



Investigaciones Marinas

ISSN: 0716-1069

spalma@ucv.cl

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso  
Chile

Arias, Teresa; Herrera, Liliana; Santander, Edgardo  
Caracterización de los parámetros físicos, químicos y biológicos en la bahía de Bajo Molle, Iquique  
Investigaciones Marinas, vol. 29, núm. 2, 2001, pp. 51-60  
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso  
Valparaíso, Chile

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=45629206>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica  
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

*Nota Científica*

## **Caracterización de los parámetros físicos, químicos y biológicos en la bahía de Bajo Molle, Iquique**

**Teresa Arias, Liliana Herrera y Edgardo Santander**  
**Departamento de Ciencias del Mar**  
**Universidad Arturo Prat, Casilla 121, Iquique, Chile**  
**E-mail: [tarias@cec.unap.cl](mailto:tarias@cec.unap.cl)**

*Recibido: 31 mayo 1999; versión corregida: 3 diciembre 2001; aceptado: 10 diciembre 2001*

**RESUMEN.** Durante un ciclo anual se analizan las variables físicas, químicas y biológicas en tres estaciones y a tres niveles de profundidad en la bahía de Bajo Molle, Iquique, caracterizada por una escasa influencia antropogénica. Los parámetros analizados mostraron valores normales, donde temperatura, coeficiente de extinción de la luz fluctuaron en respuesta a la típica señal anual de variación. El pH, fósforo total, sólidos totales y detergentes mostraron una suave fluctuación. En cambio, nitrógeno total, sólidos suspendidos totales, sólidos sedimentables y aceites y grasas mostraron una fuerte oscilación. Al comparar las bahías de Bajo Molle e Iquique variables como aceites y grasas, nitrógeno total, fósforo total y coliformes fecales presentaron las mayores diferencias. Los resultados de línea base obtenidos en bahía Bajo Molle sirven de comparación para detectar problemas en puntos críticos de la zona litoral de Iquique.

**Palabras claves:** calidad de agua, fluctuación estacional, Iquique, Chile.

## **Characterization of physical, chemical and biological parameters in Bajo Molle bay, Iquique**

**ABSTRACT.** Physical, chemical and biological variables were analyzed during an annual cycle in three stations and at three levels of depth in the Bajo Molle bay, Iquique, characterized by scarce antropogenic influences. The analyzed parameters showed normal values. Some fluctuated in response to typical signal of annual variability, like temperature and light extinction coefficient. The pH, total phosphorus, total solids and detergents showed small fluctuations. On the other hand, total nitrogen, total suspended solids, sinking solid and oils and fats showed strong oscillations. When comparing the Bajo Molle and Iquique bays, variables as oils and fat, total nitrogen, total phosphorus and fecal coliforms showed the greatest differences. Baseline results obtained from Bajo Molle bay serve as a comparison base to detect problems in critical points of the coast of Iquique.

**Key words:** water quality, seasonal fluctuation, Iquique, Chile.

En la región del norte de Chile, el ambiente costero está expuesto a una gran variedad de contaminantes derivados de la actividad y desarrollo del hombre. La actividad industrial ha traído asociado a su crecimiento un innegable deterioro del medio ambiente, producto de la gran cantidad de contaminantes eliminados, sin un adecuado tratamiento. Simultáneamente, las ciudades van experimentando una expansión, lo cual implica la colonización de nuevas zonas con el consiguiente efecto sobre el océano.

Para efectuar investigaciones relativas al efecto

que produce la contaminación sobre el cuerpo costero receptor, se requiere la información que permita al investigador conocer la condición natural de una serie de variables. Sin embargo, esta información es escasa y frecuentemente los investigadores se ven obligados a utilizar información proveniente de otras localidades o regiones geográficas. En la actualidad, la dinámica del océano presenta singularidades locales que muchas veces hacen que la información proveniente de otras regiones no sea aplicable a situaciones locales.

Esto ha motivado la necesidad de conocer la

variabilidad natural de los parámetros oceanográficos que se emplean habitualmente en la determinación de la calidad del cuerpo receptor, para establecer la condición o características que podrían tener los ambientes contaminados, y además, contribuir con la información de línea de base requerida para la ejecución de planes de vigilancia que resguarden que las condiciones ambientales no sobrepasen los límites aceptables.

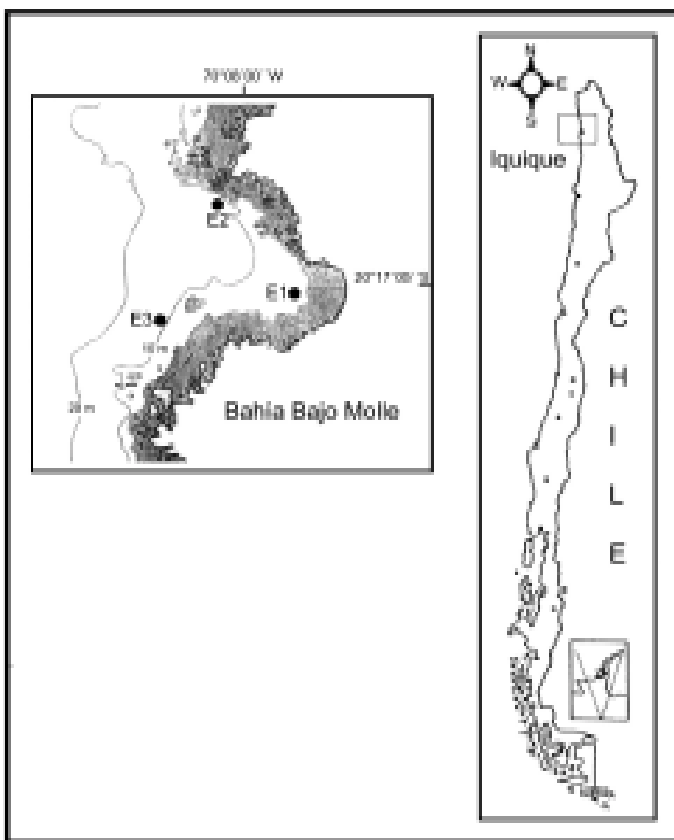
En consecuencia, se pretende determinar los rangos y fluctuaciones normales de las variables oceanográficas empleadas en la caracterización de la calidad del agua en una bahía libre de la influencia antropogénica, y comparar estos datos con información proveniente de la bahía de Iquique, sujeta a intervención antropogénica, para establecer el alcance real de la información obtenida.

El área de estudio correspondió a la bahía de Bajo Molle ( $20^{\circ}17'S-70^{\circ}07'W$ ) ubicada al sur de Iquique,

seleccionada por ser cerrada y no influenciada por actividades antropogénicas. Los muestreos se efectuaron mensualmente entre enero y diciembre de 1997, en tres estaciones dispuestas en la bahía (Fig. 1). En cada estación se tomaron muestras en tres niveles de profundidad: superficie, media agua y fondo, empleando botellas oceanográficas Niskin, con termómetros de inversión. Se determinaron los siguientes parámetros: temperatura, pH, transparencia, oxígeno disuelto, nitrógeno total, fósforo total, sólidos totales, sólidos suspendidos totales, sólidos sedimentables, coliformes totales y fecales, detergentes, aceites y grasas. La estimación para cada variable se realizó en duplicado.

La temperatura y pH se midieron *in situ*, con termómetro de inversión y un pHmetro portátil respectivamente. La calibración del pH metro se realizó con tampones TRIS y AMP preparados en agua de mar (Millero *et al.*, 1993). La transparencia se determinó estimando el coeficiente de extinción de la luz ( $k$ ), con un disco de Secchi según la fórmula de Idso y Gilbert (1974). El oxígeno disuelto (OD) se estimó por el método Winkler de acuerdo al procedimiento de Parsons *et al.* (1984). Los sólidos totales (ST), sólidos suspendidos totales (SST), sólidos sedimentables (SS), grasas y detergentes se determinaron utilizando los métodos descritos por Grennberg *et al.* (1992). El nitrógeno total (NT) y fósforo total (FT) se midió por el método de D'Elia *et al.* (1976), y los coliformes totales (CT) y fecales (CF) se determinaron usando la técnica del Número Más Probable (NMP) según lo recomendado por Grennberg *et al.* (1992).

La fluctuación mensual de las diferentes variables se graficó utilizando los promedios integrados en la columna de agua por estación. Para comparar un ambiente prístino (bahía de Bajo Molle) y un ambiente litoral bajo intervención (bahía de Iquique) se efectuaron comparaciones múltiples a través de un análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis (Siegel y Castellar, 1988). Las comparaciones se



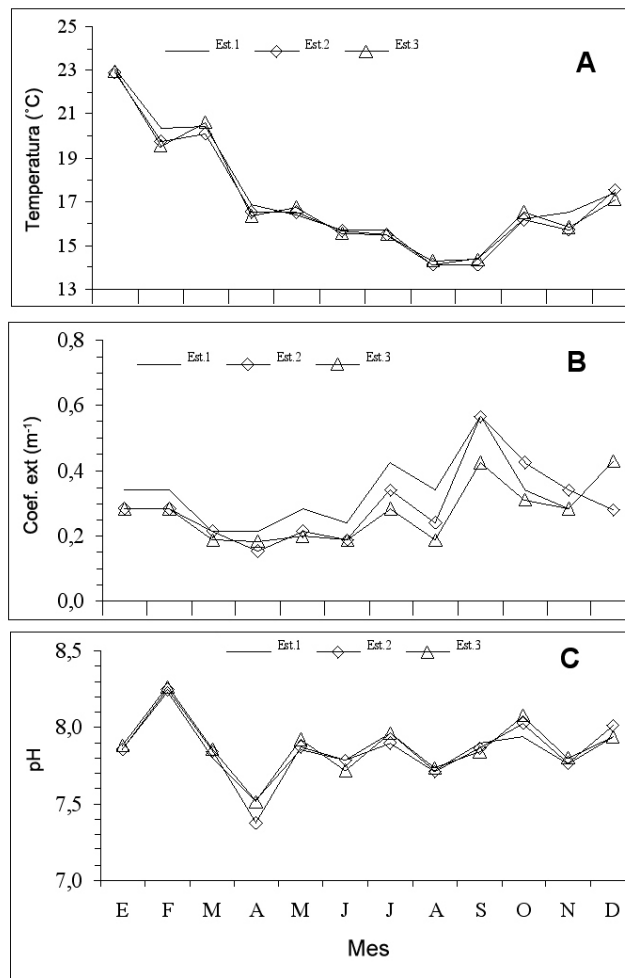
**Figura 1. Área de estudio y ubicación de las estaciones de muestreo.**  
**Figure 1. Location of sampling stations in the study area.**

realizaron estacionalmente, utilizando la información proveniente de la bahía de Iquique en 1996 y 1997. Esta misma prueba estadística se utilizó para comprobar la existencia de diferencias significativas entre los rangos estacionales de las variables, especialmente cuando las diferencias no fueron suficientemente notorias.

La zona norte se ve afectada frecuentemente por eventos de baja y alta frecuencia (eventos tipo ENOS y de surgencia costera respectivamente). En esta zona los procesos de surgencia tienen un carácter permanente a través del año (Fuenzalida, 1990), los cuales pueden ser identificados mediante el análisis de la estructura termal o del campo de densidad (Fuenzalida, 1992a). Mientras que los eventos tipo ENOS pueden ser caracterizados como el paso de ondas Rossby, que cambian las propiedades físicas de la región hacia un ambiente de tipo tropical (Fuenzalida, 1992b).

La bahía de Bajo Molle es pequeña y se orienta hacia el oeste, de manera que sus aguas reciben la influencia de las diferentes masas de aguas que caracterizan la región, donde el efecto de los eventos de surgencia es fundamental. Los valores de temperatura durante el ciclo anual, considerando las tres profundidades, varió entre 13,7 y 23,6°C (Fig. 2). La distribución estacional de temperatura presentó la típica señal anual, caracterizada por un período más cálido de enero-marzo (19,5 a 23,1°C), uno frío de abril a septiembre (14,1 a 15,8°C), seguida de un nuevo aumento de octubre a diciembre (Tabla 1).

El coeficiente de extinción de la luz fluctuó entre 0,15 y 0,57 m<sup>-1</sup> en abril y septiembre respectivamente. Los valores mensuales se mantuvieron relativamente constantes entre enero y julio, aumentando a partir de agosto con un máximo anual en septiembre (Fig. 2). En invierno y primavera se registraron los mayores valores (Tabla 1).



**Figura 2. Variación mensual de: a) temperatura, b) coeficiente de extinción, c) pH.**

**Figure 2. Monthly variation of: a) temperature, b) extinction coefficient, c) pH.**

El pH fluctuó entre 7,38 y 8,27, presentando una marcada fluctuación entre febrero y abril (Fig. 2). Sin embargo, no se observó un patrón estacional definido, como en el caso de la temperatura. Los valores más altos se obtuvieron en verano y primavera, en cambio en otoño e invierno fueron levemente inferiores (Tabla 1).

El oxígeno disuelto (OD) fluctuó entre 4,40 y 8,79 (ml/L) en julio y octubre respectivamente. Las mayores concentraciones se determinaron en marzo y octubre, y el mínimo en junio (Fig. 3). La distribución estacional mostró los mayores valores en verano y primavera y los menores en otoño-invierno (Tabla 1).

La concentración de nitrógeno total (NT) fluctuó entre 24,26 y 72,08 µg-át N/L en septiembre y julio respectivamente (Tabla

1). Las mayores concentraciones se detectaron entre enero y julio, en agosto los valores descendieron hasta cerca de 30,0  $\mu\text{g-}\hat{\text{a}}\text{t N/L}$ , manteniéndose sobre estos niveles hasta el final del período de muestreo (Fig. 4). Las máximas concentraciones ocurrieron en verano y otoño y las mínimas en invierno y primavera, con excepción de julio que mantuvo un nivel similar al de otoño.

El fósforo total fluctuó entre concentraciones menores al nivel de detección del método y 9,60  $\mu\text{g-}\hat{\text{a}}\text{t N/L}$ , en abril y diciembre respectivamente. La variación mensual mostró los mayores valores en enero y febrero, descendiendo en marzo, para luego mantenerse relativamente constantes de abril a octubre; en noviembre aumentaron levemente, alcanzando un máximo en diciembre (Fig. 4). Las mayores concentraciones se registraron en verano y primavera, y las menores en otoño e invierno (Tabla 1).

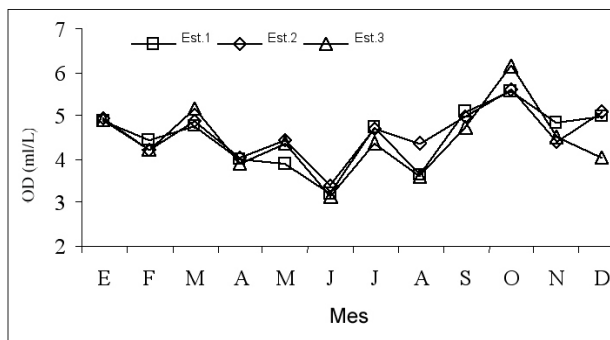


Figura 3. Variación mensual de oxígeno disuelto (OD).

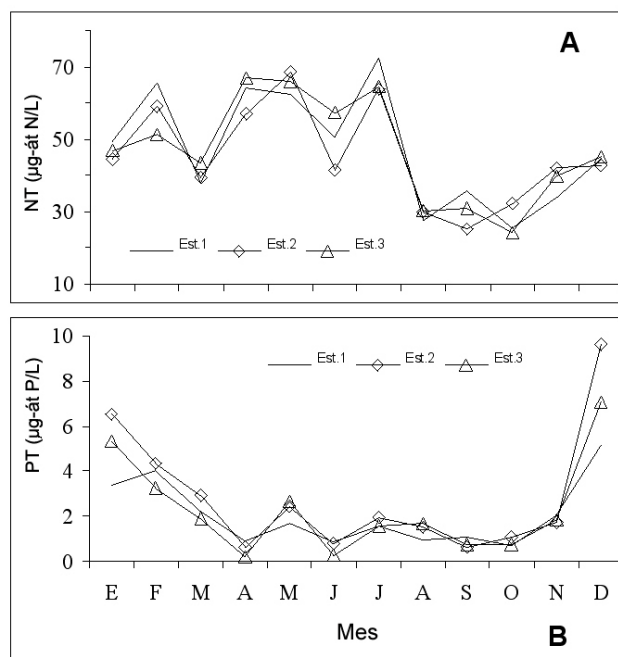
Figure 3. Monthly variation of dissolved oxygen (DO).

Las coliformes totales fluctuaron entre < 2,0 y 350 NMP/100 ml, que se detectaron en verano, aunque en concentraciones no significativas; el resto del año los valores estuvieron bajo el nivel de detección del método. De igual forma, los coliformes fecales presentaron la misma tendencia. Sus valores extremos fueron < 2,0 y 50 NMP/100 ml y siempre estuvieron en concentraciones inferiores a lo establecido en la Norma Nacional (Tabla 1).

**Tabla 1. Rangos estacionales de los parámetros medidos. T: temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), K: coeficiente de extinción ( $\text{m}^{-1}$ ),  $\text{O}_2$ : oxígeno disuelto (ml/L), NT: nitrógeno total ( $\mu\text{g-}\hat{\text{a}}\text{t N/L}$ ), PT: fósforo total ( $\mu\text{g-}\hat{\text{a}}\text{t P/L}$ ), CT: coliformes totales (NMP/100 ml), CF: coliformes fecales (NMP/100 ml), ST: sólidos totales (mg/L), SST: sólidos suspendidos totales (mg/L), SS: sólidos sedimentables (mg/L), AyG: aceites y grasas (mg/L), Det: detergentes (mg/L).**

**Table 1. Seasonal ranges of the measured parameters. T: temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ), K: extinction coefficient ( $\text{m}^{-1}$ ),  $\text{O}_2$ : dissolved oxygen (ml/L), NT: total nitrogen ( $\mu\text{g-}\hat{\text{a}}\text{t N/L}$ ), PT: total phosphorous ( $\mu\text{g-}\hat{\text{a}}\text{t P/L}$ ), CT: total coliforms (NMP/100 ml), CF: fecal coliforms (NMP/100 ml), ST: total solids (mg/L), SST: total suspended solids (mg/L), SS: sinking solid (mg/L), AyG: oils and fatty (mg/L), Det: detergents (mg/L).**

Parámetros	VERANO-98	OTOÑO-98	INVIERNO-98	PRIMAVERA-98
T	19,5-23,1	15,6-16,9	14,1-15,8	15,8-17,5
pH	7,80-8,27	7,38-7,92	7,71-7,97	7,76-8,07
K	0,19-0,34	0,15-0,28	0,19-0,57	0,28-0,43
$\text{O}_2$	6,03-7,37	4,44-5,77	5,13-7,25	5,75-8,79
NT	39,30-65,44	41,60-68,53	25,16-72,08	24,26-45,19
PT	1,89-6,53	0,20-2,64	0,64-1,97	0,71-9,60
CT	< 2,0-510,0	< 2,0	< 2,0-48,0	< 2,0
CF	< 2,0-51,0	< 2,0	< 2,0-9,0	< 2,0
ST	36952,6-38742,1	36824,3-37459,4	37039,9-38384,1	36539,2-38638,8
SST	1,35-5,56	3,41-6,15	2,93-9,28	2,23-5,33
SS	0,55-4,53	0,49-3,10	0,69-5,49	0,49-2,52
AyG	0,00-3,90	0,25-4,16	1,73-5,39	0,73-5,35
Det	0,01-0,11	0,06-0,10	0,04-0,10	0,05-0,08



**Figura 4. Variación mensual de: a) nitrógeno total (NT), b) fósforo total (PT).**

**Figure 4. Monthly variation of: a) total nitrogen (TN), b) total phosphorous (TP).**

Los sólidos totales fluctuaron entre 36.539,2 y 38.742,1 mg/L en noviembre y enero respectivamente (Tabla 1). Las concentraciones se mantuvieron relativamente constantes a lo largo del año, lo cual se reflejó en los rangos de variación estacional (Tabla 1). Los sólidos suspendidos totales fluctuaron entre 1,35 y 9,28 mg/L en marzo y agosto respectivamente (Tabla 1). La distribución mensual mostró valores relativamente similares entre enero y junio, con un máximo notorio en agosto (Fig. 5). Los rangos indicados en la Tabla 1 muestran que no existió una estacionalidad marcada. Los sólidos sedimentables presentaron valores extremos de 0,49 y 5,49 mg/L en enero y abril respectivamente (Tabla 1). La variación mensual mostró una fuerte fluctuación de la concentración a lo largo del año, pero sin un patrón definido de fluctuación estacional (Fig. 5).

Para los aceites y grasas se determinaron rangos entre 0,00 y 5,39 mg/L, detectándose éste último en diciembre (Tabla 1). Mensualmente se obser-

**Tabla 2. Resultados de una ANDEVA de una vía no paramétrico de Kruskal-Wallis (Siegel y Catellar, 1988), para la variable oxígeno disuelto (ml/L). BM: Bajo Molle, BI: Bahía Iquique, DE: desviación estándar, CV: coeficiente de variación, KW: estadístico Kruskal-Wallis, P: probabilidad.**

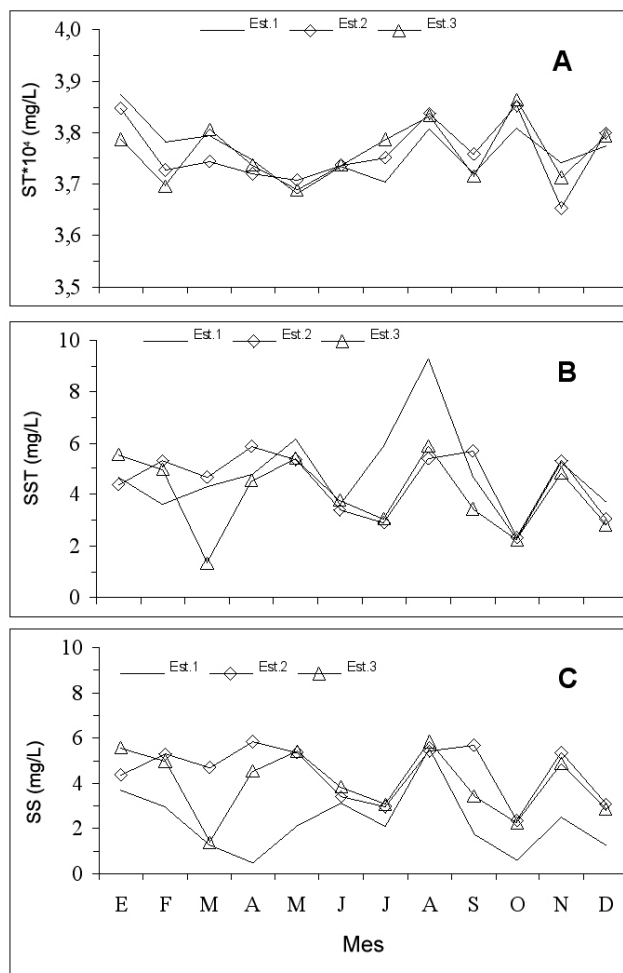
**Table 2. Results of non-parametric ANOVA of Kruskal-Wallis (Siegel and Catellar, 1988), for the variable dissolved oxygen (ml/L). BM: Bajo Molle, BI: Bahía Iquique, DE: standard deviation, CV: variation coefficient, KW: statistical Kruskal-Wallis, P: probability.**

Estación		Promedio	DE	CV	KW	P
Verano	1998-BM	6,55	0,27	4,13	17,26	< 0,05
	1997-BI	1,92	1,32	68,76		
	1998-BI	6,13	0,96	15,62		
Otoño	1998-BM	6,27	0,59	9,40	21,09	< 0,05
	1996-BI	0,66	0,67	100,63		
	1997-BI	3,18	1,47	46,36		
Invierno	1998-BM	5,55	0,70	12,63	17,02	< 0,05
	1996-BI	1,24	0,46	37,12		
	1997-BI	5,43	1,30	24,00		
Primavera	1998-BM	7,24	0,52	7,17	18,00	< 0,05
	1996-BI	2,90	1,27	43,72		
	1997-BI	4,93	1,38	27,99		

varon fuertes fluctuaciones, sin reflejar un patrón estacional, registrándose las menores concentraciones en verano (Fig. 6).

Los detergentes presentaron rangos entre 0,01 y 0,11 mg/L, ambos detectados en enero (Tabla 1). La variación mensual mostró que la mayor fluctuación se registró en verano (enero-febrero), mientras que a partir de abril las concentraciones fueron más parecidas (Fig. 6).

Para comparar la información obtenida en las bahías de Bajo Molle e Iquique se seleccionó la concentración de oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales, aceites y grasas, y detergentes. La concentración de oxígeno disuelto mostró diferencias significativas entre ambos sectores (Tabla 2), situación que se mantuvo a través de las diferentes estaciones del año.



**Figura 5. Variación mensual de: a) sólidos totales (ST), b) sólidos suspendidos totales (SST), c) sólidos sedimentables (SS).**

**Figure 5. Monthly variation of: a) total solids (TS), b) total suspended solids (TSS), c) sinking solid (SS).**

Las diferencias estuvieron dadas por la información de Bajo Molle, ya que sus concentraciones de oxígeno siempre fueron mayores (Tabla 2). Lo mismo se observó en la variable SST (Tabla 3), que siempre fue más baja en bahía de Bajo Molle. Los aceites y grasas mostraron diferencias significativas, a excepción de otoño (Tabla 4). En cambio, los detergentes mostraron diferencias significativas en todas las estaciones del año (Tabla 5).

En la bahía de Bajo Molle, a comienzos del siglo pasado se instaló una empresa de faenamiento y proceso de ballenas, específicamente del cachalote (*Physeter macrocephalus*), la cual operó hasta comienzos de la década del 60. Posteriormente, no ha tenido industrias que hicieran uso del sistema litoral. De manera que por el tiempo transcurrido y su alta exposición al océano adyacente, sugieren que en la actualidad esta bahía no presentaría signos de contaminación, lo cual es avalado por observaciones hechas en la bahía de Iquique en los dos últimos años (datos no publicados).

Al respecto, los problemas de contaminación por materia orgánica, dentro de los que se encuentran los derivados de la industria pesquera, están conformados por material orgánico disuelto y particulado en forma de escamas, sangre y restos de los organismos bajo explotación (Pradenas y Rudolph, 1989). En Iquique, durante 1999, y posterior al evento ENOS 97-98, los desembarques pesqueros disminuyeron a niveles muy bajos o nulos, por lo cual la industria pesquera tuvo escasa actividad. La información disponible indica que el sistema de la bahía de Iquique tiende a retornar a condiciones más cercanas a la normalidad de manera muy rápida (< 10 meses). Esto permitiría señalar que Bajo Molle no presentaría efectos residuales en la columna de agua, producto de la actividad ballenera del siglo pasado.

**Tabla 3. Resultados del ANDEVA de una vía no paramétrico de Kruskal-Wallis (Siegel y Catellar, 1988), para la variable sólidos suspendidos totales (mg/L). BM: Bajo Molle, BI: Bahía Iquique, DE: desviación estándar, CV: coeficiente de variación, KW: estadístico Kruskal-Wallis, P: probabilidad.**

**Table 3. Results of non-parametric one way ANOVA of Kruskal-Wallis (Siegel and Catellar, 1988), for the total suspended solid variable (mg/L). BM: Bajo Molle, BI: Bahía Iquique, DE: standard deviation, CV: variation coefficient, KW: statistical Kruskal-Wallis, P: probability.**

Estación		Promedio	DE	CV	KW	P
Verano	1998-BM	4,71	1,73	36,66	6,34	< 0,05
	1997-BI	4,24	0,98	23,15		
	1998-BI	16,80	23,58	140,33		
Otoño	1998-BM	4,54	0,99	21,68	7,43	< 0,05
	1996-BI	13,85	13,97	100,91		
	1997-BI	16,01	15,68	97,97		
Invierno	1998-BM	4,47	1,28	28,66	15,15	< 0,05
	1996-BI	20,10	19,91	99,07		
	1997-BI	19,04	10,60	55,71		
Primavera	1998-BM	4,05	0,84	20,69	17,10	< 0,05
	1996-BI	4,26	1,08	25,42		
	1997-BI	40,72	3,89	9,55		

**Tabla 4. Resultados de una ANDEVA de una vía no paramétrico de Kruskal-Wallis (Siegel y Catellar, 1988), para la variable aceites y grasas (mg/L). BM: Bajo Molle, BI: Bahía Iquique, DE: desviación estándar, CV: coeficiente de variación, KW: estadístico Kruskal-Wallis, P: probabilidad.**

**Table 4. Results of non-parametric one way ANOVA of Kruskal-Wallis (Siegel and Catellar, 1988), for the variable oils and fatty (mg/L). BM: Bajo Molle, BI: Bahía Iquique, DE: standard deviation, CV: variation coefficient, KW: statistical Kruskal-Wallis, P: probability.**

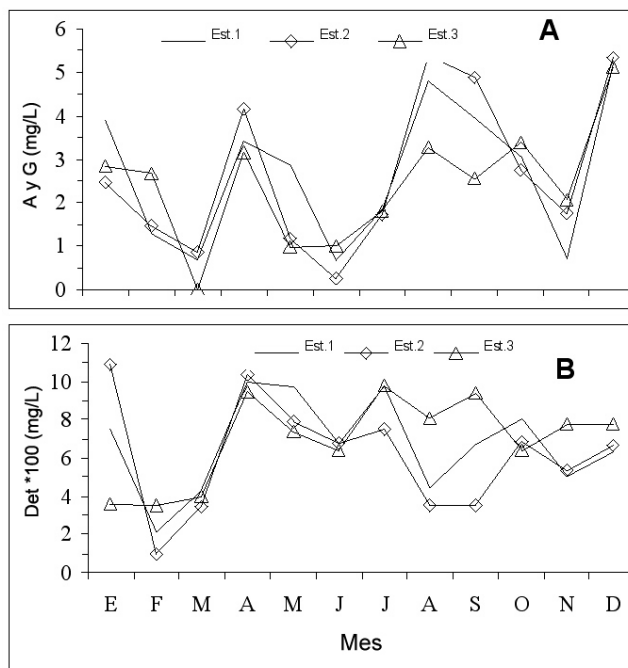
Estación		Promedio	DE	CV	KW	P
Verano	1998-BM	3,08	1,04	33,80	7,80	< 0,05
	1997-BI	5,30	4,09	77,17		
	1998-BI	1,33	1,18	88,53		
Otoño	1998-BM	1,93	0,57	29,45	3,17	> 0,05
	1996-BI	7,29	6,65	91,30		
	1997-BI	6,54	4,38	66,85		
Invierno	1998-BM	2,33	0,64	27,44	16,74	< 0,05
	1996-BI	0,09	0,27	300,00		
	1997-BI	2,94	2,01	68,33		
Primavera	1998-BM	3,12	1,17	37,47	7,44	< 0,05
	1996-BI	7,14	6,31	88,37		
	1997-BI	1,55	1,66	107,06		



**Tabla 5. Resultados de una ANDEVA de una vía no paramétrico de Kruskal-Wallis (Siegel y Catellar, 1988), para la variable detergente (mg/L). BM: Bajo Molle, BI: Bahía Iquique, DE: desviación estándar, CV: coeficiente de variación, KW: estadístico Kruskal-Wallis, P: probabilidad.**

**Table 5. Results of non-parametric one way ANOVA of Kruskal-Wallis (Siegel and Catellar, 1988), for the variable detergent (mg/L). BM: Bajo Molle, BI: Bahía Iquique, DE: standard deviation, CV: variation coefficient, KW: statistical Kruskal-Wallis, P: probability.**

Estación		Promedio	DE	CV	KW	P
Verano	98-DI	0,07	0,04	54,67	10,24	< 0,05
	97-CR	0,14	0,04	25,00		
	98-CR	0,11	0,02	18,86		
Otoño	98-DI	0,07	0,01	9,74	13,24	< 0,05
	96-CR	0,16	0,05	31,57		
	97-CR	0,16	0,11	68,89		
Invierno	98-DI	0,07	0,01	18,45	17,93	< 0,05
	96-CR	0,07	0,01	12,61		
	97-CR	0,29	0,03	9,00		
Primavera	98-DI	0,06	0,01	20,98	21,09	< 0,05
	96-CR	0,04	0,01	23,93		
	97-CR	0,15	0,02	10,11		



**Figura 6. Variación mensual de: a) aceites y grasas, b) detergentes.**

**Figure 6. Monthly variation of: a) oil and fatty, b) detergents.**

Durante los primeros meses en que se desarrolló este estudio, periodo estival y otoñal, las condiciones oceanográficas estuvieron bajo la influencia del ENOS 97-98. En este sentido, Fuenzalida *et al.* (1999) señalaron que a partir de mayo de 1997 se presentaron anomalías térmicas en la región, hasta alcanzar en agosto los 3,6°C. Estos autores señalan que en enero de 1998 el evento se encontró en su fase madura alcanzando anomalías de 5,5°C, manteniéndose hasta mayo. Con respecto a los procesos de surgencia, estos autores señalaron que se observó una serie de anomalías asociadas al calentamiento, mostrando un debilitamiento de la surgencia costera en la fase preparatoria y madura del evento. De manera que las condiciones hidrográficas de esta área estuvieron bajo régimen del ENOS, situación que no es anómala, ya que este tipo de evento sería una condición natural en el ecosistema marino del norte de Chile.

Por otro lado, desde el punto de vista de la calidad del agua de Bajo Molle,

los parámetros analizados mostraron valores considerados como normales. Algunos parámetros presentaron una fluctuación que corresponde principalmente a una respuesta a los cambios estacionales naturales que ocurren en el ecosistema, como la temperatura, coeficiente de extinción y concentración de oxígeno disuelto. Sin embargo, otros mostraron una suave fluctuación, que no tuvo relación con los cambios estacionales, como fue el caso del pH, fósforo total, sólidos totales y detergentes. Al contrario, otro grupo no presentó un patrón estacional definido, caracterizado por fuertes oscilaciones, como fue el caso del nitrógeno total, sólidos suspendidos totales, sólidos sedimentables y aceites y grasas.

Existen antecedentes provenientes de la bahía de Iquique, obtenidos en estudios de evaluación de impacto ambiental, que al compararse con la información de este estudio permitirían visualizar el impacto producido por acción del hombre en esta bahía, y además, validar la importancia de esta información. Los principales parámetros que se ven afectados son el oxígeno disuelto, coliformes totales y fecales, nitrógeno total, y aceites y grasas. Esto coincide con registros hechos para otras localidades, como los estudios realizados en el golfo de Arauco y bahía de Concepción (Ahumada *et al.*, 1989; Arcos *et al.*, 1993).

La información obtenida en el presente estudio, si bien proviene de muestreos realizados en un solo año, tiene la continuidad temporal que permite establecer inicialmente las fluctuaciones, consideradas normales para estas variables. Además, provienen de un área con características similares (bahía) a aquellas que en el sector litoral de Iquique se encuentran intervenidas por acción antropogénica. Esto sirve como referencia para poder establecer el grado de intervención que pudiesen presentar las áreas críticas de la zona litoral de Iquique. Finalmente, se recomienda mantener este tipo de estudios, para poder establecer rangos de fluctuación más representativos en función del tiempo y, además, incorporar otras zonas geográficas, para visualizar las posibles diferencias latitudinales que pudiesen influir en los valores normales de los parámetros analizados.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar sus agradecimientos al M.Sc. José Pineda, por facilitar su laboratorio para la realización de los análisis químicos. A la Profe-

sora Elena Zagals quien realizó los análisis de aceites y grasas, y a Joshua Langenegger, Rubén Moraga, Jorge Toro, Marianella Ovalle y Leticia Hardy por su colaboración en los muestreos y apoyo en laboratorio. Además, agradecen a la Universidad Arturo Prat el apoyo otorgado a través del Proyecto DI-UNAP 12/97, que permitió efectuar esta investigación.

#### REFERENCIAS

- Ahumada, R., A. Rudolph, S. Madariaga y F. Carrasco. 1989. Descripción de las condiciones oceanográficas de la bahía de San Vicente y antecedentes sobre los efectos de la contaminación. *Biol. Pesq.*, 18: 37-52.
- Arcos, D., L. Furet, F. Carrasco, S. Núñez y F. Vargas. 1993. Eutroficación del ambiente marino de Chile central: efectos inducidos por la evacuación de residuos industriales líquidos. *Invest. Mar., Valparaíso*, 21: 51-74.
- D'Elia, C., P. Stendler y N. Corwin. 1976. Determination of total nitrogen in aqueous samples using persulfate digestion. *Limnol. Oceanogr.*, 22: 760-764.
- Fuenzalida, R. 1990. Variabilidad temporal de un índice de surgencia para la zona de Iquique (Lat. 20°S). *Invest. Cient. Tec., Ser. Cienc. Mar.*, 1: 37-47.
- Fuenzalida, R. 1992a. Proceso de surgencia en la región norte de Chile, 20°30'S- 21°45'S. *Invest. Cient. Tec., Ser. Cienc. Mar.*, 2: 79-104.
- Fuenzalida, R. 1992b. Anomalías oceanográficas y meteorológicas durante el desarrollo de El Niño 1991-1992 en la zona de Iquique (20°18'S). *Invest. Pesq., Chile*, 37: 67-72.
- Fuenzalida, R., J. Blanco, R. Núñez y S. Hormazábal. 1999. Efectos oceanográficos y meteorológicos durante El Niño 1997-98, en la zona de Iquique (20°S). *Invest. Cient. Tec., Ser. Cienc. Mar.*, 4: 79-104.
- Gretnberg, A., L. Clesceri y A. Eaton (eds.). 1992. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association, Washington, D.C., 550 pp.

- Idso, S.B. y G.R. Gilbert. 1974.** On the universality of the Poole and Atkins Secchi disk-light extinction equations. *J. Appl. Ecol.*, 11: 399-401.
- Millero, F., Z. Zhang y S. Fiol. 1993.** The use of buffers to measure the pH of seawater. *Mar. Chem.*, 44: 143-152.
- Parsons, T., Y. Maita y C. Lalli. 1984.** A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press Ltda., New York, 173 pp.
- Pradenas, E. y A. Rudolph. 1989.** Comparación del impacto ambiental en la bahía de Concepción producido por los residuos de las plantas de harina, aceite y congelados. *Biol. Pesq.*, 18: 115-122.
- Siegel, S. y N. Castellar. 1988.** Nonparametric statistics for the behavioral sciences. Second Edition. McGraw-Hill, Inc., New York, 399 pp.