



CAMPAÑAS DE MONITOREO EMISARIO SUBMARINO DE TOCOPILLA



INFORME FINAL

octubre, 2003



INDICE

1.	INTRODUCCION	3
2.	ESTACIONES OCEANICAS	3
3.	EFLUENTE PLANTA DE PRETRATAMIENTO	15
4.	COMUNIDADES INTERMAREALES, SUBMAREALES Y CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA	20
5.	CONCLUSIONES	24
6.	REFERENCIAS	26

INFORME FINAL

1. INTRODUCCION

El presente documento corresponde al informe final de las campañas de monitoreo de la descarga del emisario submarino y cuerpo receptor, realizadas durante el período Julio '02 – Agosto '03 en la ciudad de Tocopilla.

El monitoreo realizado da cumplimiento al Programa de Vigilancia Ambiental solicitado por la autoridad para la evaluación del impacto de la descarga de aguas servidas pretratadas en el cuerpo receptor agua de mar y en los sedimentos marinos, en el sector de descarga del emisario, así como también para evaluar la calidad del efluente descargado.

El **“Plan de Monitoreo y Vigilancia Ambiental”** está inserto en la DIA como compromiso establecido entre ESSAN S.A. y COREMA II Región y contempla la recolección de muestras y el posterior análisis de parámetros físicos, químicos, microbiológicos y ecológicos.

En relación con los resultados obtenidos en estas campañas de monitoreo y de acuerdo con lo evaluado, a continuación se destacan los aspectos más relevantes.

Cabe señalar, que la ejecución de este programa fue encomendada a la empresa consultora RGH prime.

2. ESTACIONES OCEANICAS

El muestreo del cuerpo receptor se realizó en cinco (5) estaciones de control, las cuales se indican en la figura 1.

Una de las estaciones de control, corresponde al extremo del emisario (M1), ubicada aproximadamente a 1.200 m de la costa, a profundidades de 0, 5 y 10 m y otra (M2) a 1.100 m de la costa, a las mismas profundidades señaladas anteriormente.

La tercera estación (M3) se ubicó a 1.000 m de la costa y se consideraron dos estaciones de control más ubicadas una a 1.200 m de la costa y 200 m

al noreste del extremo del emisario (M4) y la otra a 1.200 m de la costa y 200 m al suroeste del extremo del emisario (M5).

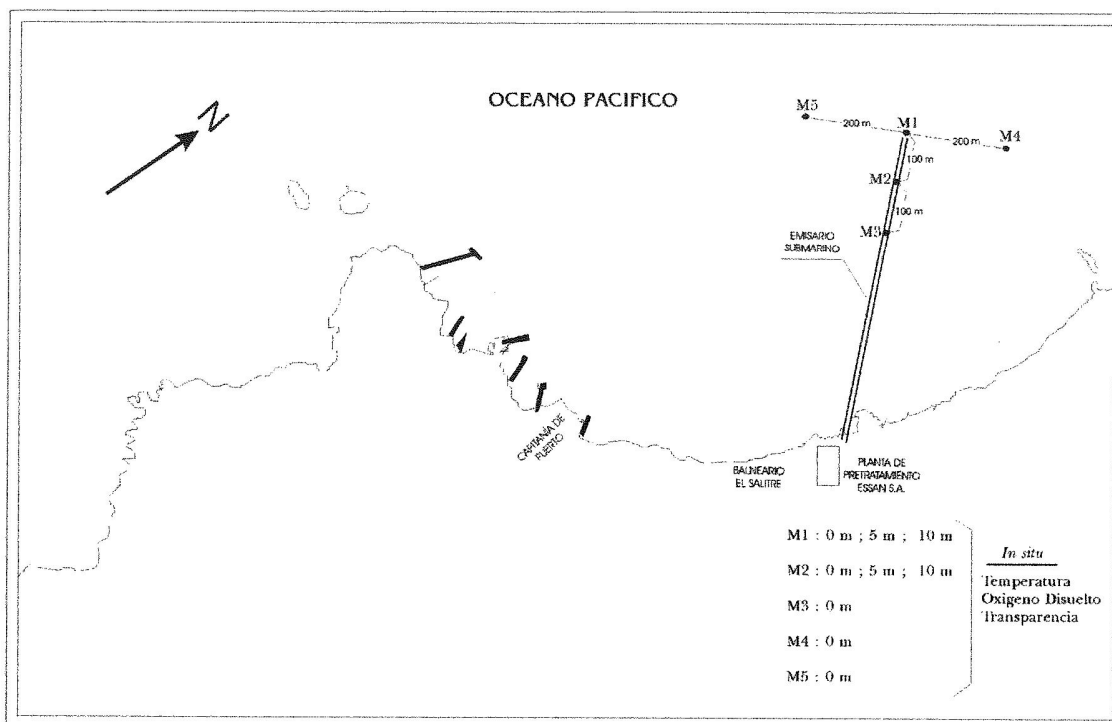


Figura 1: Ubicación Estaciones de Muestreo Oceánicas.

En cada estación de muestreo se tomaron muestras de agua para el análisis del contenido de pH, temperatura, transparencia, oxígeno disuelto, DBO₅, coliformes fecales, sólidos suspendidos, aceites y grasas, detergentes, nitrógeno total, fósforo total y poder espumógeno con una frecuencia trimestral y metales pesados con una frecuencia semestral.

En el cuerpo receptor se observa que en el nivel superficial las temperaturas varían entre 15,1 °C y 17,7 °C, disminuyendo con la profundidad. Cabe señalar, que en la mayoría de las campañas realizadas la temperatura del cuerpo receptor nunca superó los 16 °C, a excepción de la última campaña donde la temperatura de todas las muestras superficiales estuvo entre 17,7 y 17,6 °C, lo cual pudo haberse debido a la presencia de corriente superficial más cálida, ya que la última campaña se realizó en el mes de Abril, cuando ya había comenzado el otoño, y considerando que contrasta con los valores obtenidos en la campaña de verano, realizada en el mes de Enero, donde la mayor temperatura registrada fue de 15,9 °C. Por otra parte, en esta última campaña fue

donde se registró la mayor variación de temperatura con la profundidad, lo cual confirma lo planteado anteriormente.

En general, los valores de temperatura no presentan variaciones muy significativas entre sí, estando en promedio en los 15,6 °C en los períodos de invierno y verano.

Las concentraciones de oxígeno disuelto más altas se presentaron durante la segunda campaña (Oct. '02), con un peak de 5,51 mg/l a nivel superficial, en la estación M1, disminuyendo con la profundidad hasta alcanzar un valor de 4,1 mg/l a los 10 metros. En las estaciones superficiales, la concentración de este parámetro registró valores entre 2,29 y 5,51 mg/l.

Por otra parte, las concentraciones promedio más bajas se presentaron en la primera campaña (Julio '02), con una concentración media de 2,35 mg/l.

Cabe señalar, que en general, las concentraciones más bajas se presentaron a una profundidad de 10 metros para ambas estaciones (M1 y M2), con lo cual se observa que la concentración de Oxígeno Disuelto disminuye con la profundidad, tal como lo indica la tendencia general en el medio marino.

El contenido de Nitrógeno Total registró una variación bastante considerable en las dos últimas campañas, presentando valores con una diferencia del orden de 6 veces mayor con respecto al promedio de las dos primeras campañas. En las campañas de Enero y Abril del presente año, se registró una concentración promedio de 1,39mg/l, mientras que en las dos campañas del año 2002 el promedio fue de 0,21 mg/l.

En valores puntuales, la mayor concentración se registró en la estación M2 a los 5 metros de profundidad con un valor de 1,64 mg/l en la última campaña. El menor valor, < 0,10 mg/l, se registró en tres estaciones durante la primera campaña.

Los niveles de concentración de Fósforo Total se presentaron prácticamente constantes (0,32 mg/l) en las tres primeras campañas realizadas. En la última campaña, se registró una disminución en la concentración de este parámetro alcanzando un valor promedio de 0,25 mg/l.

La mayor concentración se presentó en la estación M1 a nivel superficial con 0,46 mg/l.



Con respecto a los resultados de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), los niveles más bajos se detectaron durante la última campaña realizada, con un valor promedio de 1,06 mg/l, lo cual sugiere una disminución de la cantidad de materia orgánica suspendida en el agua. En las campañas intermedias (2ª y 3ª), se presentaron los promedios más altos, 2,17 y 2,77 mg/l, respectivamente.

En forma puntual, la mayor concentración se registró en la estación M1 a nivel superficial con 6,36 mg/l en la tercera campaña. El menor valor se observó en la estación M4 con 1,00 mg/l en la misma campaña.

La mayor variación de este parámetro con respecto a la profundidad se presentó en la estación M1, durante la tercera campaña, donde se presentó el peak a nivel superficial como se señaló anteriormente, y donde a los 10 metros de profundidad se registró un valor de 1,46 mg/l.

El contenido de detergentes (SAAM) registró las mismas concentraciones en todas estaciones y durante todas las campañas realizadas, por debajo del límite de detección de la técnica utilizada (<10 mg/l), al igual que el Poder Espumógeno (<1 mm).

Por lo tanto, se observa una uniformidad en el comportamiento de la concentración de detergentes con respecto a la profundidad y se aprecia en general, bajas concentraciones de detergentes en el agua.

Los niveles de Aceites y Grasas obtenidos para todas las estaciones, están por debajo del límite de detección de la técnica analítica utilizada (<10 mg/l).

Se puede apreciar que en las estaciones oceánicas el pH presenta valores similares en todas las estaciones, presentándose una leve disminución en los valores durante las dos últimas campañas, donde el promedio fue de 7,79, en comparación con 8,23 obtenido durante las campañas del año 2002.

Respecto al contenido de sólidos suspendidos, se observa un comportamiento bastante similar en todas las campañas, presentándose una disminución en la última campaña, donde el promedio fue de 24,4 mg/l, en comparación con los 32 mg/l que se obtuvo como promedio de las 3 primeras campañas.

En forma puntual, las mayores concentraciones se registraron durante la segunda campaña en las estaciones M2 y M3 a nivel superficial, con un



valor de 36 mg/l y la más baja en la estación M1 a los 5 metros de profundidad, con un valor de 16 mg/l.

En cuanto a la determinación de la concentración de metales pesados en las estaciones oceánicas, los parámetros cadmio y cobre presentaron un leve aumento en su concentración durante la última campaña, registrando un valor promedio de 0,069 mg/l para Cadmio y 0,049 mg/l para Cobre.

La concentración de plomo, presentó una disminución considerable en la última campaña, presentando un valor $<0,05$ mg/l en la mayoría de las estaciones, en comparación con el valor promedio de 0,83 mg/l obtenido durante la segunda campaña.

En el caso del zinc, la concentración promedio se mantuvo constante en las dos campañas realizadas para esto parámetros (0,029 mg/l).

Los valores registrados de coliformes fecales en todas las estaciones, en general, no sobrepasaron el valor establecido en la Norma Chilena NCh 1.333, que corresponde a 1000 NMP/100 ml, permaneciendo incluso muy por debajo de este valor.

La mayor concentración de coliformes fecales se registró en la estación M2 a los 10 metros de profundidad en durante la segunda campaña con un valor de 140 NMP/100 ml.

Comparación de Resultados Campañas de Monitoreo Período 2002 - 2003: Estaciones Oceánicas

Puntos de Muestreo	Aceites y Grasas (mg/l)				Sólidos Suspendidos (mg/l)				DBO ₅ (mg/l)			
	Julio '02	Oct. '02	Enero '03	Abril '03	Julio '02	Oct. '02	Enero '03	Abril '03	Julio '02	Oct. '02	Enero '03	Abril '03
M1 ₀	<5	<10	<10	<10	29	34	32	26	1,19	2,56	6,36	1,24
M1 ₅	<5	<10	<10	<10	32	34	32	16	1,25	2,36	4,85	1,43
M1 ₁₀	<5	<10	<10	<10	30	34	31	26	1,05	1,66	1,46	0,68
M2 ₀	<5	<10	<10	<10	32	36	31	26	1,44	1,87	1,54	1,06
M2 ₅	<5	<10	<10	<10	31	34	32	26	1,14	2,00	1,04	1,04
M2 ₁₀	<5	<10	<10	<10	31	34	32	26	1,41	2,27	1,77	0,55
M3 ₀	<5	<10	<10	<10	28	36	31	24	1,48	2,2	5,69	1,10
M4 ₀	<5	<10	<10	<10	30	30	33	26	1,18	2,4	1,00	1,02
M5 ₀	6	<10	<10	<10	30	32	33	24	1,58	2,22	1,23	1,43
Promedio	<5	<10	<10	<10	30,3	33,8	31,9	24,4	1,30	2,17	2,77	1,06

Puntos de Muestreo	Nitrógeno Total (mg/l)				Fosforo Total (mg/l)				Detergentes SAAM (mg/l)			
	Julio '02	Oct. '02	Enero '03	Abril '03	Julio '02	Oct. '02	Enero '03	Abril '03	Julio '02	Oct. '02	Enero '03	Abril '03
M1 ₀	0,10	0,40	1,40	0,84	0,33	0,46	0,32	0,21	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
M1 ₅	<0,10	0,30	1,40	1,50	0,29	0,29	0,41	0,26	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
M1 ₁₀	0,20	0,40	1,50	1,45	0,21	0,27	0,34	0,27	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
M2 ₀	0,10	0,20	1,60	0,97	0,28	0,25	0,33	0,27	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
M2 ₅	<0,10	<0,10	1,50	1,64	0,32	0,29	0,31	0,26	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
M2 ₁₀	0,30	0,10	1,60	1,63	0,36	0,27	0,34	0,24	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
M3 ₀	0,10	0,40	1,50	1,42	0,32	0,43	0,29	0,28	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
M4 ₀	<0,10	0,30	1,40	1,06	0,35	0,30	0,30	0,20	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
M5 ₀	0,10	0,40	2,00	0,57	0,30	0,34	0,32	0,26	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Promedio	<0,13	<0,29	1,54	1,23	0,31	0,32	0,33	0,25	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

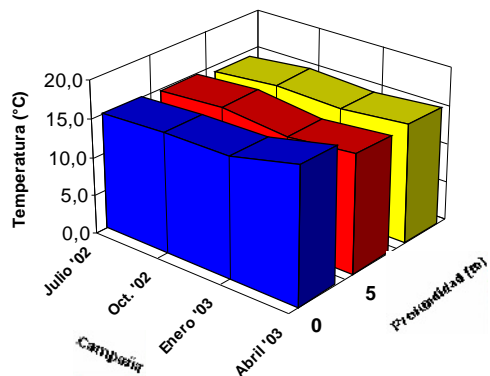
Puntos de Muestreo	Temperatura (°C)				Oxígeno Disuelto (mg/l)				pH			
	Julio '02	Oct. '02	Enero '03	Abril '03	Julio '02	Oct. '02	Enero '03	Abril '03	Julio '02	Oct. '02	Enero '03	Abril '03
M1 ₀	15,1	15,6	15,6	17,6	2,29	5,51	3,20	4,03	8,23	8,27	7,85	7,79
M1 ₅	14,8	15,4	14,4	15,3	2,12	5,40	2,27	3,41	8,29	8,26	7,8	7,65
M1 ₁₀	14,1	15,0	14,6	15,4	2,55	4,10	1,20	1,37	8,18	8,15	7,75	7,50
M2 ₀	15,1	15,5	15,9	17,6	2,34	5,40	3,65	4,05	8,31	8,26	7,91	7,81
M2 ₅	14,8	15,4	15,2	15,4	2,05	5,26	2,95	3,09	8,28	8,23	7,89	7,71
M2 ₁₀	14,8	15,0	14,3	15,3	2,45	4,27	2,21	1,07	8,22	8,15	7,86	7,57
M3 ₀	15,2	15,5	15,9	17,7	2,36	5,32	3,40	4,15	8,27	8,25	7,92	7,75
M4 ₀	15,3	16,0	15,6	17,6	2,54	5,31	2,70	4,02	8,30	8,28	7,94	7,81
M5 ₀	15,3	15,8	15,7	17,6	2,44	5,35	3,10	3,99	8,32	8,31	7,92	7,76
Promedio	14,9	15,5	15,2	16,6	2,35	5,10	2,74	3,24	8,27	8,24	7,87	7,71

Puntos de Muestreo	Poder Espumógeno (mm)				Cadmio (mg/l)				Cobre (mg/l)			
	Julio '02	Oct. '02	Enero '03	Abril '03	Julio '02	Oct. '02	Enero '03	Abril '03	Julio '02	Oct. '02	Enero '03	Abril '03
M1 ₀	<1	<1	<1	<1	-	0,042	-	0,079	-	0,023	-	0,056
M1 ₅	<1	<1	<1	<1	-	0,039	-	0,076	-	0,017	-	0,062
M1 ₁₀	<1	<1	<1	<1	-	0,037	-	0,077	-	0,011	-	0,046
M2 ₀	<1	<1	<1	<1	-	0,036	-	0,082	-	<0,01	-	0,047
M2 ₅	<1	<1	<1	<1	-	0,037	-	0,066	-	0,027	-	0,051
M2 ₁₀	<1	<1	<1	<1	-	0,033	-	0,071	-	0,025	-	0,046
M3 ₀	<1	<1	<1	<1	-	0,033	-	0,048	-	0,038	-	0,049
M4 ₀	<1	<1	<1	<1	-	0,037	-	0,039	-	0,039	-	0,043
M5 ₀	<1	<1	<1	<1	-	0,035	-	0,079	-	0,045	-	0,045
Promedio	<1	<1	<1	<1	-	0,037	-	0,069	-	0,025	-	0,049

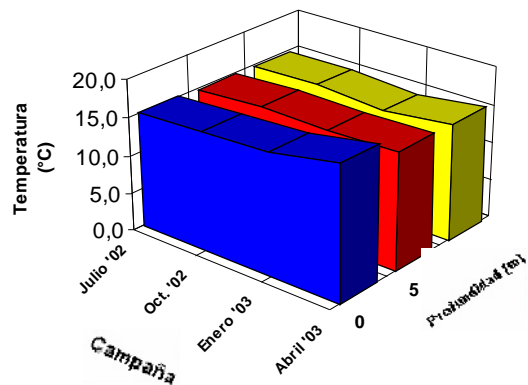
Puntos de Muestreo	Plomo (mg/l)				Zinc (mg/l)			
	Julio '02	Oct. '02	Enero '03	Abril '03	Julio '02	Oct. '02	Enero '03	Abril '03
M1 ₀	-	0,82	-	0,068	-	0,032	-	0,032
M1 ₅	-	0,81	-	<0,05	-	0,044	-	0,034
M1 ₁₀	-	0,78	-	0,077	-	0,033	-	0,037
M2 ₀	-	0,86	-	<0,05	-	0,025	-	0,027
M2 ₅	-	0,79	-	<0,05	-	0,035	-	0,029
M2 ₁₀	-	0,86	-	<0,05	-	0,025	-	0,021
M3 ₀	-	0,91	-	<0,05	-	0,018	-	0,024
M4 ₀	-	0,88	-	<0,05	-	0,034	-	0,025
M5 ₀	-	0,80	-	<0,05	-	0,017	-	0,035
Promedio	-	0,83	-	<0,02	-	0,029	-	0,029

M1i: Estación Emisario a la profundidad i

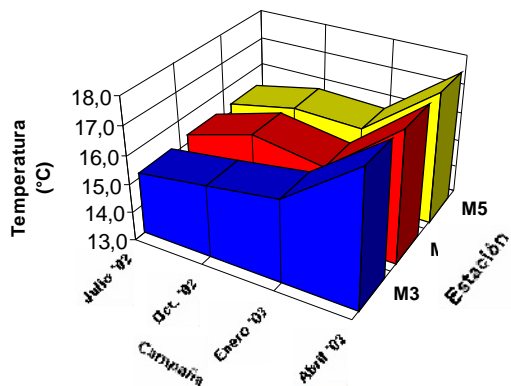
Perfil de Temperatura Estación M1



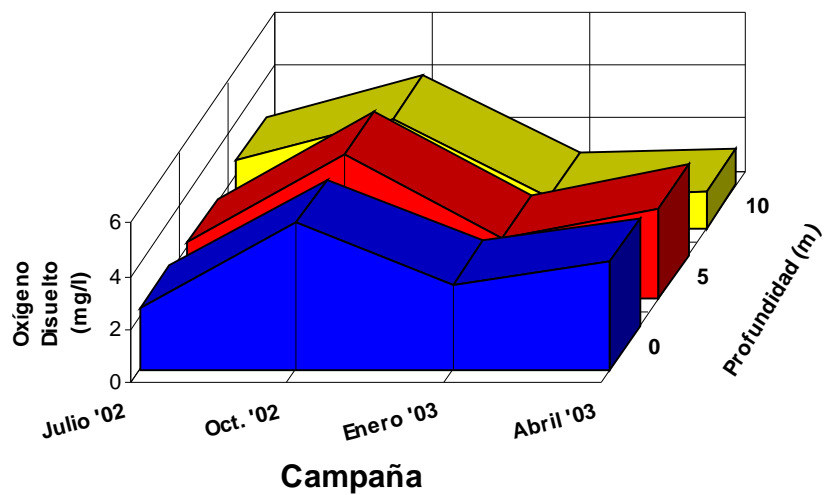
Perfil de Temperatura Estación M2



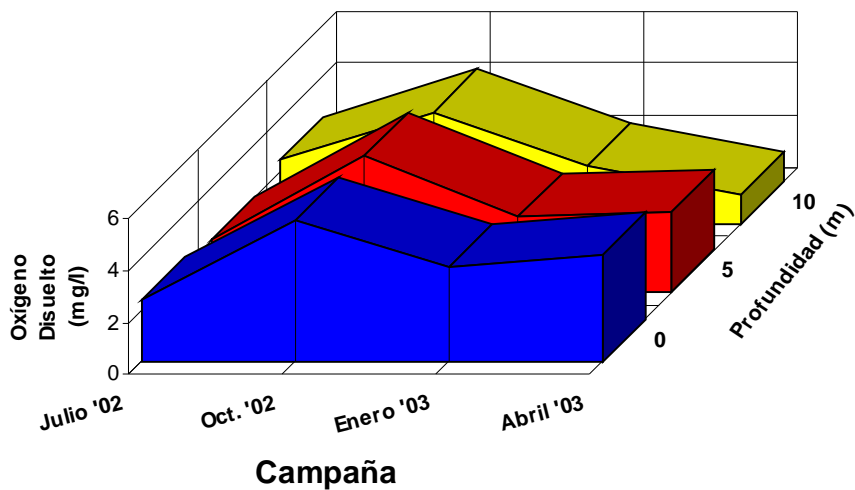
Perfil de Temperatura Estaciones Control



Perfil de Oxígeno Disuelto Estación M1



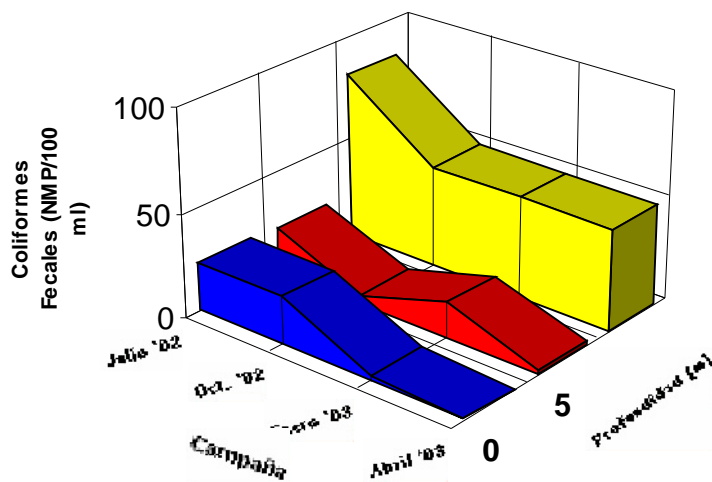
Perfil de Oxígeno Disuelto Estación M2

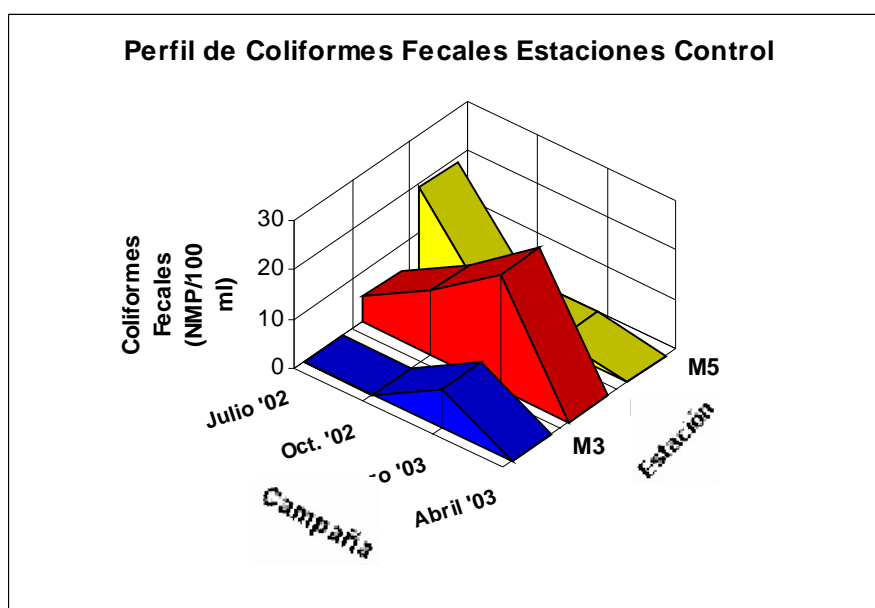
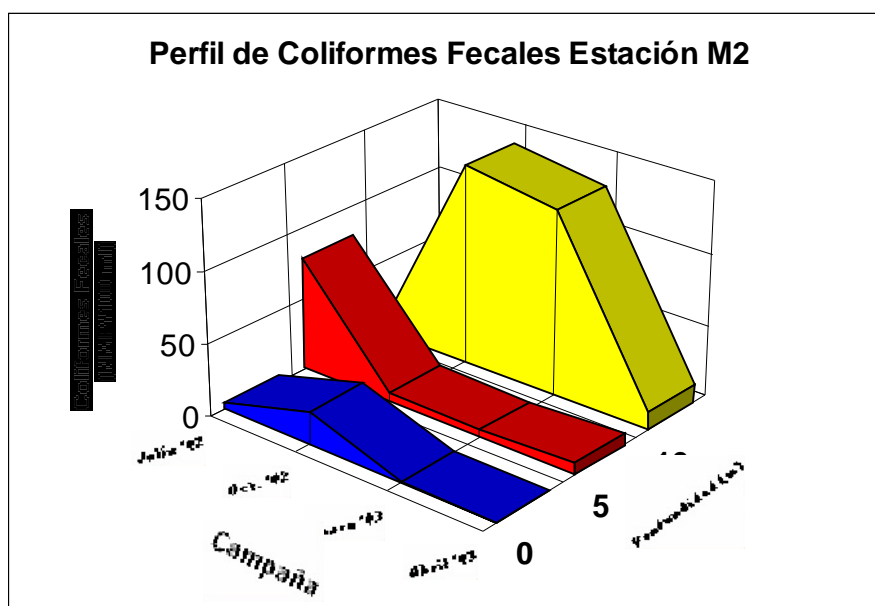


Resumen Monitoreos Microbiológicos Estaciones Oceánicas

Puntos de Muestreo	Colif. Fecales (NMP/100 ml)			
	Julio '02	Oct. '02	Enero '03	Abril '03
M1 ₀	23	23	2	<2
M1 ₅	22	4	17	2
M1 ₁₀	81	49	49	49
M2 ₀	5	23	<2	<2
M2 ₅	79	7	5	8
M2 ₁₀	<2	140	130	13
M3 ₀	<2	<2	8	<2
M4 ₀	5	13	23	<2
M5 ₀	19	2	2	<2

Perfil de Coliformes Fecales Estación M1





3. EFLUENTE PLANTA DE PRETRATAMIENTO

Se evaluó la descarga de aguas servidas pretratadas de la Planta de Pretratamiento de Tocopilla, mediante muestreos realizados en la cámara más próxima al punto de vertido.

Se tomaron tres muestras representativas de las aguas servidas (compuesta), constituida por submuestras colectadas a intervalos de tiempo de 5 minutos, con el objeto de caracterizar el efluente en los horarios peak (8:00 – 8:30, 14:00 – 14:30 y de 19:00 a 19:30 hrs), además de una muestra compuesta de 24 horas, cuyas submuestras fueron tomadas cada una hora.

El análisis de los resultados presentados en este informe, se refiere a los resultados obtenidos para cada una de las muestras compuestas de 24 horas. Los resultados de las muestras "peak" fueron entregados en cada uno de los informes parciales generados en el transcurso de la duración del Plan de Monitoreo.

Los parámetros analizados en el efluente, de acuerdo a lo establecido en la DIA del proyecto, fueron: DBO₅, DQO, Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Sedimentables, Aceites y Grasas, Detergentes (SAAM), Nitrógeno Total, Fósforo Total, Poder Espumógeno, Cadmio, Cobre, Plomo, Zinc, pH, Temperatura y Coliformes Fecales.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observa que la temperatura del efluente varía de acuerdo a la estacionalidad, dado que en general, las temperaturas más altas se registran en el período de verano, con 27,2 °C en la campaña del mes de Enero y la temperatura más baja se presentó en el mes de Julio con 21,3 °C.

El contenido de Nitrógeno Total registró una variación considerable durante el transcurso de las campañas del año 2002 y las del 2003, presentando en la última campaña, una disminución a la mitad del contenido de la primera campaña.

En valores puntuales, la mayor concentración se registró en la primera campaña, con un valor de 4,0 mg/l. El menor valor se registró en la última campaña, con un valor de 2,07 mg/l.

Los niveles de concentración de Fósforo Total también presentaron una variación entre las campañas del año 2002 y las del 2003, presentando un aumento, pero con un comportamiento más bien irregular.

La menor concentración se obtuvo durante la primera campaña, con un valor de 6,46 mg/l. De ahí en adelante, se presentó un aumento en la concentración presentándose el mayor valor durante la segunda campaña, con un valor de 24,0 mg/l.

Durante las campañas del año 2003, este parámetro presentó un comportamiento más estable, con valores de 10,3 mg/l para la campaña del mes de Enero y 13,9 mg/l en el mes de Abril.

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) de las aguas servidas de Tocopilla, presentó un aumento considerable entre la primera y la última campaña, aunque no fue constante y tampoco tiene relación con los resultados obtenidos para la columna de agua.

En forma puntual, la mayor concentración se registró en la última campaña con 399,0 mg/l. El menor valor registrado fue de 36,7 mg/l, durante la primera campaña.

Es importante destacar, que el D.S. N°90/00: Descargas de Residuos Líquidos Fuera de la Zona de Protección Litoral, no indica un límite máximo para este parámetro.

Con respecto a la aplicación de la normativa vigente, cabe señalar que el ancho de la Zona de Protección Litoral en el sector en el cual se ubica el emisario submarino de Tocopilla, es de 61,44 metros, fijados por Directemar mediante Ord. N°12600/187, de fecha 26.07.02.

El comportamiento de la demanda química de oxígeno (DQO), si bien también presenta un aumento en su concentración entra la primera y la última campaña, no presenta el mismo comportamiento que la DBO₅, ya que la menor concentración se presentó en la tercera campaña, con un valor de 225 mg/l. El mayor valor registrado para este parámetro fue de 476 mg/l, durante la última campaña.

El contenido de detergentes (SAAM) registró un aumento entra la primera y la última campaña, presentándose en esta el mayor valor de 8,46 mg/l. El menor valor se registró durante la segunda campaña con una concentración de 0,84 mg/l.

Cabe señalar, que los valores obtenidos para este parámetro cumplen ampliamente con la normativa vigente, donde el límite para el parámetro SAAM es de 15 mg/l.



El Poder Espumógeno presentó valores en el rango de $<1 - 11$ mm en las diferentes campañas. En las campañas de Julio'02 y Enero '03, los valores estuvieron por debajo de límite de detección (<1 mm) y el mayor valor se presentó en la segunda campaña con 11 mm.

Los niveles de Aceites y Grasas obtenidos para todas las campañas son, en general, bastante bajos, encontrándose en un rango entre 15 y 68 mg/l. El límite establecido para este parámetro es de 350 mg/l.

Se puede apreciar que el pH presenta una pequeña disminución en las dos últimas campañas. Los valores de pH observados en los monitoreos están en el rango 7,40 – 8,28. El rango establecido para este parámetro en el D.S. N°90, es de 5,5 – 9,0, por lo tanto cumple con la normativa vigente.

Respecto al contenido de sólidos suspendidos, se observa una disminución considerable entre el valor obtenido en la primera campaña y la última. En forma puntual, la mayor concentración se registró en la primera campaña, con 680 mg/l y la más baja en la segunda campaña con 260 mg/l, valor similar al obtenido en el resto de las campañas. El límite máximo permisible para este parámetro es de 700 mg/l.

La concentración de sólidos sedimentables, se mantuvo prácticamente constante en las tres (3) primeras campañas, presentando una disminución mayor al 50%, con respecto al valor promedio, en la última campaña.

En forma puntual, la mayor concentración se obtuvo en la primera campaña, con un valor de 3,6 ml/l/h y el menor valor fue de 1,2 ml/l/h durante la última campaña. El límite máximo permisible para Sólidos Sedimentables es de 50 ml/l/h.

En cuanto al monitoreo de metales pesados, las concentraciones de Cadmio y Plomo estuvieron por debajo del límite de detección en todas las campañas ($<0,01$ y $<0,05$ respectivamente), cumpliendo ampliamente con la normativa vigente que establece un límite de 0,5 mg/l para Cadmio y 1 mg/l para Plomo.

Los resultados obtenidos para el Plomo en el efluente no presentan ninguna relación con los resultados obtenidos en las estaciones oceánicas durante la campaña del mes de Oct. '02, donde la concentración de Plomo estuvo en un rango entre 0,91 – 0,78 mg/l.



La mayor concentración de Cobre registrada fue de 0,10 mg/l durante la última campaña, lo cual representa un leve aumento con respecto a la campaña anterior (Oct. '02), donde la concentración estuvo por debajo del límite de detección, <0,01 mg/l. Esta misma variación se presentó también en las estaciones oceánicas.

La concentración de Zinc, a pesar de que presentó un aumento con respecto a la primera campaña, está muy por debajo del límite máximo permitido de 5 mg/l, lo que le permite cumplir holgadamente la normativa vigente.

Los valores de concentración de Coliformes Fecales estuvieron en un rango normal para las aguas servidas crudas.

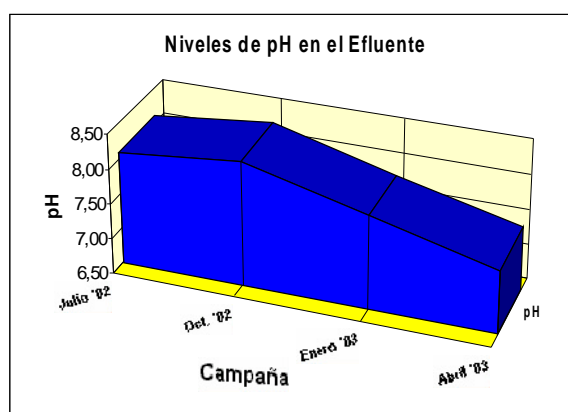
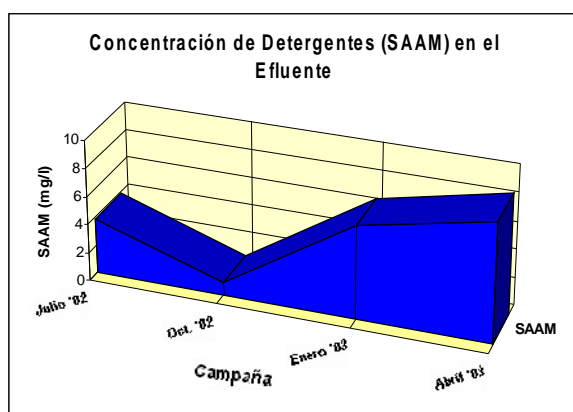
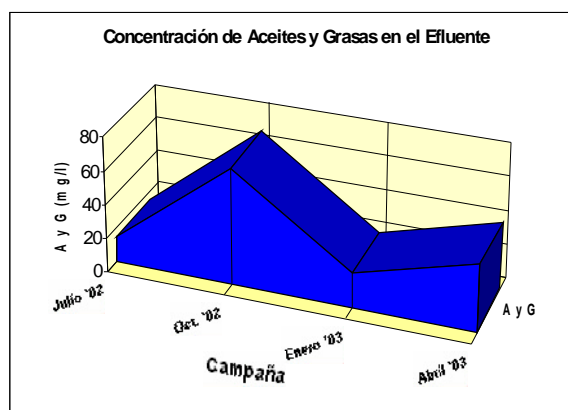
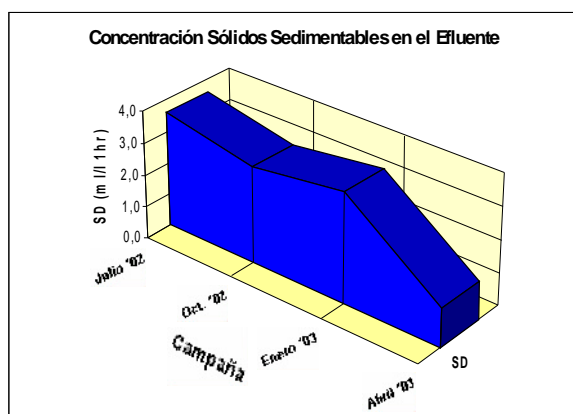
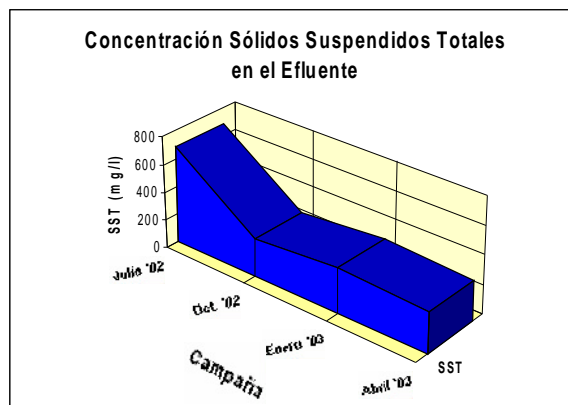
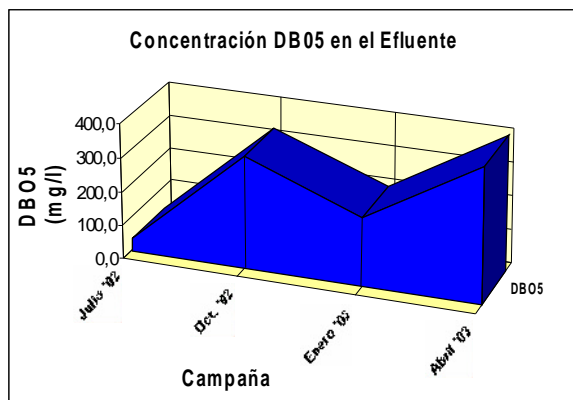
La mayor concentración de coliformes fecales se registró en la tercera campaña, con un valor de $2,4 \times 10^7$ NMP/100 ml, y el menor valor en la primera campaña con una concentración de $2,5 \times 10^5$ NMP/100 ml.

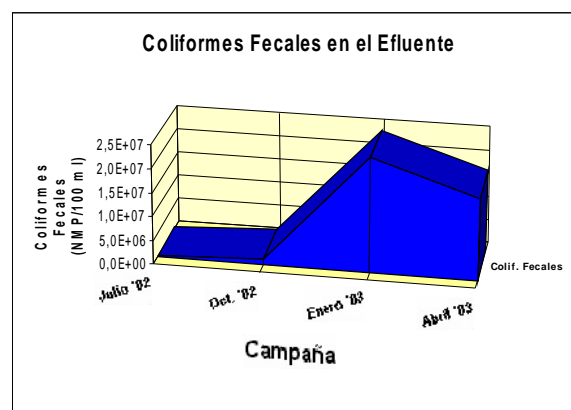
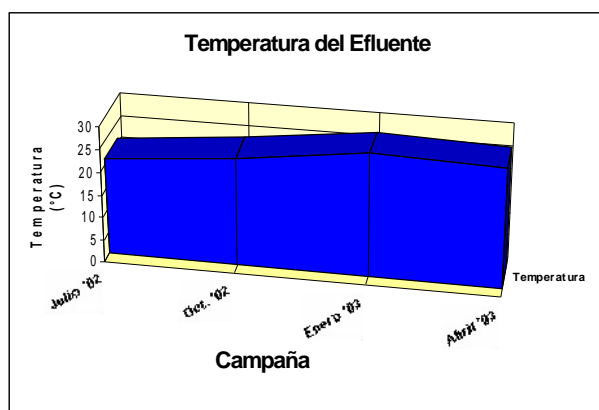
El D.S. N°90/00 no especifica un límite máximo para este parámetro en las descargas de efluentes fuera de la zona de protección litoral.

Comparación Campañas de Monitoreo Período 2002 - 2003
Efluente Planta de Pretratamiento

Parámetros	Julio '02	Oct. '02	Enero '03	Abril '03	Límite Máximo Permisible D.S.N°90/01
DBO ₅ (mg/l)	36,7	328,0	199,0	399,0	-
DQO (mg/l)	239	300	225	476	-
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	680	260	316	280	700 mg/l
Sólidos Sedimentables (ml/ l 1 hr)	3,6	3,0	3,4	1,2	50 ml/l/h
Aceites y Grasas (mg/l)	15	68	20	39	350 mg/l
Detergentes SAAM (mg/l)	3,84	0,84	6,55	8,46	15 mg/l
Nitrógeno Total (mg/l)	4,00	3,60	3,00	2,07	-
Fósforo Total (mg/l)	6,46	24,00	10,30	13,90	-
Poder Espumógeno (mm)	<1	11	<1	10	-
Cadmio (mg/l)	-	<0,01	-	<0,01	0,5 mg/l
Cobre (mg/l)	-	<0,01	-	0,10	3 mg/l
Plomo (mg/l)	-	<0,05	-	<0,05	1 mg/l
Zinc (mg/l)	-	0,032	-	0,190	5 mg/l
pH	8,09	8,28	7,83	7,40	5,5 - 9,0
Temperatura (°C)	21,3	23,9	27,2	26,4	-
Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	2,5E+05	1,1E+06	2,4E+07	1,7E+07	-

Nota: Resultados para muestra compuesta de 24 horas.





4. COMUNIDADES INTERMAREALES, SUBMAREALES Y CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA

Para los análisis de los parámetros poblaciones del bentos oceánico se establecieron dos estaciones de muestreo. La primera, ubicada en la boca de la tubería de descarga, a una profundidad de 48 metros aproximadamente y la segunda, ubicada en las cercanías de la descarga de emergencia sur, a una profundidad de aproximadamente 20 metros.

El análisis de las comunidades bentónicas intermareales consideró dos transectas, denominadas Norte (playa aledaña a la planta de pretratamiento) y Sur (continuando la línea de la calle Washington).

En relación con los resultados obtenidos para el análisis de las comunidades submareales, se puede observar que el número de organismos en la estación Emisario, es mucho mayor al número de individuos encontrados en la estación Control.

Sin embargo cabe señalar, que la estación Control presenta una mayor riqueza de especies, sobre todo en la última campaña.

Por otra parte, la repartición de especies en la estación emisario es poco homogénea. En la estación Control existe una repartición más homogénea, tanto del número de especies, como del número de organismos.

Del análisis de densidad se puede observar que los valores obtenidos son significativamente diferentes, ya que la estación Control presenta un valor promedio de 305 individuos/m² y la estación Emisario 12.910 individuos/m².

Los valores de diversidad, expresados como número de especies, no presentan grandes diferencias, encontrándose 5 especies en la estación Control y 4 especies en la estación Emisario.

Si bien el número de especies en ambos casos es similar, la composición específica difiere marcadamente. En la estación Control, el total de especies se distribuye a través de 5 grupos taxonómicos mayores, con un evidente dominio de moluscos, estando también presentes los crustáceos y poliquetos. La presencia de estos tres grupos es característico de fondos blandos submareales. Sin embargo, en la estación Emisario hay un claro reemplazo de especies. No es evidente la presencia de crustáceos, la presencia de moluscos se ve disminuida, durante la última campaña y por el contrario, aparece el grupo de los *Nematoda* con una fuerte dominancia, acompañados de *Polichaeta*.

El grupo *Nematoda* puede asociarse a ambientes ricos en materia orgánica, dado su carácter de *detritívoros*, lo que es consistente con los valores obtenidos para materia orgánica, mayores precisamente en la estación emisario, por la característica del efluente vertido.

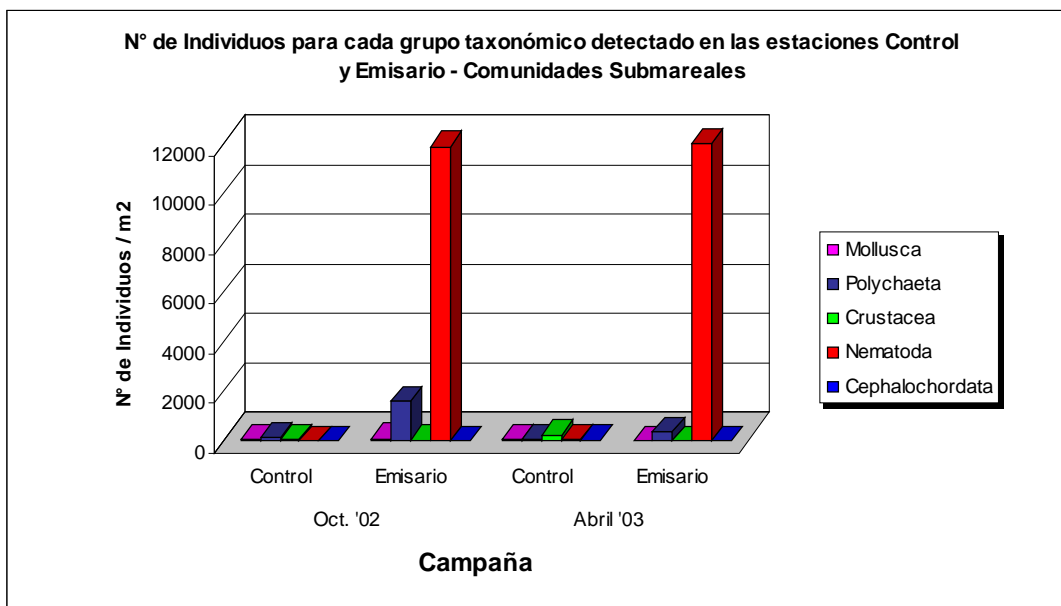
En cuanto a las comunidades intermareales, cabe señalar que estas presentaron una extraordinaria pobreza, con ausencia total de fauna en la transecta Norte, lo cual hizo imposible realizar comparaciones.

El contenido de materia orgánica en estas estaciones es bastante bajo (<2%), aunque se presentó un aumento durante la última campaña. Esto podría explicar la pobreza faunística que se presentó en estas estaciones.

En general, los sedimentos presentan un comportamiento propio de arenas finas, siendo sólo muy finas en la estación Emisario, lo que es concordante con los mayores contenidos de materia orgánica en esta estación.

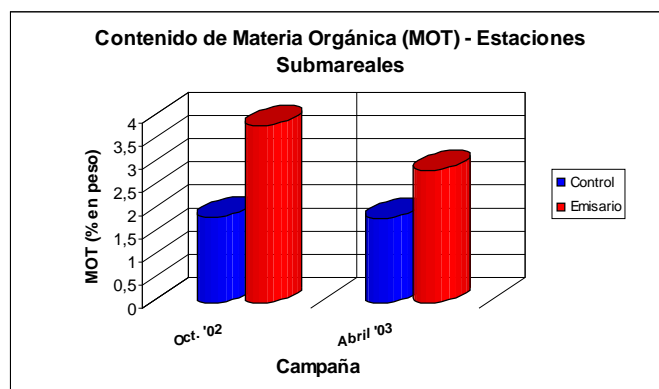
Número de Individuos por m² para cada grupo taxonómico

Especies	Oct. '02		Abril '03	
	Control	Emisario	Control	Emisario
Mollusca	60	100	30	0
Polychaeta	135	1560	30	365
Crustacea	35	5	245	0
Nematoda	0	11845	65	11945
Cephalochordata	0	0	10	0



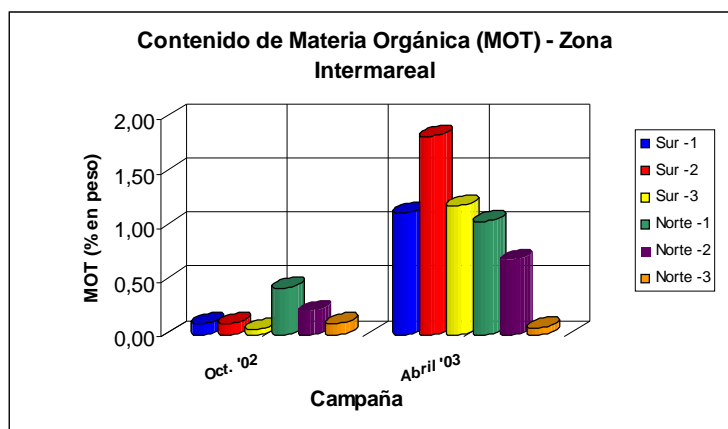
Contenido de Materia Orgánica (% en peso) - Estaciones Submareales

Estación	Oct. '02	Abril '03
Control	1,87	1,84
Emisario	3,84	2,87



Contenido de Materia Orgánica (% en peso) - Zona Intermareal

Transecta	Oct. '02	Abril '03
Sur -1	0,10	1,12
Sur -2	0,10	1,82
Sur -3	0,04	1,18
Norte -1	0,43	1,04
Norte -2	0,22	0,69
Norte -3	0,10	0,06



5. CONCLUSIONES

Del análisis de todos los datos obtenidos podemos observar que después de un año de la entrada en operación del emisario submarino de la ciudad de Tocopilla, no se han observado cambios significativos en las condiciones naturales del sector, ya sea en las características fisicoquímicas del cuerpo receptor como en las variables biológicas, conservando ambas las características que presentaban al inicio de las campañas de monitoreo.

Cabe señalar, que el cuerpo receptor ha presentado una disminución, con respecto a la campaña de invierno realizada en 1996, en la concentración del parámetro Aceites y Grasas, la que durante todas las campañas del Programa de Monitoreo 2002 – 2003, presentó valores por debajo del límite de detección de la técnica analítica utilizada.

También se observó una disminución en la concentración de DBO_5 , para la campaña de verano. El resto de las campañas se presentaron valores bastantes similares a los de las campañas con las cuales se determinó la Línea Base.

El único parámetro que experimentó un leve aumento fue el pH, ya que en las campañas de 1996 se registró un valor promedio de 7,2 y en las campañas del período 2002 – 2003 un promedio de 8,0.

Es importante destacar, que de acuerdo a los análisis efectuados, se ha cumplido plenamente con la Norma Chilena NCh 1.333 que la empresa se comprometió a cumplir, conservando el cuerpo receptor las cualidades necesarias para ser apto para la recreación con contacto directo.

En relación con las características del efluente de la planta de pretratamiento, no se aprecia una variación considerable en las características de las aguas servidas de la ciudad de Tocopilla, en comparación con la campaña de caracterización del efluente realizada en el mes de Julio del año 2001, ni con las campañas realizadas en Septiembre de 1995 y Marzo de 1996.

Los únicos parámetros que presentaron un aumento con respecto a estas últimas campañas, fueron la DBO_5 y la concentración de Sólidos Suspendidos. Este último es el más considerable, ya que aumentó de una concentración promedio de 129 mg/l a 384 mg/l, como valor promedio de las cuatro últimas campañas realizadas.



Cabe señalar, que el efluente de la planta cumple ampliamente con los límites establecidos en la normativa vigente (D.S. N°90/00).

En las campañas realizadas para determinar la línea base del proyecto, se detectó que los organismos dominantes en las comunidades intermareales eran los poliquetos, aunque en general se detectó que sólo habrían comunidades pobres, de baja diversidad específica, poco densas, homogéneas en cuanto número de individuos por especie y sin organismos dominantes. Esta descripción concuerda con la situación actual, en la cual se detectó que estas comunidades presentan una extraordinaria pobreza.

Para las comunidades submareales, los grupos con mayor presencia en la línea base eran los poliquetos y algunos moluscos. Actualmente, el grupo predominante corresponde a la especie Nematoda, el cual se asocia a ambientes ricos en materia orgánica, en el sector del emisario y poliquetos y crustáceos en la estación Control.

En cuanto al contenido de materia orgánica, se ha presentado un aumento, tanto para la zona intermareal como submareal. En el sector del emisario submarino, zona submareal, se presentó un valor máximo de 3,84% y en la zona intermareal un máximo de 1,82%. El máximo valor registrado durante la elaboración de la línea base fue de 0,537%.

Finalmente, cabe señalar que a la fecha se sigue realizando un monitoreo permanente, el cual cuenta con la autorización de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) y que básicamente consiste en un monitoreo costero a lo largo de toda la bahía de Tocopilla de parámetros microbiológicos y de los parámetros más característicos de nuestro efluente.



6. REFERENCIAS

1. "Declaración de Impacto Ambiental: Construcción Emisario Submarino de Tocopilla", GSI Ingenieros Consultores, Agosto 1998 (incluidos sus respectivos Addendum).
2. "Estudio de Impacto Ambiental: Construcción Emisario Submarino de Tocopilla", GSI Ingenieros Consultores, Julio 1996.
3. Informes N°1, 2, 3 y 4: "Muestreo Emisario Submarino de Tocopilla", Empresa Consultora RGHprime, años 2002 - 2003.