



4.1.5 OCEANOGRAFÍA QUÍMICA

4.1.5.1 INTRODUCCIÓN

Las propiedades químicas del agua del mar, al caracterizar las masas de agua del océano, permiten seguir su curso y modificaciones en extensas masas de agua y así entender el desarrollo de muchas especies marinas y comportamiento de otras características del agua de mar, por lo que su conocimiento no sólo tiene un interés científico, sino que presenta una importancia práctica para el aprovechamiento y conservación de los diferentes recursos del mar.

Los subproductos de la actividad humana que pueden tener efecto directo sobre los ciclos químicos del medio oceánico, corresponde a la acumulación de residuos sólidos, los radiactivos, los subproductos de síntesis orgánica a gran escala, los insecticidas, hidrocarburos, etc.

En el análisis de las condiciones oceánicas es necesario alcanzar una mejor comprensión de los diversos ciclos químicos de los elementos y compuestos del agua del mar, para conservar sus características, debido a que si se agregan nuevos elementos y compuestos, se podrían cambiar los ritmos propios de estos ciclos, así como sus productos finales.

4.1.5.2 COMPORTAMIENTO QUÍMICO DE LOS OCÉANOS

Los ciclos químicos del océano son muy complejos, por lo que no se les conoce profundamente. Los ciclos de los metales que sólo presentan concentraciones a nivel de trazas, los de los gases disueltos y los de la materia orgánica, son quizás los más difíciles de comprender.

En el presente capítulo se presenta un análisis de las características químicas del agua de mar que comprende el Lote Z-48, buscando identificar las actuales características de la zona en estudio, su importancia en la vida marina y comportamiento en las masas de agua, la importancia de este conocimiento, busca identificar los cambios en las masas de agua producto de posibles emisiones en el mar que originen la alteración en las masas de agua.

La zona de estudio comprende el ámbito marino del departamento de Ancash en la provincia de Chimbote hasta Puerto Grande en Huarmey, sobre la plataforma continental hasta profundidades que llegan a los 1 162 mbnm (metros bajo el nivel del mar).

4.1.5.3 EVOLUCIÓN DE LA QUÍMICA DE LOS OCÉANOS

Desde la formación de los océanos hasta la era actual, han pasado miles de millones de años, en los cuales se han presentado una serie de cambios físicos, químicos y geológicos.

Dentro de estos cambios, es importante resaltar que la mayor parte del agua existente en el planeta brotó del interior de la corteza terrestre como resultado de la actividad volcánica, durante su desarrollo geológico.

Uno de los fenómenos más significativos de la evolución de la Tierra fue la disociación fotoquímica del agua en hidrógeno y oxígeno, por acción de la luz ultravioleta de la alta atmósfera. Esto permitió que el oxígeno reaccionara con otros elementos como el carbono, el nitrógeno, el azufre y el hierro,



dando las características químicas a la atmósfera y a los océanos y facilitando que se originaran los organismos vivos.

Los ciclos químicos que se sucedieron en el océano durante 4 500 millones de años, fueron fundamentales para la evolución de la vida sobre el planeta, y para que la atmósfera pasara de sombría a luminosa e inodora. El océano turbio se pobló de seres vivos que se fueron desarrollando y al aumentar en número invadieron la Tierra.

La aparición de la vida determinó que los cambios químicos en el océano primitivo se incrementaran. Este tenía poco o nada de oxígeno, contenía sales inorgánicas y complejas moléculas orgánicas que proporcionaron las bases para los primeros procesos vitales.

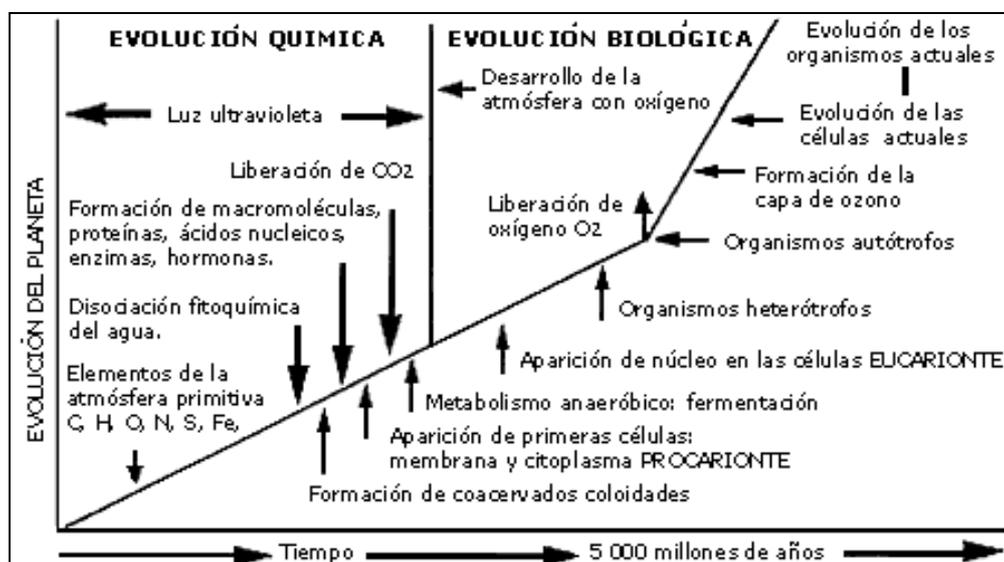
En un principio el oxígeno se acumuló, debido a la descomposición del vapor de agua a gran altura y posteriormente con la aparición de los vegetales verdes se iniciaron los procesos de síntesis de la materia orgánica por medio de la fotosíntesis, aumentando este gas hasta el punto que hoy la atmósfera contiene 20 por ciento de oxígeno gaseoso y una cantidad considerable de este elemento está disuelta en el agua del océano. Este fenómeno convirtió a la atmósfera y al océano en ambientes adecuados para los procesos metabólicos de los organismos que requieren oxígeno.

Durante el proceso de fotosíntesis se desprendieron cada vez cantidades mayores de oxígeno, que del océano pasaron a la atmósfera, la cual se fue modificando, originándose lo que se puede considerar como la atmósfera que ya no contiene metano, amoníaco, ácido cianhídrico, como la antigua y por el contrario, presenta agua, nitrógeno, oxígeno y bióxido de carbono.

Además en las zonas más elevadas de la atmósfera, por la intensidad de la radiación cósmica, provocó que las moléculas de oxígeno se recombinaran y modificaran dando origen a una capa de ozono (O_3), situada a varios cientos de kilómetros de altura y que actúa como una excelente pantalla de protección contra las radiaciones de alta energía, como los rayos ultravioleta y los rayos X, lo que hizo que los seres vivos contaran con un mejor ambiente para desarrollarse.

La Figura 4.1.5-1 presenta el ciclo y proceso de evolución química.

Figura 4.1.5-1 Evolución química





4.1.5.3.1 Características Químicas Generales de los Océanos

El mar se puede considerarse como un ambiente natural homogéneo, constituyéndose como una solución compleja en la que se entremezclan un gran número de iones, en la cual por término medio contiene 96,4 % de agua pura y un 3,5 % de sales.

Las distintas sales se encuentran siempre en proporciones constantes entre sí. El 99% de las sales disueltas en el agua marina está formada por ocho iones, siendo los siguientes: cloro (18,98 partes por mil), sodio (10,54 partes por mil), magnesio (1,35 partes por mil), azufre (0,885 partes por mil), calcio (0,400 partes por mil), potasio (0,380 partes por mil), bromo (0,065 partes por mil), y carbono (0,028 partes por mil).

El agua de mar presenta de manera global características fundamentalmente uniformes, estas características se presentan en sus propiedades físicas y químicas, siendo las más sobresalientes la temperatura y salinidad.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL MAR EN EL LOTE Z-48

En los siguientes puntos se describen las propiedades químicas del agua de mar y las características que presentan en la zona de estudio del Lote Z-48, considerando datos obtenidos del IMARPE, DHNM y muestreos de campo realizados por Walsh Perú S.A.

A. TEMPERATURA

La energía solar es la principal fuente de calor que reciben las aguas marinas y a partir de esta se manifiesta la temperatura, considerada como una de sus características físicas. Asimismo, dicha energía solar también influye en la condensación de la humedad, las precipitaciones, la transferencia de calor desde el aire atmosférico, los afloramientos costeros, el hundimiento y los movimientos adventivos, etc. Por su parte, el enfriamiento responde a la evaporación, a la irradiación y al intercambio de calor entre el océano y la atmósfera. De la misma forma el agua de mar varía también como resultado de la distribución superficial y horizontal de las masas de agua.

- Distribución Superficial de la Temperatura

En su distribución superficial, la temperatura del mar se elevan hacia el Ecuador y disminuyen hacia los polos, el mismo comportamiento se observa de Este a Oeste, siendo las temperaturas superficiales cerca de la costa menores que mar adentro, presentando las isotermas una distribución zonal en gran parte del Océano Pacífico, especialmente en las altas latitudes, la notable gradiente zonal, frente a la costa peruana, está relacionada con el afloramiento costero que lleva aguas frías a la superficie, aumentando en intensidad durante el verano.

Las condiciones térmicas del mar peruano, promedio anual, se caracterizan por tener variaciones que fluctúan de 17 °C a 25 °C, presentándose los valores más bajos en áreas cercanas a la costa y los más altos en zonas alejadas de la línea costera.

La distribución de la temperatura superficial promedio, por semanas del año, para las costas del departamento de Ancash, elaborado por el Instituto del Mar del Perú, dirección de investigaciones oceanográficas, para el periodo que comprende desde enero de 2007 y junio de 2008, se presenta en el Cuadro 4.1.5-1.



Cuadro 4.1.5-1 Temperatura superficial del mar y anomalías de temperatura superficial del mar

Año	Semana	Chimbote		Litoral peruano.	
		TSM °C	ATSM	TSMmed	ATSM
2007	01 Enero	21,30	+0,30	20,50	+0,70
2007	02 Enero	21,50	+0,50	21,00	+1,20
2007	03 Enero	22,20	+1,20	21,40	+1,60
2007	04 Enero	23,00	+2,00	21,20	+1,40
2007	05 Febrero	22,40	+0,30	21,40	+0,40
2007	06 Febrero	23,00	+0,90	21,90	+0,90
2007	07 Febrero	22,80	+0,70	21,60	+0,60
2007	08 Febrero	22,20	+0,10	21,10	+0,10
2007	09 Marzo	21,90	-0,30	21,10	0,00
2007	10 Marzo	22,00	-0,20	20,50	-0,60
2007	11 Marzo	22,00	-0,20	20,50	-0,60
2007	12 Marzo	21,60	-0,60	20,10	-1,00
2007	13 Abril	20,00	-1,20	19,30	-0,90
2007	14 Abril	19,60	-1,60	19,00	-1,20
2007	15 Abril	20,10	-1,10	19,00	-1,20
2007	16 Abril	19,50	-1,70	18,60	-1,60
2007	17 Mayo	19,01	-0,99	18,37	-1,03
2007	18 Mayo	18,79	-1,21	17,85	-1,55
2007	19 Mayo	17,99	-2,01	17,73	-1,67
2007	20 Mayo	18,2	-1,80	17,60	-1,80
2007	21 Junio	17,2	-1,80	17,50	-1,20
2007	22 Junio	16,70	-2,30	17,70	-1,00
2007	23 Junio	16,70	-2,30	17,60	-1,10
2007	24 Junio	16,50	-2,50	17,10	-1,60
2007	25 Julio	17,00	-1,40	17,00	-1,10
2007	26 Julio	17,40	-1,10	17,00	-1,10
2007	27 Julio	17,30	-1,10	17,10	-1,00
2007	28 Julio	17,00	-1,40	17,40	-0,70
2007	29 Agosto	16,70	-1,40	16,70	-1,00
2007	30 Agosto	16,60	-1,50	16,60	-1,10
2007	31 Agosto	16,70	-1,40	16,70	-1,00
2007	32 Agosto	17,00	-1,10	16,60	-1,10
2007	33 Septiembre	17,10	-0,90	16,20	-1,50
2007	34 Septiembre	17,70	-0,30	16,70	-1,00
2007	35 Septiembre	16,90	-1,10	16,40	-1,30
2007	36 Septiembre	16,30	-1,70	16,10	-1,60
2007	37 Octubre	16,50	-2,0	16,50	-1,40
2007	38 Octubre	17,00	-1,50	16,90	-1,00
2007	39 Octubre	16,60	-1,90	16,40	-1,50
2007	40 Octubre	17,90	-0,60	16,70	-1,20
2007	41 Noviembre	17,77	-1,43	16,70	-1,50
2007	42 Noviembre	18,46	-0,74	17,32	-0,88
2007	43 Noviembre	18,27	-0,93	17,51	-0,69
2007	44 Noviembre	19,19	+0,09	17,55	-0,65
2007	45 Diciembre	18,42	-1,58	16,99	-2,21
2007	46 Diciembre	18,50	-1,50	16,78	-2,42
2007	47 Diciembre	19,16	-0,84	17,17	-2,03
2007	48 Diciembre	18,90	-1,10	18,13	-1,07



Año	Semana	Chimbote		Litoral peruano.	
		TSM °C	ATSM	TSMmed	ATSM
2008	01 Enero	19,39	-1,61	18,16	-1,84
2008	02 Enero	19,06	-1,94	18,53	-1,47
2008	03 Enero	18,63	-2,37	18,53	-1,47
2008	04 Enero	19,37	-1,63	19,50	-0,50
2008	05 Febrero	19,82	-2,28	19,50	-1,50
2008	06 Febrero	20,14	-1,96	20,48	-0,52
2008	07 Febrero	22,27	+0,17	21,08	+0,08
2008	08 Febrero	23,05	+0,95	22,03	+1,03
2008	09 Marzo	26,34	+4,24	23,74	+2,84
2008	10 Marzo	25,47	+3,37	23,19	+2,29
2008	11 Marzo	23,50	+1,30	22,24	+1,14
2008	12 Marzo	21,99	-0,21	21,05	-0,05
2008	13 Abril	21,62	+0,42	19,85	-0,35
2008	14 Abril	20,01	-1,19	18,98	-1,22
2008	15 Abril	19,99	-1,21	19,15	-1,05
2008	16 Abril	18,65	-2,55	19,06	-1,14
2008	17 Mayo	19,29	-0,71	18,74	-0,66
2008	18 Mayo	18,88	-1,12	18,60	-0,80
2008	19 Mayo	19,47	-0,53	18,60	-0,80
2008	20 Mayo	19,55	-0,46	18,99	-0,41
2008	21 Junio	19,59	+0,59	18,95	+0,25
2008	22 Junio	20,52	+1,52	19,11	+0,41
2008	23 Junio	20,66	+1,66	19,10	+0,40

Fuente: Instituto del Mar del Perú.

TSM temperatura superficial del Mar.

ATSM anomalías de temperatura superficial del mar.

- Distribución Vertical de la Temperatura

Los valores de la temperatura a nivel de la columna de agua (vertical), en general, disminuyen con la profundidad, ocasionalmente se presentan pequeñas inversiones en la capa de mezcla. Esta influencia se da evidentemente por la influencia de la radiación y energía solar.

La capa de mezcla (napa) se desarrolla comúnmente con un espesor de hasta 50 m dentro de las 100 millas, las cuales en invierno pueden sobrepasar este espesor y ocasionalmente se puede observar capas de hasta 125 m de espesor, dentro de las 150 millas de la costa. Estas condiciones constituyen el reflejo de que el comportamiento del agua de mar es bastante homogéneo con respecto a la profundidad.

La termoclina en el mar peruano llega a presentarse con 11 o 13 isotermas durante el periodo de calentamiento, en los meses de verano, y con 3 o 4 isotermas en el invierno. La termoclina conforme se acerca a la costa se hace más superficial, al mismo tiempo la capa disminuye de espesor, en la cual frente a la costa peruana se presentan dos tipos de termoclina: La termoclina superficial permanente y la termoclina subsuperficial permanente.

La termoclina Superficial Permanente, se ubica generalmente por encima de los 75 m y por debajo de una napa menor de 25 m. Este tipo de termoclina es característica de aguas de régimen ecuatorial, ubicándose generalmente al norte de los 4° 30' latitud sur y durante las ocurrencias de los fenómenos del Niño suelen presentarse más al sur, pudiendo llegar a los 10° S.



La termoclina Subsuperficial Permanente, presenta gradiente moderado, encima de la cual se desarrolla la termoclina Superficial Estacional, este tipo de termoclina se presenta en gran parte de la costa peruana.

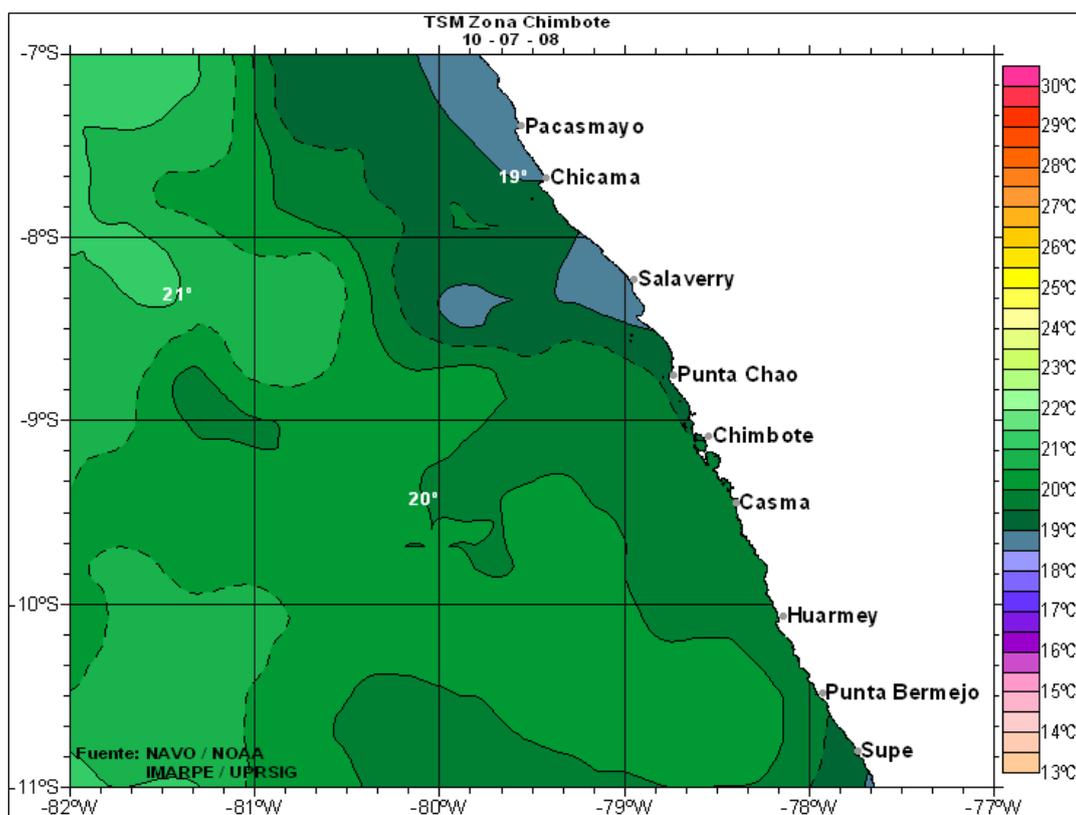
- **Muestreos de Campo**

Para determinar las condiciones de línea base oceanográfica se efectuaron muestreos de temperatura superficial en ocho (08) estaciones distribuidas en transectos dentro del área del Lote Z-48. Los datos fueron tomados entre el 27 y 28 de abril de 2008. Las horas de muestreo variaron con cada estación entre las 06.00 hrs y las 19.00 hrs.

Del muestreo de campo realizado por Walsh Perú S.A. se registra una temperatura media para el área del Lote Z-48 a nivel superficial de 19,4 °C, considerada normal para la estación de invierno con variaciones que fluctuaron entre 20,10 °C como máxima temperatura y 17,3 °C como temperatura mínima en la superficie.

En la Figura 4.1.5-2 se muestra el Mapa de la temperatura superficial en el Lote Z-48, para el mes de Julio de 2008, realizado por el IMARPE, donde se puede observar que los rangos de temperatura tomados en el muestreo de campo por Walsh Perú están dentro de los rangos que reporta el IMARPE para el área de estudio.

Figura 4.1.5-2 Se muestra el Mapa de la temperatura superficial en el Lote Z-48



Fuente: Instituto del Mar del Perú (Julio 08)
TSM: Temperatura superficial del Mar.



B. SALINIDAD

La salinidad ha sido uno de los parámetros más estables desde que se formaron los mares y océanos, habiéndose mantenido constante en los últimos 200 millones de años y se debe a la concentración de sales disueltas, las cuales poseen elevado grado de disociación.

Las sales son constituyentes conservativos y se presentan en proporciones prácticamente constantes. Las sales de cloro son las más abundantes, por ello se toman como referencia para indicar las cantidades en que se encuentran las demás sales.

Los factores que pueden hacer variar los valores de salinidad de las aguas superficiales son: la temperatura, que si es elevada, determina una evaporación intensa, por lo tanto, un aumento de la salinidad resultante de la concentración de las sales en solución; y los aportes de agua dulce por lluvias o aportes de los ríos, que por disolución disminuyen la salinidad, pudiéndose presentar para la zona las salinidades menores que el promedio por los aportes de los ríos.

En el mar peruano la distribución de la salinidad varía de 34,1 por mil, como promedio para la franja costera, y de 35,5 por mil para la parte oceánica.

En cuanto a la densidad del agua de mar el valor promedio es de 1,025 variando entre 1,00245 en la costa y 1,0255 en la parte oceánica.

- **Ciclo de los componentes de la salinidad**

Dentro de los ciclos químicos del océano se encuentran el de los componentes químicos que intervienen en la salinidad, la cual es característica de las aguas del mar.

La salinidad del océano está dada, fundamentalmente, por el sodio y el cloro, además de otros elementos como el magnesio, el calcio y el potasio, cuyas cantidades han variado de acuerdo a sus características fisicoquímicas a través de los años. Estos elementos proceden de la disgregación de masas de la tierra, que son arrastradas por las aguas de la costa a diferentes zonas oceánicas y también pueden originarse por el envejecimiento de los sedimentos oceánicos.

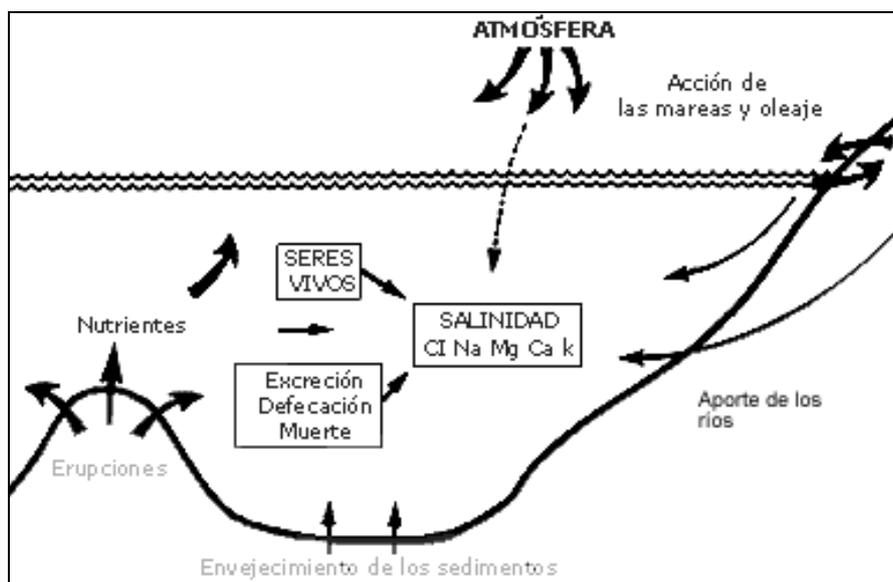
Los compuestos químicos que se formaron de estos elementos, como el cloruro de sodio, que es uno de los principales, tienen un comportamiento cíclico, lo que permite encontrarlos en proporciones constantes en el agua del océano. Este hecho ha sido demostrado al analizar las muestras recogidas en todo el mundo durante las expediciones oceanográficas.

Estas sales llegan al océano, principalmente, por los aportes de los ríos, como producto de la disgregación de las rocas por la acción de los factores del clima en la tierra; en el mar se disuelven en el agua, donde las fijan los organismos vivos o se sedimentan colaborando a formar la topografía de los fondos marinos, pero volviendo a combinarse con las aguas al morir los organismos o al desgastarse la corteza de sedimentación, estableciéndose el ciclo químico de las sales en el océano, que hace que su composición química se mantenga constante.

La Figura 4.1.5-3 presenta el ciclo de las sales en el mar.



Figura 4.1.5-3 Ciclo de las sales en el mar



- Distribución Superficial de la Salinidad

La distribución de la salinidad superficial del agua de mar, frente a las costas del Perú, se caracteriza por estar influenciada por las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS), las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) y las Aguas Tropicales Superficiales (ATS). Las aguas provenientes de los afloramientos costeros son generalmente aguas con salinidades menores de 34,9 parte por mil, al sur de los 14° Latitud Sur y menores de 35,0 partes por mil al norte de los 10° Latitud Sur.

La distribución de la salinidad promedio por estaciones se caracteriza para el verano y otoño, por presentar salinidades mayores de 35,1 partes por mil, correspondientes a las aguas Subtropicales (ASS), predominan al sur de los 06° latitud sur y más allá de las 60 millas.

La franja costera entre 06° y 16° latitud sur, se caracteriza particularmente por ser bastante homogénea, con salinidades menores a 35,0 partes por mil.

En invierno, las características de la costa cambian. Dentro de las 120 a 200 millas las aguas son notablemente homosalinas; las ASS se alejan de la costa al sur de los 12° latitud sur y más al norte aumentando su salinidad hasta 7° latitud sur. Se acercan a la costa a los 8° latitud sur, asociados con temperaturas de 18 °C a 20 °C.

- Distribución Vertical de la Salinidad

Las salinidades máximas, generalmente se presentan en la superficie del mar. Las salinidades no siempre disminuyen con la profundidad, los máximos y mínimos presentes a diferentes niveles, generalmente están asociados con flujos hacia el ecuador y los polos.

En la capa superficial, relativamente homosalina y de menor espesor que la capa de mezcla, se presenta el máximo superficial, ubicado por encima de los 100 m, con una intensidad que depende de la incursión de las aguas Subtropicales Superficiales hacia la costa.

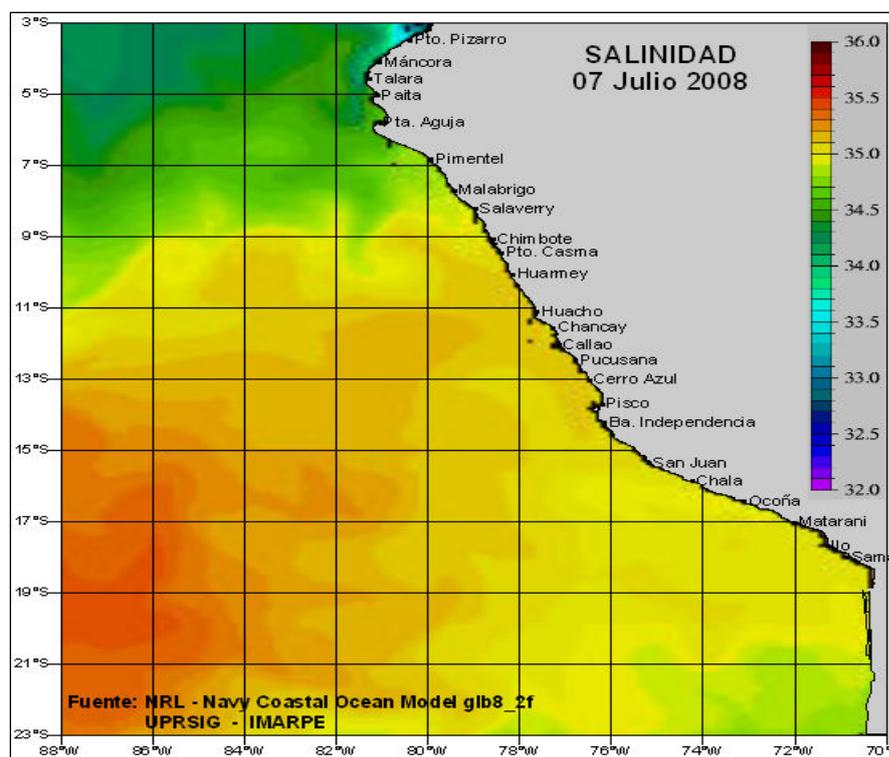


- Muestreo de Campo-

Walsh realizó un muestreo en ocho (08) estaciones distribuidos dentro del Lote Z-48 entre el 27 y 28 de Abril de 2008, registrándose la salinidad superficial para el mes de abril, la misma que varió entre 35,1 partes por mil y 35,7 partes por mil, con un promedio 35,4 partes por mil.

Según los datos reportados por el IMARPE para el día 7 de Junio del año 2008 (ver Figura 4.1.5-4) se puede observar que la salinidad promedio en el área del Lote Z-48 es de aproximadamente 35,0 partes por mil.

Figura 4.1.5-4 Salinidad en el litoral Peruano. (IMARPE)



Fuente: Instituto del Mar del Perú (10 de Julio 08)
Salinidad.

C. OXÍGENO DISUELTO

Este parámetro proporciona una medida de la cantidad de oxígeno disuelto en el agua. Mantener una concentración adecuada de oxígeno disuelto en el agua es importante para la supervivencia de los peces y otros organismos de vida acuática. El oxígeno se mantiene en determinada concentración en las masas de agua, varía en dependencia de los diferentes procesos químicos, físicos y biológicos que en el mar se producen de manera continua y muy relacionada con los rangos de temperatura y salinidad. La variabilidad de los niveles de oxígeno en el mar se presenta en dependencia de las temperaturas de las distintas zonas geográficas. La baja concentración de oxígeno disuelto puede ser un indicador de que el agua tiene una alta carga orgánica provocada por aguas residuales.

El oxígeno disuelto en el agua de mar constituye uno de los indicadores básicos para determinar el estado de calidad y/o deterioro que pueden tener los distintos cuerpos de agua.



- **Ciclo del oxígeno**

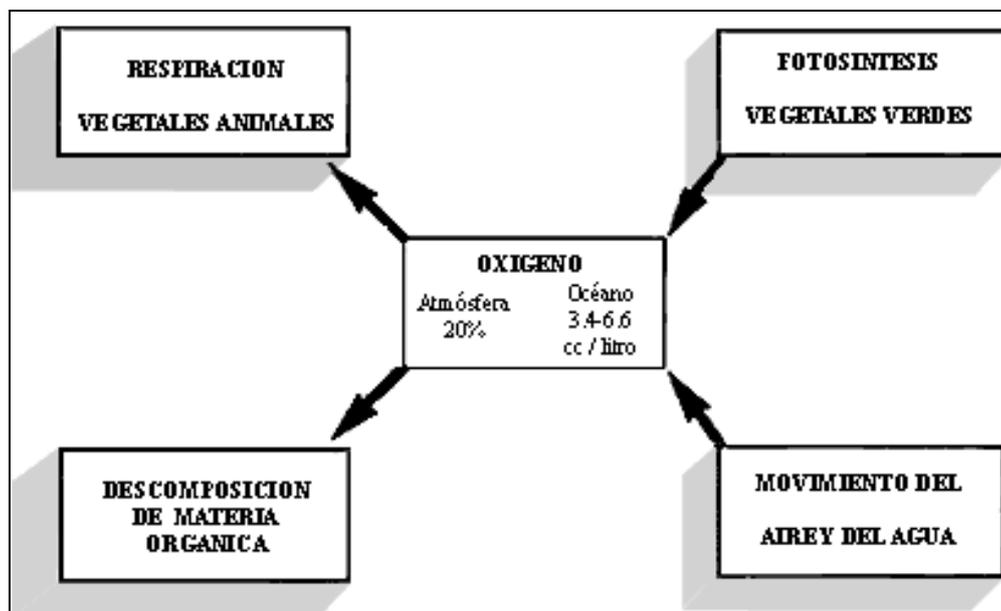
El oxígeno tiene un comportamiento cíclico en el océano, se encuentra como componente de la atmósfera y llega al mar al disolverse en el agua, de donde lo toman los vegetales y los animales para su respiración.

Con las corrientes y el oleaje la cantidad de oxígeno en el agua aumenta, pero también contribuyen a incrementar su cantidad los vegetales verdes, que durante el proceso de fotosíntesis, fijan el carbono y desprenden el oxígeno, como resultado de las reacciones químicas que efectúan, completándose el ciclo del oxígeno en el mar.

La cantidad de oxígeno disuelto en el agua del mar es inversamente proporcional a la profundidad, encontrándose en los grandes fondos marinos áreas carentes de este gas.

La Figura 4.1.5-5 presenta el ciclo del oxígeno.

Figura 4.1.5-5 Ciclo del oxígeno



– **Distribución Superficial del Oxígeno Disuelto**

En general, se puede señalar que las concentraciones de oxígeno disuelto son mayores o aumentan en la medida que se alejan de la costa. Los valores mínimos que se encuentran en las zonas de afloramiento son de 2 ml/l (mililitro por litro) y en las zonas de gran fotosíntesis es común encontrar valores de 7 ml/l.

La reducción en el contenido de oxígeno mayormente está ligada al flujo de las aguas ecuatoriales hacia el sur durante los meses de verano, produciendo una ligera baja del contenido de oxígeno en áreas lejos de la costa.



- Distribución Vertical del Oxígeno Disuelto

Los océanos presentan, en su estructura general, el máximo contenido de oxígeno en las capas superficiales, en la cual en la termoclina se produce una caída de oxígeno hasta un mínimo que puede presentarse entre los 100 mbnm a 1 500 mbnm, de acuerdo a la posición geográfica y al rango anual de convección del lugar.

- Muestreo de Campo

Las concentraciones de oxígeno medidos en la superficie obtenidas en los muestreos de campo realizados por Walsh, reportan valores máximos y mínimos de 2,90 ml/l y 2,20 ml/l respectivamente y un promedio de 2,6 mg/l a nivel superficial.

D. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

La conductividad eléctrica depende, como tantas otras propiedades del agua de mar, de la temperatura y salinidad, aumentando en relación directa cuando dichos factores aumentan. Desde el punto de vista de la conductividad acústica, es importante debido a que el oído es uno de los sentidos más desarrollados en las especies marinas, y gracias a esta propiedad se puede medir a través de procedimientos de eco sonares la transmisión de las ondas sonoras que se producen entre el cuerpo emisor y el detector, en función al tiempo que tarde en recorrer ambos cuerpos.

• Muestreos de Campo

La conductividad eléctrica medida en la superficie por el muestreo de campo realizado por Walsh, reportó valores máximos y mínimos de 55,80 uS/cm y 53,70 uS/cm respectivamente y un promedio de 54,3 uS/cm a nivel superficial.

E. pH

El conocimiento del pH del agua del mar tiene importancia en biología marina, debido a que muchos fenómenos biológicos están regulados por este parámetro, llegando incluso a influenciar en la migración de muchas de ellas. Los valores de pH del agua de mar oscilan generalmente entre 7,5 y 8,4 es decir, el agua de mar es un poco alcalina, cuyos valores más altos es frecuente encontrarlos en superficie.

En la superficie, dada una situación de equilibrio entre el CO₂ disuelto y el atmosférico, es decir, sin posibilidad de incremento del primero, los valores del pH suelen oscilar entre 8,1 y 8,3 en la cual si en esas condiciones, hay además una activa función fotosintética, con el consiguiente decrecimiento del CO₂, el pH puede subir aún más.

Por debajo de la zona eufótica, en la que el O₂ ha sido consumido y las cantidades de CO₂ alcanzan su máximo valor, a unos 800 m de profundidad, se alcanzan los mínimos valores normales de pH, que son de 7,5, solo superados en ausencia total de O₂ y en determinados tipos de agua y fondos donde hay producción de ácido sulfhídrico, llegándose entonces hasta valores de 7,0.

El valor de pH del agua de mar depende fundamentalmente de la cantidad total de CO₂, temperatura, salinidad, presión y actividad biológica como la función fotosintética.



- **Muestreo de Campo**

En el muestreo de campo realizado por Walsh en ocho (08) estaciones de muestreo distribuidas según transectos en el Lote Z-48, se determinaron valores máximos de pH de 8,38 y mínimos de 8,23 y con un valor promedio de 8,3 medidos superficialmente.

F. NUTRIENTES

En el medio marino, los nutrientes más importantes son las sales inorgánicas de nitrógeno y fósforo, aunque existen otras que, incluso, se convierten en elementos fundamentales para el desarrollo de determinados organismos marinos (microorganismos), como es el silicato para las diatomeas y flagelados. También en el agua de mar existen otros muchos elementos en bajas concentraciones (trazas), que se conocen con el nombre de micronutrientes. Estos tienen gran importancia debido a que forman parte de complejos enzimáticos característicos de los organismos acuáticos. Entre ellos se encuentra el hierro, el zinc, el cobalto y el molibdeno. La presencia de nutrientes en el agua de mar, es otro importante indicador para evaluar la calidad del agua y la presencia o ausencia de vegetación marina.

El abastecimiento a las capas superficiales de grandes cantidades de nutrientes esta limitada por la aparición de la picnoclina o capa de cambio brusco de densidad. Entre los principales nutrientes tenemos: fosfatos, silicatos, nitratos y nitritos.

En la costa peruana, existe una gran concentración de nutrientes proveniente del transporte de agua de mezcla, pero principalmente a la regeneración de nutrientes en la zona eufótica y al afloramiento de aguas profundas ricas en nutrientes.

- **Ciclo de los nutrientes**

Otro de los ciclos químicos que se realizan en el mar, es el que corresponde a los elementos llamados nutrientes que intervienen, de manera básica, en la vida de los océanos. Estos nutrientes son indispensables para la producción de alimento realizada por los vegetales.

Están compuestos a base de nitrógeno, fósforo, sílice, manganeso, cobre y hierro; en su ciclo intervienen una serie de procesos químicos y biológicos, que determinan su concentración en las diferentes capas del agua del mar.

Cuando los organismos expulsan los residuos de su metabolismo o mueren, la materia orgánica queda en las capas superficiales y se precipita por gravedad hasta las profundidades donde, por acción de las bacterias y de la actividad química, se descompone, liberándose así los nutrientes, los cuales pueden ser utilizados nuevamente por otros vegetales para elaborar nueva sustancia orgánica por el proceso de fotosíntesis y pasar a los animales.

La circulación del agua interviene en la concentración de estos nutrientes en las diferentes capas del océano y se puede considerar que los nutrientes se encuentran en los primeros 1 000 m de profundidad y la degradación de la materia orgánica puede ocurrir en toda esta zona; mientras que la fotosíntesis se realiza en los 100 m de profundidad oceánica en la llamada zona eufótica, que es aquella en que penetra la luz solar.

Los nutrientes salen nuevamente a la superficie, por corrientes de agua ascendentes, que se producen al cambiar la temperatura de las diferentes masas de agua, en las llamadas zonas de



surgencia o afloramiento, donde es tomada por los pequeños vegetales que forman el fitoplancton, los que al utilizar la energía solar y el bióxido de carbono vuelven a elaborar sustancia orgánica.

- **Muestreos de Campo**

En el Cuadro 4.1.5-2 se presentan los resultados de los muestreos de campo realizados por Walsh en abril de 2008 en el ámbito marino dentro del Lote Z-48. El muestreo fue realizado por triplicado a nivel de la superficie marina en cada una de las ocho (08), obteniéndose valores de tres repeticiones del muestreo (A, B, C) en la superficie de los registros de nitratos, nitritos, fosfatos y silicatos.

Cuadro 4.1.5-2 Valores de sales y nutrientes en el Lote Z-48

Muestra	N-nitratos mg/l	N- nitritos mg/l	Fosfatos mg/l	Silicatos mg/l
L. Detección	0,10	0,005	0,007	0,004
M-01A	ND	0,025	0,011	0,043
M-01B	ND	0,024	N.D.	0,045
M-01C	ND	0,024	N.D.	0,047
M-02 A	0,12	0,041	0,069	0,145
M-02 B	0,11	0,041	0,058	0,149
M-02 C	0,12	0,041	0,068	0,157
M-03 A	0,18	0,027	0,097	0,277
M-03 B	0,17	0,029	0,074	0,287
M-03 C	0,18	0,030	0,065	0,279
M-04 A	0,16	0,033	0,098	0,272
M-04 B	0,16	0,031	0,098	0,259
M-04 C	0,18	0,029	0,098	0,259
M-05 A	N.D.	0,029	0,073	0,066
M-05 B	N.D.	0,032	0,073	0,069
M-05 C	N.D.	0,029	0,073	0,069
M -06 A	N.D.	0,029	0,073	0,056
M-06 B	N.D.	0,029	0,073	0,053
M-06 C	N.D.	0,029	0,073	0,047
M-07 A	0,17	0,028	0,067	0,083
M-07 B	N.D.	0,027	0,026	0,079
M-07 C	N.D.	0,028	0,114	0,078
M-08 A	N.D.	0,033	N.D.	0,062
M-08 B	N.D.	0,033	0,05	0,060
M-08 C	0,11	0,033	0,012	0,064

Fuente: Valores registrados por Walsh entre el 27 y 28 de Abril de 2008.

G. NITRÓGENO

Es uno de los componentes esenciales de todos los organismos vivos, representando alrededor del 5% del peso seco de los mismos. Debido a ello, para que exista continuidad en la vida del mar es necesario un intercambio continuo y balanceado de nitrógeno entre los organismos residentes y su ambiente circundante.

Los nitritos y nitratos son la más alta oxidación del nitrógeno marino, la oxidación de amoníaco en forma de nitritos y nitratos es lo que se conoce como nitrificación.



La asimilación de nitrógeno, por el fitoplancton, necesita la presencia de luz, por lo que la asimilación de los nitratos está delimitada a la capa eufótica.

	Orgánico	Inorgánico
Soluble	Nitrógeno orgánico disuelto Autóctono: urea; proteínas y ácidos nucleicos Aloctonos: ácido húmico y ácido fúlvico	Nitrógeno disueltos Aniones: Nitrato y Nitritos Cación: amonio disuelto; N ₂
Insoluble	Biomasa: biota viva y muerta	Material particular proveniente de rocas y sedimentos.

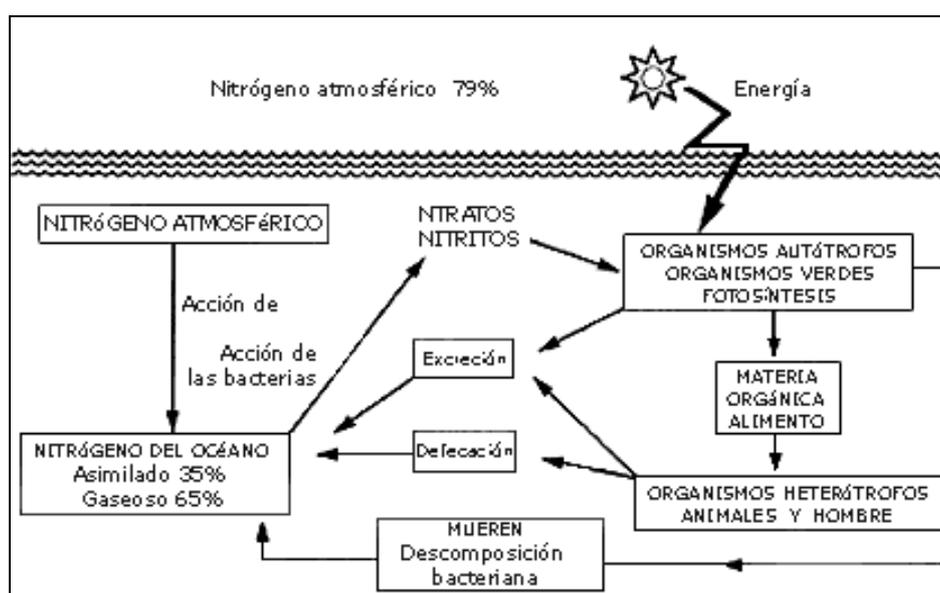
• Ciclo del nitrógeno

El principal elemento de estos nutrientes es el *nitrógeno*, cuyo ciclo en el mar es complejo. Este elemento se encuentra en estado gaseoso en la atmósfera y parte del mismo se encuentra disuelto en el agua del mar; químicamente es muy estable y el que está en el mar responde con facilidad a una multitud de reacciones químicas y biológicas, encontrándose, generalmente, en forma de nitritos y de nitratos gracias a la acción de las bacterias; estos compuestos son fácilmente asimilables por los vegetales verdes. Este nitrógeno asimilado representa el 35% del total del océano y el otro 65% se presenta en forma de nitrógeno gaseoso.

La provisión y distribución del total de nitrógeno se lleva a cabo por los aportes continentales, por las corrientes oceánicas y por las excreciones y muerte de los vegetales y animales marinos. El nitrógeno llega en forma de compuestos nitrogenados no asimilables, pero gracias a la acción de las bacterias y de las algas verde-azules, durante el proceso llamado *nitrificación*, se transforman en nitrógeno soluble, que es fijado por los vegetales verdes para formar nuevamente materia orgánica, la que es aprovechada por ellos o por los animales cuando se los comen, repitiéndose el ciclo.

El ciclo del nitrógeno se presenta en la Figura 4.1.5-6.

Figura 4.1.5-6 Ciclo del nitrógeno





H. NITRATOS

- Nitratos – Distribución Superficial

Los nitratos adquieren mucha importancia, cuando las costas presentan reducida la plataforma continental, debido a que los vientos predominantes originan afloramientos de aguas profundas ricas en nutrientes.

Frente a la costa peruana, el rango de concentración de nitratos es de 0,5 a 20 $\mu\text{g/l}$ hasta las 50 millas náuticas de la costa y más allá los valores disminuyen hasta casi cero.

El afloramiento costero controla la distribución de los nutrientes, coincidiendo áreas aisladas con valores altos de nitratos con áreas de afloramiento costero.

La distribución estacional de los nitratos coincide con la de los fosfatos, presentándose valores altos para el invierno, mayores a 20 $\mu\text{g/l}$ y valores menores a 1,0 $\mu\text{g/l}$ en verano, valores de 5 $\mu\text{g/l}$. de nitratos se presentan en aguas homogéneas en la costa peruana.

- Nitratos – Distribución Vertical

La concentración de nitratos aumenta con la profundidad, presentándose las siguientes capas:

- ✓ Capa superficial relativamente pobre y homogénea y de un espesor igual al de la napa; es decir, que se extiende hasta el borde superior de la termoclina.
- ✓ Capa de discontinuidad, que coincide íntegramente con la termoclina, conformada generalmente por las isolíneas de 5 a 15 $\mu\text{g/l}$ intensificándose en la costa.
- ✓ Capa intermedia, de gradiente más suave y ubicada encima de los 600 m de profundidad, en la que destacan las isolíneas de 20 a 35 de 5 $\mu\text{g/l}$.

La distribución vertical de los nitratos muestra que estos presentan una nitroclina entre los 20 y 30 m de profundidad, apreciándose este comportamiento en las estaciones lejos de la costa.

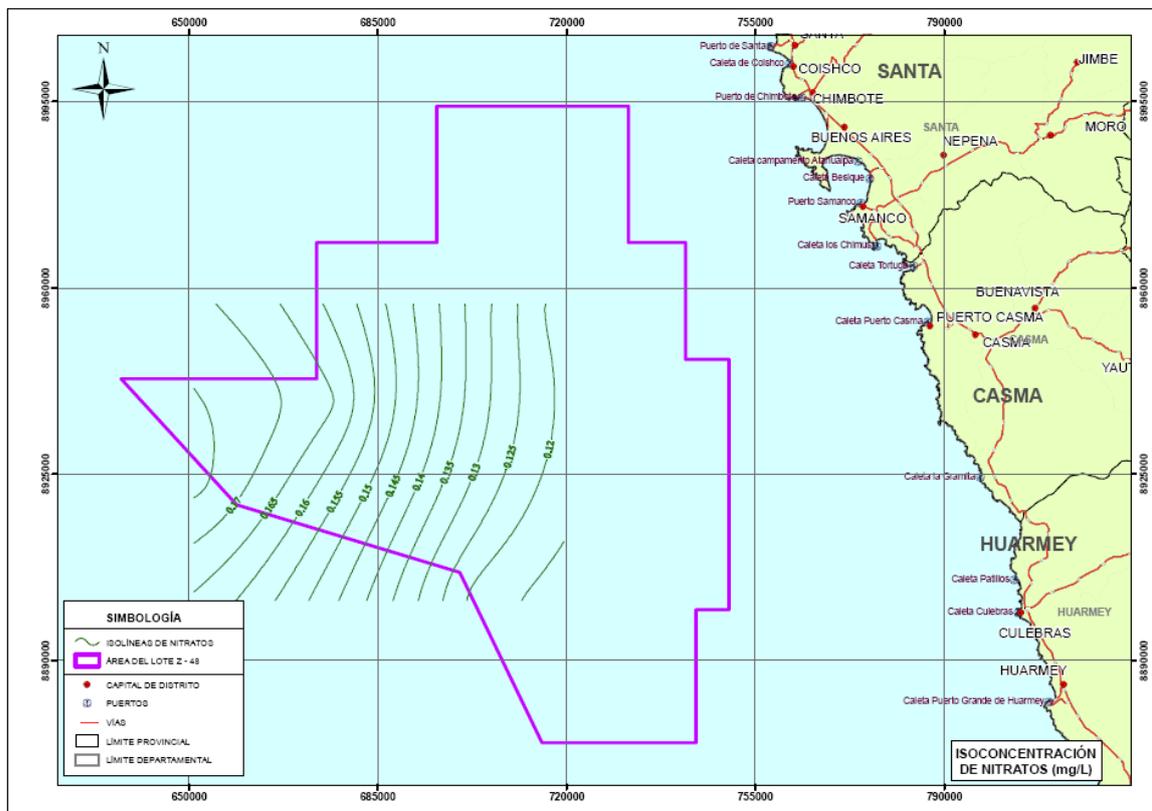
• Muestro de Campo

Las concentraciones de nitratos obtenidas en los muestreos de campo realizados por Walsh en el Lote Z-48, indican a nivel superficial una concentración mínima de < 0,1 mg/l, y concentraciones máximas de 0,18 mg/l. Siendo el valor promedio a nivel superficial de 0,12 mg/l.

Las isolíneas para la concentración de nitratos a nivel superficial en el ámbito del Lote Z-48, se presentan en la Figura 4.1.5-7. Se observa una mayor concentración hacia el Nor-este del Lote frente a Samanco.



Figura 4.1.5-7 Plano con la isoconcentración de nitratos



Fuente Walsh 2009

I. NITRITOS

Otro nutriente de importancia en la productividad marina es el nitrito, compuesto indispensable para mantener a las poblaciones de fitoplancton.

La cantidad de nitritos en el agua de mar es pequeña en comparación con los nitratos y algo menor que el amoníaco, en la cual, el nitrito ocupa un lugar intermedio entre el amoníaco y el nitrato. La concentración de nitrito puede ser un indicador de la inestabilidad del sistema. El nitrito se forma por oxidación del amoníaco o por reducción del nitrato.

– Nitritos – Distribución Superficial

La distribución superficial del nitrito está influenciada por la excreción de nitrito extracelular del fitoplancton, la que es intensa cuando las células deficientes en nitrógeno se hallan en un exceso de nitrato, ante una reducida intensidad de luz.

En el mar peruano las concentraciones de nitritos disminuyen a medida que se van alejando de la costa, manteniéndose con un rango de 0,1 a 1,6 $\mu\text{g/l}$ dentro de las 50 millas, encontrándose valores por debajo de los límites de detección, a mayor distancia de la costa.

– Nitritos – Distribución Vertical

La distribución vertical de los nitritos se caracteriza por presentar tres capas:



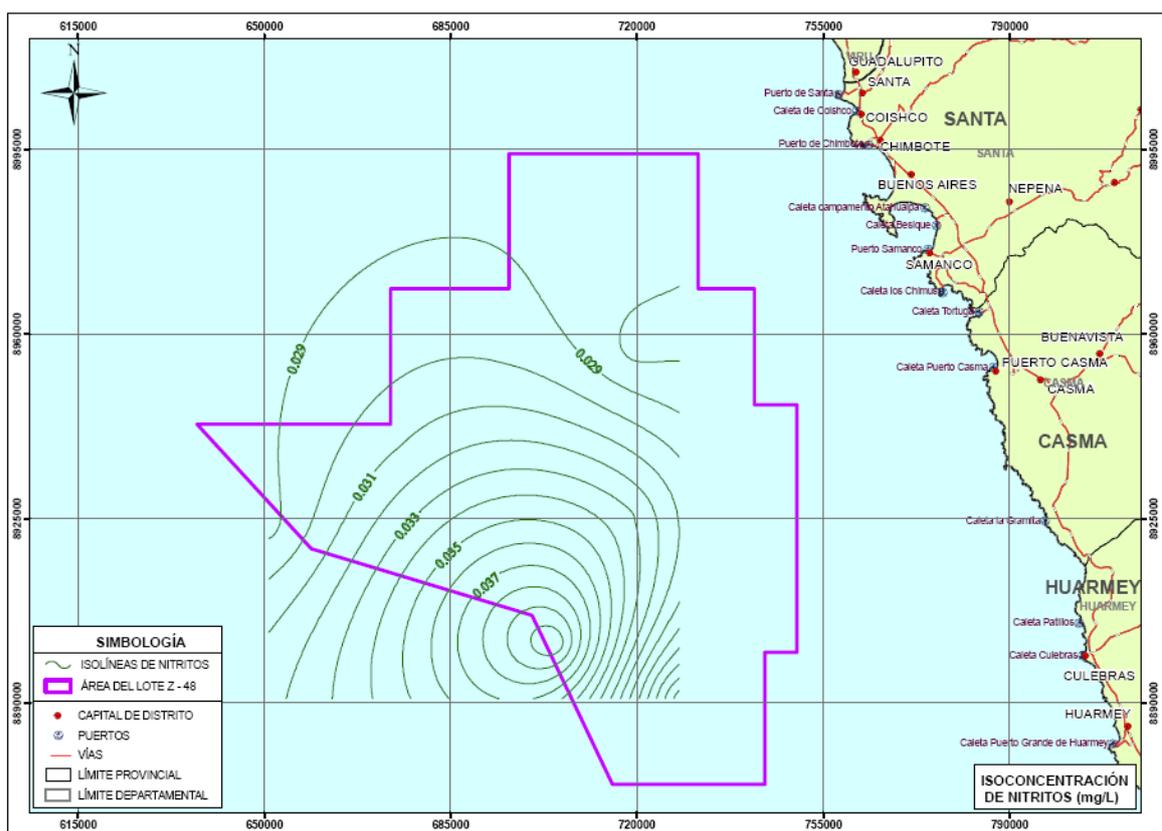
- ✓ Capa superficial, de valores relativamente bajos y homogéneos, que generalmente coinciden con la napa y tiene concentraciones más ricas en invierno.
- ✓ Capa intermedia, de concentraciones variables, en la que se presentan uno o más máximos.
- ✓ Capa más profunda de nitritos, en la que los valores se reducen a cero, esta capa generalmente está debajo de los 50 m de profundidad.

• Muestreo de Campo

Las concentraciones de nitritos obtenidas en los muestreos de campo realizadas por Walsh en Abril de 2008, indican una concentración mínima a nivel superficial de 0,024 mg/l, y una concentración máxima de 0,041 mg/l. De acuerdo a los resultados obtenidos, el valor promedio a nivel superficial es de 0,031mg/l.

Las isolíneas para la concentración de nitritos se presentan en la Figura 4.1.5-8, distribuidas en el ámbito donde se ubica el Lote Z-48.

Figura 4.1.5-8 Plano con la isoconcentración de nitritos a nivel superficial en el Lote Z-48



Fuente Walsh 2009

J. FOSFATOS

Los fosfatos, se encuentran disueltos en el agua marina, en la forma de metafosfato cálcico. Para el agua con una salinidad de 35,0639 partes por mil se tiene 0,0156 g/l de metafosfato cálcico.



Su presencia es importante porque es un elemento imprescindible en la síntesis de la materia orgánica en el mar y es muy utilizado por el fitoplancton (plancton vegetal). La escasez de fosfatos en zonas de actividad fotosintética limitaría la productividad primaria, sobre todo en el verano, incidiendo directamente en la vida marina.

La distribución de los fosfatos en el mar es muy variada, en dependencia con las fluctuaciones en la producción fitoplanctónica y consecuentemente con la profundidad.

Frente a las costas peruanas se produce el fenómeno del afloramiento a la superficie de aguas profundas; la renovación de los fosfatos es más intensa y como consecuencia de ello existe una mayor producción del fitoplancton (producción primaria) y, consecuentemente, del resto de las especies dentro del ciclo de vida acuática o la cadena trófica.

- **Ciclo del fósforo**

Generalmente existen dos afloramientos anuales que coinciden con las estaciones de primavera y otoño. Este "bloom" o periodo de explosión fitoplanctónica trae como consecuencia una disminución del fósforo existente en el mar, ya que el intenso consumo no puede ser compensado por nuevos aportes a la misma velocidad. En estos momentos, esas zonas del mar quedan con unas concentraciones mínimas de fosfato que, desde ese mismo momento, empiezan a regenerarse, básicamente por dos caminos:

- ✓ A nivel costero, por los aportes terrígenos.
- ✓ A nivel oceánico, por los aportes procedentes de los restos de los seres muertos que se depositan en el fondo y sobre cuyas restos actúan las bacterias, transformándolos en elementos inorgánicos.

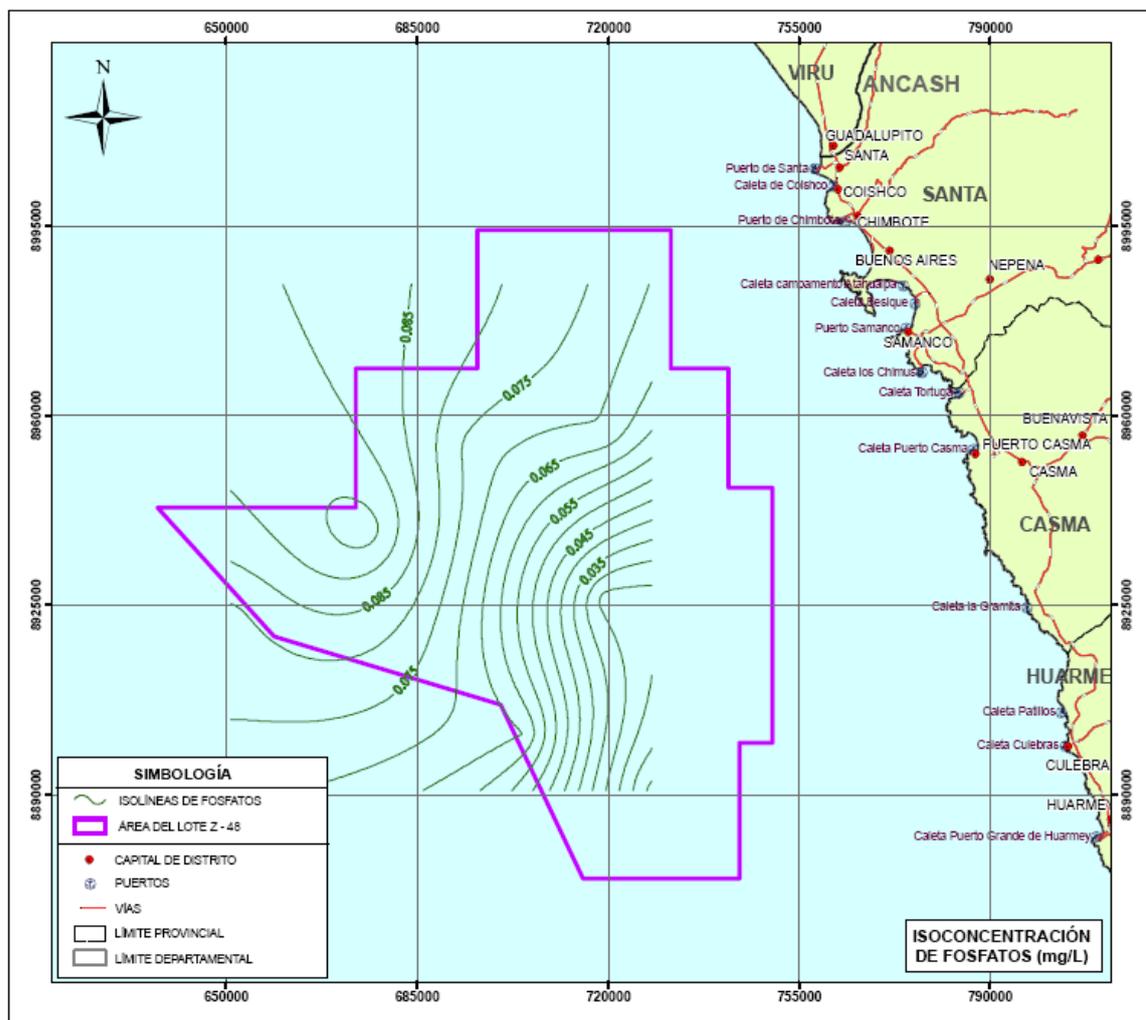
En la descomposición bacteriana de los organismos, el fósforo se libera en forma de ortofosfatos (PO_4H_2) que pueden ser utilizados directamente por los vegetales verdes, formando fosfato orgánico (biomasa vegetal). A su vez, los vegetales son consumidos en los diversos niveles tróficos animales herbívoros, formando biomasa animal que a su vez es utilizada por los animales carnívoros. Cuando los seres vivos mueren, o a partir de sus excretas, los restos son mineralizados por las bacterias dando lugar a ortofosfato y a fosfato orgánico, soluble o disuelto, que puede ser reutilizado por los vegetales cerrando la cadena trófica. La Figura 4.1.5-9 presenta el esquema del ciclo del fósforo.

En los procesos de Up-Welling (afloramiento) y debido a las corrientes de fondo ascendentes, estos elementos se ponen en circulación hacia las capas superiores provocando la renovación de los fosfatos. Es en estas zonas donde se forman las condiciones para un mejor desarrollo de las pesquerías.



En la Figura 4.1.5-10 se presenta el comportamiento de la distribución de la concentración de fosfatos a nivel superficial frente a las costas del departamento de Ancash correspondientes a la zona de estudio del Lote Z-48.

Figura 4.1.5-10 Isolíneas de concentración de fosfatos a nivel superficial en el Lote Z-48



Fuente Walsh 2009

K. SILICATOS

Los compuestos de silicio son importantes para las diatomeas y radiolarios, también forman parte del plancton quienes concentran los silicatos para formar sus estructuras sólidas (caparzones y conchas). El silicio entra en combinaciones diversas en el agua de mar (silicatos), presentando proporciones variadas.

- **Ciclo del silicio**

El silicio, al igual que el nitrógeno y el fósforo, también está ampliamente distribuido en el océano y se presenta mayoritariamente en forma de silicato disuelto y como componente de partículas arcillosas. Su distribución y concentración en el océano está controlada principalmente por procesos



biológicos. Sin embargo, efectos físicos como la precipitación y descomposición de organismos muertos y fenómenos de surgencia, provocan la redistribución de estos compuestos en la columna de agua.

Gran parte de la fracción particulada es aquella producida por la erosión climática sobre las rocas, siendo éstas transportadas hacia el mar por los ríos o el viento. A medida que estas partículas se precipitan hacia el fondo del mar reaccionan con el sedimento presente para formar minerales.

El mar contiene varios grupos de vegetales, como diatomeas, y animales como radiolarios y esponjas, que tienen esqueletos o estructuras síliceas y, por lo tanto, consumen sílice del agua. Al morir se precipitan y sus restos blandos se disuelven lentamente a medida que caen. Algunos remanentes duros, esqueletos silicosos, alcanzan a llegar al fondo y pueden llegar a constituir una fracción importante y característica de fangos en el fondo del océano.

Las principales fuentes de silicato disuelto son los ríos y la erosión de los glaciares sobre las rocas de la Antártica. El crecimiento y la sedimentación del plancton muerto es el principal proceso biológico que extrae sílice del mar. Algún mecanismo debe proteger la sílice de los organismos vivos, ya que ésta es insoluble en agua de mar mientras los organismos viven, pero tan pronto como mueren sus estructuras se disuelven.

– Silicatos – Distribución Superficial

La distribución de los silicatos presenta valores bajos en la superficie y aumenta su concentración con la profundidad.

En la superficie del mar, se encuentran concentraciones de hasta 40 $\mu\text{g/l}$, en los ciclones de grandes latitudes, de 12 $\mu\text{g/l}$ en las áreas de afloramiento de California y de 20 $\mu\text{g/l}$ en las áreas de afloramiento del Perú.

Frente a la costa peruana, el rango es de 20 a 0 $\mu\text{g/l}$, al oeste de los 86° latitud oeste; para las franjas costeras del norte se mantiene entre 20 y 4 $\mu\text{g/l}$.

Las concentraciones promedio estacional de los silicatos, muestran valores mayores de 25 $\mu\text{g/l}$ en invierno, mientras que, en el verano y el otoño los valores se presentan bajos, fluctuando entre 1 a 10 $\mu\text{g/l}$. En todos los registros, las más altas concentraciones se encuentran cerca de la costa y en las áreas de afloramiento costero.

– Silicatos – Distribución Vertical

Los silicatos se distribuyen verticalmente en tres capas:

- ✓ Capa Superficial, que se extiende hasta el borde superior de la termoclina, con valores bajos y relativamente homogéneos, especialmente en el verano.
- ✓ Capa de discontinuidad coincide con la termoclina, la que generalmente está conformada por isolíneas de 10 a 30 $\mu\text{g/l}$.
- ✓ Capa intermedia, de gradiente más suave, que se extiende hasta los 500 m de profundidad con concentraciones de silicatos entre 40 y 80 $\mu\text{g/l}$.



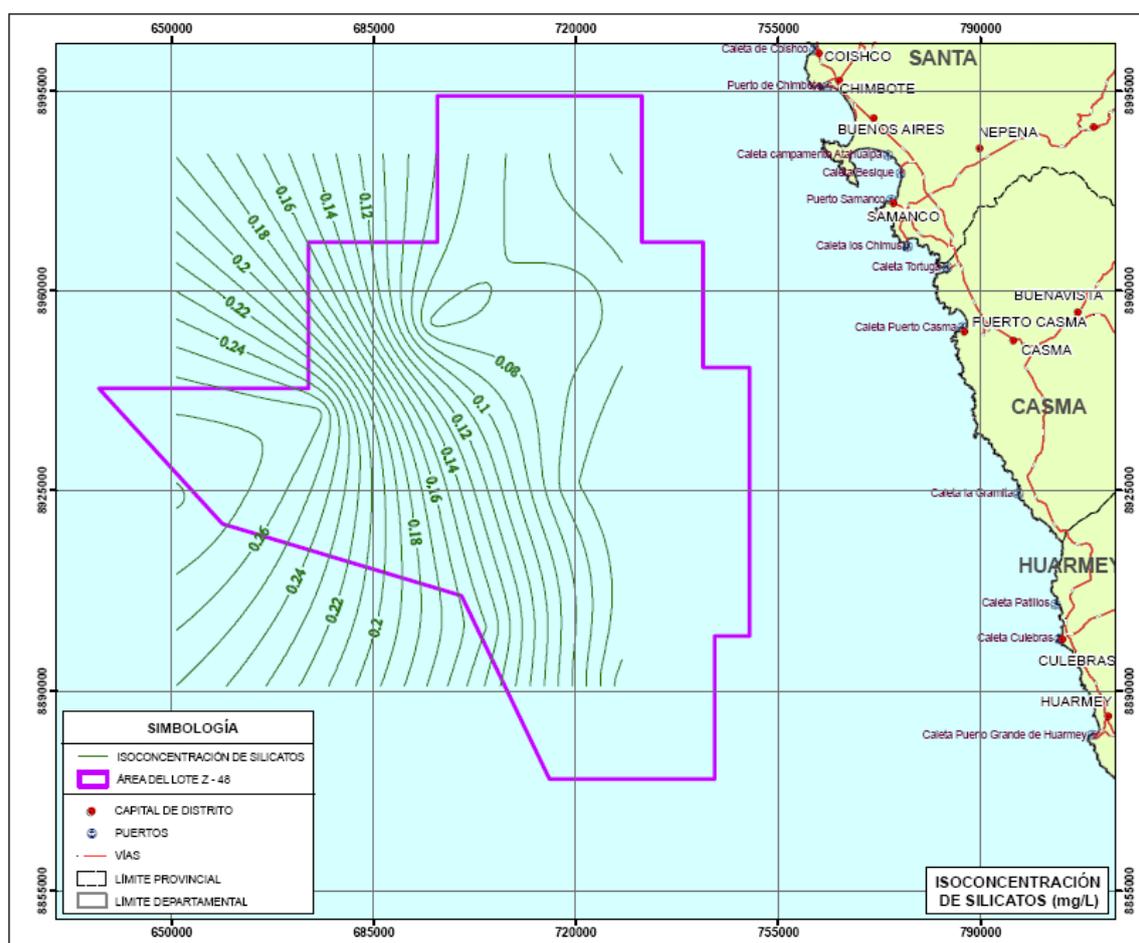
• Muestreo de Campo

Las concentraciones de silicatos reportadas en los muestreos de campo de Walsh en Abril de 2008 oscilan de 0,043 mg/l (valor mínimo) y 0,287 mg/l (valor máximo) medidos superficialmente.

La concentración promedio de silicatos para el área del Lote Z-48 a nivel superficial es de 0,125 mg/l.

En la Figura 4.1.5-11 se presenta las isolíneas de la concentración y distribución de los silicatos a nivel superficial en el ámbito del Lote Z-48 correspondientes al periodo del muestreo de campo.

Figura 4.1.5-11 Isolíneas de concentración de silicatos en el Lote Z-48



Fuente Walsh 2009

K. CLOROFILA "A"

El fitoplancton forma la etapa inicial del proceso de producción de materia orgánica en el mar y ocupa el lugar base de la cadena trófica tradicional. Su importancia radica en que comprende la mayor cantidad de organismos productores primarios del océano y es el alimento básico para los consumidores, llegando a determinar la riqueza específica de los niveles tróficos superiores. El estudio de los productores primarios en muchos casos resulta explicativo de los fenómenos que se presentan en niveles superiores de la cadena energética.



Los organismos fitoplanctónicos son los verdaderos productores en el mar y deben recibir luz solar para lograr una producción óptima.

Los pigmentos fitoplanctónicos desempeñan un rol básico en la bioquímica de la fotosíntesis; la luz solar provee la energía necesaria para que las algas planctónicas transformen la materia inorgánica como CO₂, agua, nitrato, fosfato, en materia orgánica, mediante la absorción de la luz por los pigmentos activos, en la fotosíntesis, la que es usada en esta transformación.

De los cuatro pigmentos que tiene el fitoplancton, la clorofila "a" es la que se presenta en mayor abundancia y es considerado un buen indicador de la productividad primaria.

La determinación de la clorofila "a" constituye una forma de estimar los constituyentes fitoplanctónicos. Una vez determinada la concentración de este pigmento se puede evaluar la cantidad de carbono fitoplanctónico, fósforo, proteína, y otros de una muestra de agua, a través de las relaciones entre estas sustancias y la clorofila "a".

La clorofila puede detectarse fácilmente debido a su comportamiento frente a la luz; medir óptimamente la concentración de clorofila en una muestra de agua proporciona poco trabajo y permite una estimación suficiente de la concentración de fitoplancton (algas microscópicas) e, indirectamente, de la actividad biológica; de esta manera la medición de la clorofila es un instrumento importante de vigilancia de los procesos de eutrofización.

La presencia de clorofila es también medida por sistemas de teledetección, que informan sobre la distribución de la producción primaria, incluidas las oscilaciones estacionales y las fluctuaciones interanuales. En esta forma la medición de la clorofila ayuda a la investigación del cambio climático y ecológico a escala global.

- Distribución Superficial

La clorofila "a", en las aguas costeras peruanas, se presenta entre 0 µg/L y 10 µg/L (microgramos por litro), con los valores más altos cerca de la costa (debido a la presencia de los afloramientos costeros).

El ciclo estacional del fitoplancton comienza en septiembre, cuando ocurren las primeras acumulaciones de afloramiento, cuya distribución se amplía a lo largo de la costa durante los meses de primavera, como se puede apreciar en las figuras 4.1.5-12 y 4.1.5-13. La concentración de clorofila alcanza su máximo a mediados de verano.

Las concentraciones de fitoplancton en temporada de verano para el Lote Z-48 varían de 1,00 mg/m³ a 2,00 mg/m³ y comienzos de otoño y disminuye notablemente en invierno (Fig.4.1.5.7.1-2 junio 2008 - Fuente IMARPE - www.imarpe.gob.pe).

Figura 4.1.5-12 Concentración de clorofila en verano (enero 2007)

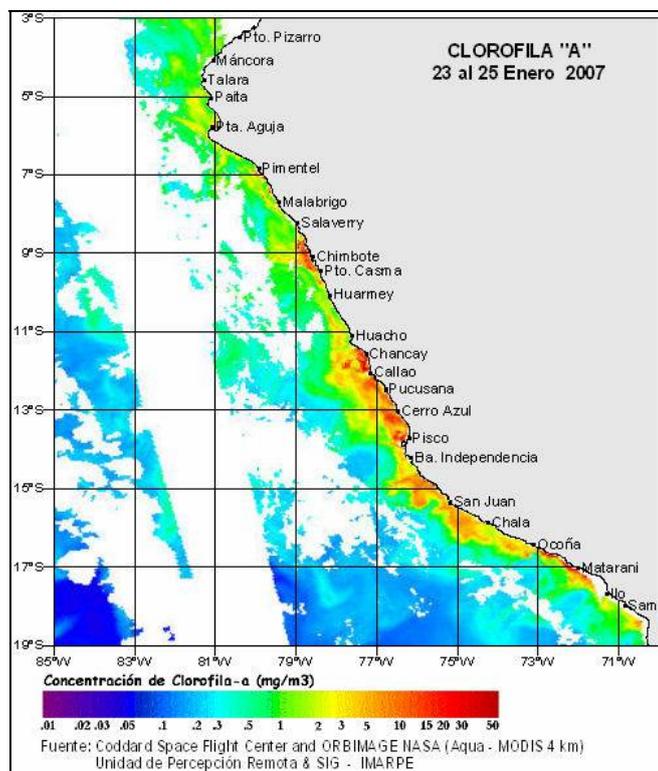


Figura 4.1.5-13 La concentración de clorofila en invierno (junio 2008)

