Rico es la responsable del diseño y construcción de sistemas de emisarios submarinos y por lo menos utiliza tratamiento primario. Los permisos para descargas finales son otorgados por la Junta de Calidad Ambiental, la que conduce revisiones extensivas y detalladas de diseño finales empleando procedimientos, modelos y criterios de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. Por lo tanto, aplican los criterios más modernos de diseño y llevan a cabo estudios postoperativos de calidad de agua para asegurar el desempeño y cumplimiento de ellos.

Tres de las cinco ciudades costeras más pobladas del Brasil (Rio de Janeiro, Salvador y Fortaleza) están parcialmente servidas por un emisario submarino mayor. Generalmente no se aplica tratamiento a las aguas servidas. Siguiendo el ejemplo del emisario submarino de Ipanema, se ha aplicado el criterio más moderno en el diseño del difusor para asegurar dilución máxima. Brasil cuenta con doce emisarios submarinos construidos (cinco para descargas industriales). Se hace notar que el emisario submarino plástico de Boa Vista falló después de su construcción y nunca fue puesto en operación.

México tiene cinco emisarios submarinos construidos (dos para descargas industriales) y en 1985 habían cuatro en proyecto. Se han aplicado criterios modernos en su diseño y usualmente se da tratamiento primario a las aguas servidas.

De los 82 emisarios submarinos presentados en la tabla 2, 39 o casi la mitad, pertenecen a Venezuela y dos de ellos datan del 1949 y, por lo tanto, son los más antiguos de la Región. Sólo 17 de estos 39 emisarios submarinos de Venezuela tienen 1000 m o más de longitud. Doce emisarios de menos de 1000 m de longitud dan servicio a pueblos pequeños y a instalaciones de recreo en el Distrito Federal. Las playas públicas en este Distrito son frecuentadas hasta por dos millones de personas durante los fines de semana y feriados. Análisis bacteriológicos llevados a cabo en 1971, determinaron que 75% de estas playas públicas tenían niveles aceptables de coliformes⁽⁴⁴⁾. Las pobres condiciones de calidad del agua usualmente se limitaban a las áreas cercanas a las descargas crudas en o cerca de la costa y a las descargas de tributarios muy contaminadas por desechos animales. Las playas en las áreas servidas por los emisarios submarinos generalmente se clasificaban como aceptables. Por lo tanto, a pesar de su relativa corta longitud (menos de 1000 metros) esos emisarios submarinos aparentemente funcionaron bien en el momento de los estudios, como resultado de corrientes favorables este-oeste y condiciones ambientales estratificadas. Sin embargo, se han reportado deterioros estructurales en los últimos años, con fugas a lo largo de algunos de estos emisarios submarinos, y la calidad del agua probablemente ha sido degradada.

Chile tiene cuatro emisarios submarinos en funcionamiento usando plásticos modernos en tres de ellos. Además, habían dos en construcción y dos en proyecto para 1993; todos utilizando plásticos modernos. Hay numerosos emisarios de menor longitud pero son generalmente meras extensiones de los sistemas de desagüe. Se aplica tratamiento primario a las aguas servidas.

Después de muchos años de discusión técnica, el emisario submarino de Montevideo, Uruguay, fue construido en 1990.

Fort-de-France, Martinica, en el Mar Caribe, cuenta con un emisario submarino construido.

Además de áreas de estuarios y costeras, los emisarios "submarinos" (subacuáticos) también pueden usarse para la descarga de aguas residuales en lagos o ríos grandes de agua dulce. Tal es el caso de Manaus, Brasil (véase tabla 2, emisario 16) donde las aguas negras se descargan dentro del río Negro, un tributario del río Amazonas, a través de un emisario subacuático de un metro de diámetro y 3,600 metros de longitud. Como en su mayor parte el emisario es construido paralelo a la costa, la descarga ocurre a sólo 300 metros del litoral. Este uso adicional potencial de emisarios subacuáticos aumenta la población potencial que podría ser servida por este mecanismo de disposición final de aguas residuales sobre los 70 millones citados en la tabla 1 y, por lo tanto, reafirma la importancia de esta tecnología.

Aún cuando hay un total de 82 emisarios existentes y planeados en la Región, la población actualmente servida o que será servida es comparativamente pequeña. Sólo 18 (incluyendo Manaus) de estos emisarios sirven a ciudades con poblaciones mayores a 100,000 y en la mayoría de los casos estas ciudades están sólo parcialmente servidas. Por lo tanto, la mayor parte de las aguas residuales generadas por las poblaciones costeras y cerca de estuarios continúa descargándose en o cerca del litoral sin ningún tratamiento, lo que frecuentemente ocasiona problemas estéticos, de salud pública, ecológicos y económicos previamente mencionados.

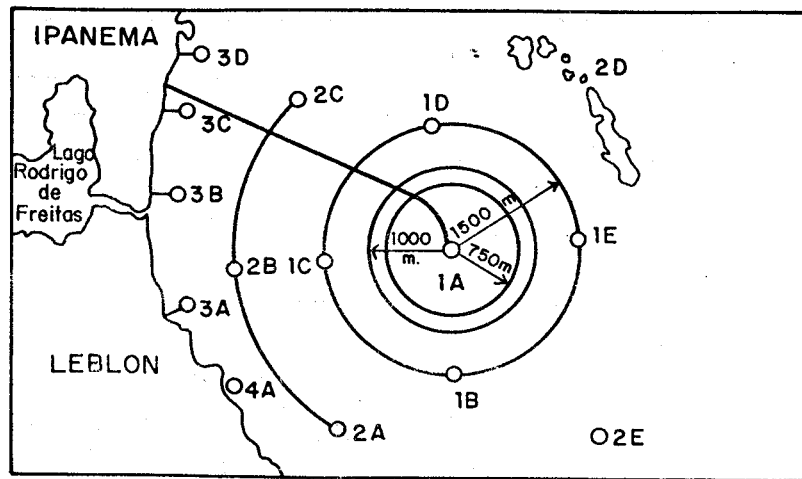
Las condiciones de calidad del agua logradas en las playas de Ipanema y Leblón en Rio de Janeiro ejemplifican las mejoras potenciales en la calidad del agua que se pueden alcanzar a través del uso de un emisario submarino apropiadamente diseñado. El emisario submarino de Ipanema se inauguró en setiembre de 1975 y sirve a la zona sur de Rio de Janeiro con un flujo actual de alrededor de 10 m³/s y un flujo de diseño de 12 m³/s proyectado para el año 2000. Sus características físicas se presentan en el tabla 2 (emisario número 15). Un continuo monitoreo de calidad del agua conducido por la autoridad local de agua y alcantarillado "Companhia Estadual de Aguas e Esgotos" demuestra que las condiciones han mejorado significativamente como puede verse en la figura 2⁽⁴⁵⁾. Aún más, con la excepción del uso de redes gruesas para proteger las bombas, no se ha aplicado tratamiento de aguas residuales o cloración para el efluente del emisario de Ipanema. Sin embargo, debido a su construcción sobre pilares, algo no usual para emisarios submarinos, un tramo que ya fue reparado colapsó cerca al litoral en 1990.

4. Costos de emisarios submarinos

La figura 3 muestra los costos de los emisarios submarinos in situ desarrollado por Wallis⁽⁴⁶⁾ y actualizado por Ludwig⁽³⁾ y el autor. La figura también incluye los costos desarrollados por Reiff⁽⁴⁷⁾ de los emisarios submarinos de pequeño diámetro de polietileno de alta densidad aplicables a pequeñas comunidades. Desafortunadamente, los costos para la mayoría de los emisarios de la tabla 2 no estaban disponibles y por lo tanto no se reflejan en la figura 3.

5. Conclusiones

En resumen, los emisarios submarinos proveen una tecnología eficiente, segura y relativamente económica para la disposición final de aguas residuales que, cuando están diseñados apropiadamente, pueden alcanzar los objetivos de calidad del agua y minimizar los impactos adversos al ambiente, a la ecología y a la salud pública. Si la tasa actual de crecimiento urbano de 3.8% continúa, la población costera y cerca de estuarios potencialmente servida por emisarios submarinos se incrementará de 70 millones a alrededor de 94 millones para el año 2000 con un consecuente flujo de aguas residuales de cerca de 160 m³/s. La disposición apropiada de estas aguas residuales es crítica para el desarrollo futuro y el bienestar ambiental de la Región.



UBICACION DE LA ESTACION DE MUESTREO

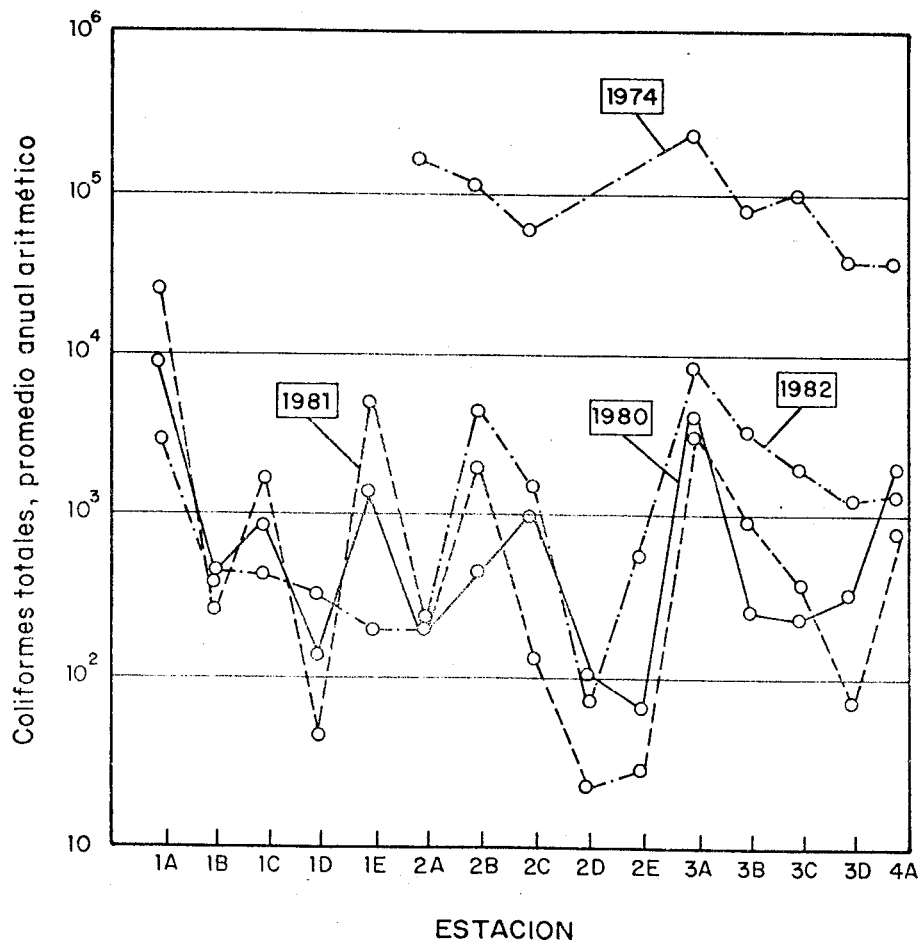


Figura 2 - Coliforme total antes y después de la construcción del Emisario Submarino de Ipanema

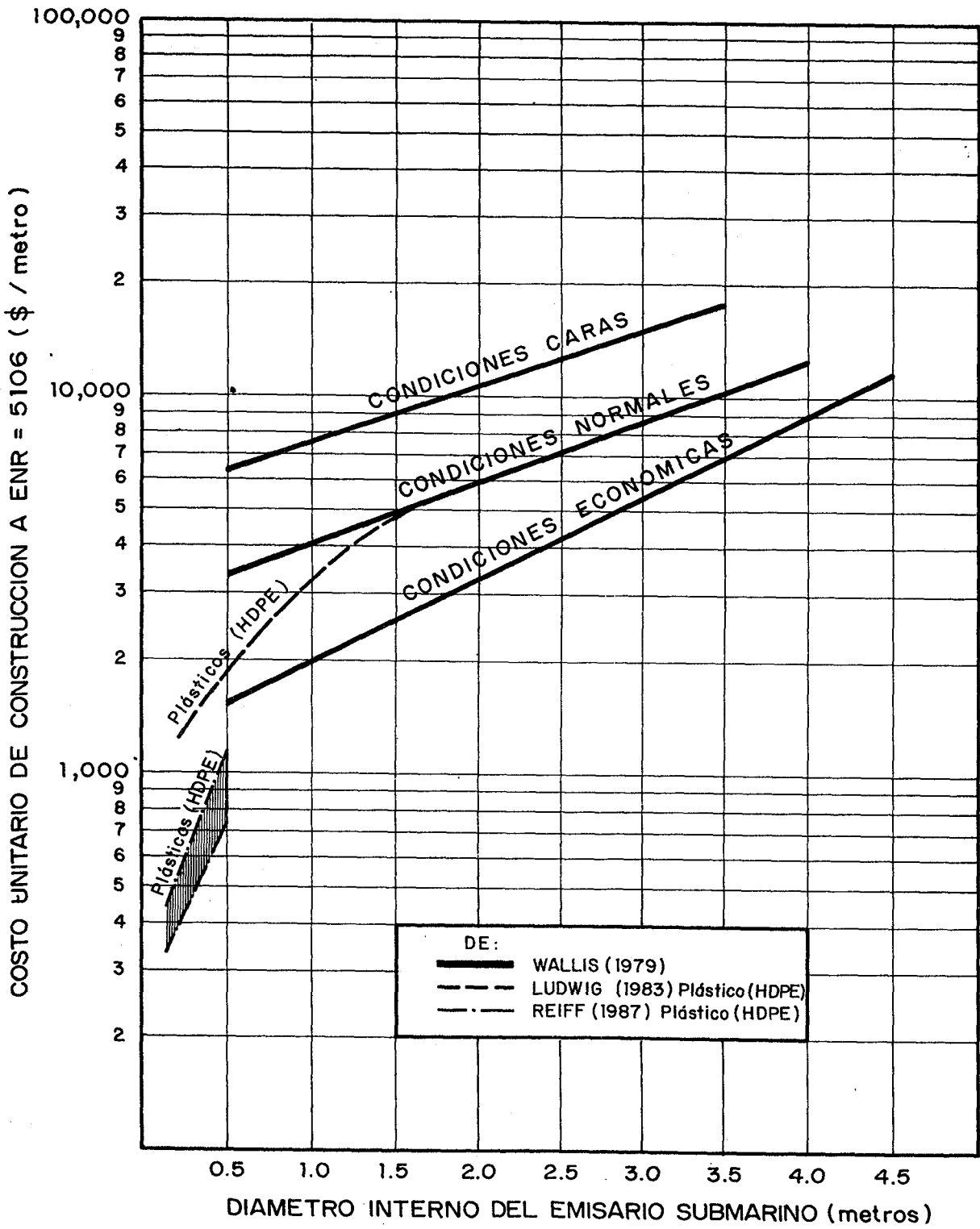


Figura 3 - Costo de Emisario Submarino

Bibliografía

1. Alder, C.A. (1973). Ecological fantasies. Green Eagle Press. New York.
2. Ludwig, R.G. (1983). Marine outfall planning and design. ENCIBRA S.A., Sao Paulo.
3. Ludwig, R.G. (1988). Evaluación del impacto, ambiental, ubicación y diseño de emisarios submarinos. Documento de la EIA, Reporte de MARC No. 43. Centro de Investigación de Monitoreo y Evaluación, OMS.
4. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (1993). Estadísticas y datos básicos sobre población en América Latina y el Caribe. Notas sobre la Economía y el Desarrollo, 540/541.
5. United Nations (1991). Demographic Yearbook (1991). Department of Economic and Social Development, Statistical Division.
6. R.E. Sarriera Associates (1983). Mixing zone for the effluent from the aguadilla regional wastewater treatment plant, Puerto Rico Aqueduct and Sewer Authority, September, 1983.
7. Bogert-Spectrum Associates (1972). Arecibo oceanographic study. Puerto Rico Aqueduct and Sewer Authority.
8. Malcolm Pirnie, Inc. & Bosora & Rodriguez (1980). Effluent mixing zone for Barceloneta regional wastewater treatment plant. Puerto Rico Aqueduct and Sewer Authority.
9. Roe & Associates (1981). Mixing zone definition study for the Camuy-Hatillo-Quebradillas regional wastewater treatment plant. Puerto Rico Aqueduct and Sewer Authority.
10. Junta de Calidad Ambiental de Puerto Rico (1984). Comunicación personal, enero, 1984 (fuente original: Autoridad de Acueductos y Alcantarillados de Puerto Rico).
11. Center for Energy and Environment Research at the University of Puerto Rico, U.S. Department of Energy (1983). Mixing zone determination for effluent discharges of the ocean outfall of the Mayaquez regional wastewater treatment plant. Puerto Rico Aqueduct and Sewer Authority.
12. Ecosystems & Associates (1982). Santa Isabel mixing zone study. Puerto Rico Aqueduct and Sewer Authority, October, 1982.
13. Ecosystems & Associates (1981). Mixing zone study Carolina ocean outfall. Puerto Rico Aqueduct and Sewer Authority.

14. Ecosystems & Associates (1983). Mixing zone report for Guayana. Puerto Rico Aqueduct and Sewer Authority.
15. Louis Berger & Associates, Inc. (1982). Report on the design of outfall diffuser. Sun Oil Company, Yabucoa, Puerto Rico.
16. Representación OPS en Brasil (1983). Memorándum CWS/256/83, 18 de agosto de 1983 (fuente original: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Sao Paulo (CETESB), Superintendencia de Engenharia de Saneamento Básico).
17. Ludwig, R.G. (1985). Comunicación personal, marzo de 1985.
18. Transport-Cadrass, S.A. (1983). Emisario Subfluvial de Manaus; Emisario da Aracruz Celulose S.A.; Emisario Subfluvial de Boa Vista.
19. Companhia de Saneamiento Básico de Estado de Sao Paulo (SABESP) (1985). Carta PRE-2623/85, del 17 de junio de 1985.
20. García, Edmundo Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Ambiental de Sao Paulo (CETESB) (1984). Comunicación personal en Argentina. Diciembre de 1984.
21. Empresa Baiana de Agua e Saneamento S.A. (EMBASA) (1985). Carta 120/85-DIROP de fecha 13 de mayo de 1985. Salvador, Bahía, Brasil.
22. Companhia de Saneamento Básico do Estado de Sao Paulo (SABESP) (1979). Sistema de Esgotos Sanitários de Praia das Cigarras. Projeto Hidr. Sanitário - 03/79.
23. Castagnino, Walter (1984). Comunicación personal, mayo de 1984.
24. Aracruz Celulose, S.A. (1985). Carta Dic-28/85, del 12 de marzo de 1985. Barra do Riacho, Aracruz, Brasil.
25. Nitrofertil (1985). Carta DIVEP-017/85 de fecha 20 de marzo de 1985.
26. Dolfim Engenharia S.A. (1985). Carta D-DV-009/85 de fecha 26 de marzo de 1985. Rio de Janeiro, Brasil.
27. Representación OPS en Mexico (1984). Memorándum RP-MEX-EH-960-84, 27 de febrero de 1984 (fuente original: SEDUE.)
28. Pérez, José Hipólito (1984). Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE). Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación del Agua (DGA), México. Comunicación personal en Argentina.

29. Rivera T., Carlos (1986). Gerencia de Coordinación y Control de Protección Ambiental (PEMEX), México. Comunicación personal en Mazatlán, Sinaloa. Mayo de 1986.
30. Pérez, José Hipólito (1985). Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE). Dirección General de Preención y Control de la Contaminación del Agua. Carta del 19 de abril de 1985.
31. Espey, Huston & Associates, Inc. (1984). Analysis of Diffuser Characteristics. Lazaro Cardenas Project. Prepared for COMDUX SA de CV. Monterrey, Nuevo Leon, July 1984.
32. BIC. Ingenieros Civiles, SA de CV. (1984). Agua Potable y Alcantarillado, Mazatlán, Sinaloa. Emissor Submarino, Segundo Informe.
33. Representación OPS en Venezuela (1984). Memorándum CEP-CWS-010/RP-VEZ-3099-84, de 19 diciembre de 1984 (fuente original: Oficina de Educación Ambiental, Desarrollo Profesional y Relaciones Internacionales, Oficio No. 671, 12 de diciembre de 1984).
34. Representación OPS en Venezuela (1984). Memorándum CEP-CWS-010/RP-094-84, 16 de enero de 1984 (fuente original: Oficina de Educación Ambiental, Desarrollo Profesional Relaciones Internacionales, Oficio No. 15, 11 de enero de 1984).
35. Representación de OPS en Venezuela (1991). Memorándum PWR/VEN/0682/91, 12 de abril de 1991.
36. Comunicación personal (1985). Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS) de Venezuela. Mayo de 1985.
37. Representación OPS en Venezuela (1983). Memorándum AMRO-2070/AI-1168-83, 30 de mayo de 1983 (fuente original: Oficina de Salud Pública Internacional del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social).
38. Representación OPS en Chile (1984). Memorándum EHP/2/CH/1000/2277, 18 de junio de 1984 (fuente original: Servicio Nacional de Obras Sanitarias).
39. Representación OPS en Chile (1991). Memorándum CEP/CWS-010/3730, 14 de octubre de 1991 (fuente original: Departamento de Programas sobre el Ambiente del Ministerio de Salud de Chile).
40. Comunicación 492 (1993). 26 de abril de 1993. PAHO/Washington (Ing. Fred Reiff).
41. Camp, Dresser & Mckee, Inc. (1984). Informe final sobre modelos de calidad de agua. Proyecto de Saneamiento Urbano de Montevideo, Emisario subacuático. Febrero de 1984.
42. Petrofisa Plásticos, S.A. Cañerías Submarinas en P.R.F.V. Buenos Aires, Argentina.

43. Editorial América, S.A. (1983). Almanaque Mundial 1984. Panamá.
44. Dirección de Malariología y Saneamiento Ambiental (1971). Estudio Integral para determinar el estado de contaminación de las playas del litoral central. Ministerio de Sanidad y Asistencia Social. Caracas.
45. Companhia Estadual de Aguas e Esgotos, División de Operacao e Tratamento (1982). Relatório de actividades - 1982. Rio de Janeiro.
46. Wallis, J.G. (1979). Ocean outfall construction cost. Journal WPCF, 51:5:951-957. Mayo 1979.
47. Reiff, F.M. (1990). Small diameter (HDPE) submarine outfalls CEPIS/HPE/OPS.