

**ESTUDIO COMPARATIVO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL ÁREA MARINO COSTERA DE BAHÍA ACADEMIA, CALETA AEOLIAN Y PUERTO VILLAMIL- ISLAS GALÁPAGOS- JUNIO-JULIO 2007.**

Por:  
Carmen Palacios <sup>(1)</sup>  
Luis Burgos <sup>(1)</sup>

**RESUMEN**

Se analiza los datos tomados en el área marino costera de tres importantes islas de Galápagos, como son: Bahía Academia- Santa Cruz, Caleta Aeolian- Baltra y Puerto Villamil- Isabela, durante los meses de junio y julio del 2007, considerando la distribución superficial de los parámetros físicos, químicos en cada una de las áreas. Se efectúa el análisis comparativo de las concentraciones promedios y la calidad microbiológica con los límites permisibles establecidos en la Legislación Secundaria Ambiental, concluyendo en general, que la calidad del agua está acorde con la vida marina, pero que a pesar de no presentar mayores problemas de contaminación, existen áreas muy puntuales que ameritan mayor cuidado y seguimiento para preservar y conservar estas islas, que son Patrimonio de la Humanidad.

**Palabras claves.** Calidad de agua, Bahía Academia-Santa Cruz, Caleta Aeolian- Baltra, Puerto Villamil-Isabela, Galápagos.

**ABSTRACT**

*The data taken in the marine coastal area of three important islands within the Galapagos Islands chain was analyzed for the months of June and July of the 2007. The studied areas include: Bay Academy - Santa Cruz, Creek Aeolian - Baltra and Port Villamil - Isabela. The superficial distribution of the physical and chemical parameters in each area were considered. A comparative analysis was made between the permissible limits established by the Environmental Secondary Legislation and the measured average concentrations of physical-chemical and microbiological parameters. This study concludes, in general, that the water quality is acceptable for marine life and that there are presently no major pollution problems. However, there are important areas that deserve greater attention and care in order to conserve the islands that are Patrimony of Humanity*

**Key words.** Water quality, Academy Bay - Santa Cruz Island, Aeolian Cove - Baltra Island, Puerto Villamil - Isabela Island, Galapagos Island.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las Islas Galápagos cuenta con más de 17000 habitantes, su poder económico se basa en el turismo, y debido a esto el proceso migratorio ha ido creciendo, esto conlleva a que se incremente la población en las islas. Entre las islas más importantes está Santa Cruz ubicada en la parte central de la región insular, tiene un área de alrededor de 98555 hectáreas. Su capital Puerto Ayora constituye el centro urbano del cantón, es decir, con Baltra forman el eje de las dinámicas económicas, políticas, sociales y culturales. Santa Cruz en mayor escala, y también en San Cristóbal e Isabela, han sido uno de los escenarios principales de la vida socio político y económico de la provincia.

Uno de los grandes problemas de contaminación que presenta Galápagos a nivel poblacional es la falta de sistema de alcantarillado en todas las islas pobladas. De ahí que, el aporte antropogénico que tienen estas islas es considerable, debido a que la mayoría de las descargas de aguas doméstica y de pozos sépticos, se vierten directamente al área marino costera sin ningún tipo de tratamiento previo. Además la afluencia de turistas, hace que en los muelles municipales se acoderen innumerables embarcaciones menores que incrementan la contaminación. Esta investigación tiene como objetivo analizar la calidad del agua en la línea de costa en tres importantes islas del archipiélago, considerando el periodo de tiempo entre junio a julio del 2007.

## ANTECEDENTES

Rodríguez y Valencia, 2000 realizaron un artículo sobre la calidad de las aguas costeras insulares en septiembre de 1999, datos que fueron recolectados en el crucero costero insular en cinco bahías del archipiélago de Galápagos: Bahía Naufragio en isla San Cristóbal, Bahía Academia en isla Santa Cruz, Puerto Velasco Ibarra en Isla Santa María, Puerto General Villamil en isla Isabela y Bahía Darwin en isla Genovesa, tomando en consideración la distribución y comportamiento de los diferentes

parámetros, tanto en la superficie como a 10 metros de profundidad. En general concluyen la presencia de aguas bien oxigenadas con valores entre 4.0 a 5.5ml/l, mientras que los macronutrientes inorgánicos (fosfato y nitrato) presentaron tanto en superficie como a 10 metros valores característicos del área y la época, con rangos entre 0.2 a 1.4ugat/l y 4.0 a 17.0ugat/l respectivamente, siendo las concentraciones más representativas las más cercanas a la costa y conforme se alejan de ellas, los macronutrientes tienden a disminuir.

INOCAR, 2001. Informe técnico del Crucero Costero Insular CO-02-01. Septiembre del 2001, se describe la caracterización de las aguas superficiales en Bahía Academia, registrándose aguas bien oxigenadas con valores entre 4.3 - 5.5ml/l, valores de fosfato entre 0.13 - 1.02ugat/l, nitrato entre 5 - 5.4gat/l, nitrito entre 0.16 - 0.32ugat/l y silicato entre 2.6 - 13.8ugat/l, incrementándose los mismos ligeramente a 10 metros de profundidad. En este mismo informe se determinó que cerca de la costa las concentraciones de coliformes totales y fecales son mínimas; mientras que los mayores valores se registraron en los muelles Municipal y Pelikan Bay y en el sector de las Ninfas con 43, 150 y 11000 NMP/100ml, respectivamente.

Danulat et.al, 2003, describen sobre el turismo en la Reserva Marina de Galápagos, análisis global y condiciones en sitios de visita marinos seleccionados, presentando datos de nutrientes en dos muestreos realizados entre julio y agosto del 2003. Las islas estudiadas fueron Floreana, Isabela, Fernandina y Pinzón, teniendo como resultados que los valores de nitrito variaron entre 0.041 (punta Moreno al oeste de Isabela) y 0.429ugat/l (punta Mangle en Fernandina), el valor promedio fue de 0.253ugat/l, los mayores valores fueron determinados al este y oeste de la región céntrica de Isabela, y alrededor de la isla Santiago, en este mismo trabajo se cita a Grasshoff et.al 1983, quien manifiesta que el nivel de nitrito es normalmente muy bajo, es decir menor a 0.1ugat/l y en áreas de surgencia los valores de este parámetro se elevan entre 1 a 2ugat/l, lo que demuestra alto nivel de actividad de los

productores primarios; las concentraciones de nitrato cubrieron el rango desde 0.48 (en punta Moreno al oeste de Isabela) y 10.03ugat/l (en Champion, al lado este de Floreana). El nivel promedio de nitrato determinado en las muestras fue de 4.88ugat/l y el de fosfato varió entre 0.610 (en punta Moreno al oeste de Isabela) y 1.373ugat/l (en punta Espinosa, Fernandina).

Burgos y Palacios, 2005, en el informe de las condiciones hidroquímicas de las aguas internas y externas de Bahía Aeolean en Baltra, establecieron que los parámetros físicos-químicos tales como temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH, y nutrientes presentaron valores característico de aguas oceánicas relativamente prístinas; en relación a los parámetros indicadores de contaminación señalan que, a excepción de los hidrocarburos del petróleo cuyas concentraciones se muestran ligeramente elevadas especialmente en el interior de la bahía, como producto probablemente a las maniobras de abastecimiento de combustibles y al gran número de embarcaciones presentes en el área, la zona no presenta mayores problemas de contaminación.

Gamboa, 2007, en su estudio de línea de base ambiental para la construcción del Centro de Investigación Marítima de Galápagos (CIMAG) en Bahía Aeolean en Baltra, reportó temperaturas, salinidades y pH superficiales normales para la época y favorable para el desarrollo de especies marinas; también evidenció aguas con bajo contenido de nutrientes (nitrato, fosfato,

nitrito y silicato), lo cual considera normal por tratarse de aguas superficiales, además observó poca influencia antropogénica, pues la carga bacteriana no reflejó aguas contaminadas ni presencia de materia orgánica, así como tampoco los hidrocarburos del petróleo.

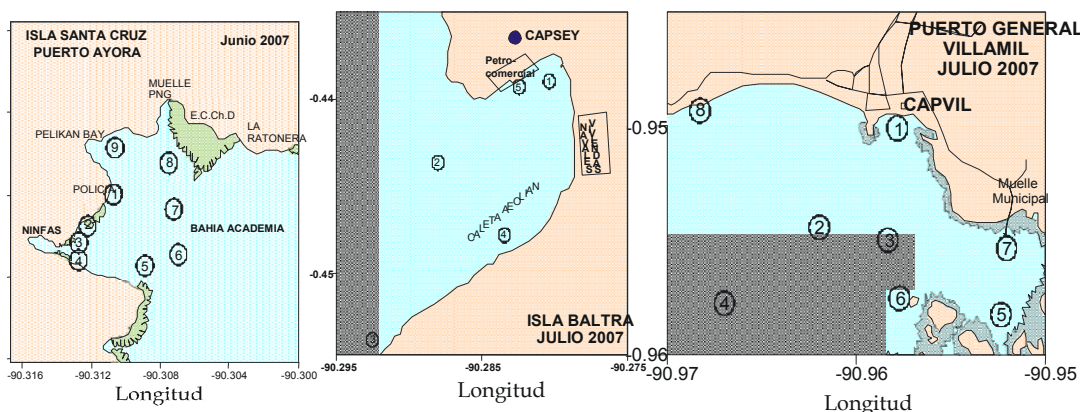
### ÁREA DE ESTUDIO

Se consideraron tres áreas de estudio (Figura. 1):

Bahía Academia frente a la ciudad de Puerto Ayora en la isla Santa Cruz, donde se ubicaron 10 estaciones distribuidas, cinco (1, 2, 3, 4, 9) a lo largo de la línea de costa desde el muelle de Pelikan bay hasta el muelle Municipal, incluyendo el área de las Ninfas que se conecta por un pequeño canal a al muelle Municipal y cuatro estaciones (5, 6, 7, 8) alejadas de la costa.

Caleta Aeolian en la Isla Baltra, con 5 estaciones, cuatro de ellas bordeando la línea de costa (1, 3, 4, 5), considerando puntos de referencia como el muelle del Terminal Petrolero de Petrocomercial y la población naval de la Capitanía de Seymour, además de una estación (2) de referencia en el centro del área de estudio.

Bahía de Puerto Villamil en la Isla Isabela donde se establecieron 8 estaciones, cuatro de las cuales (1, 5, 7, 8) se localizaron en la línea de costa frente a la población hasta el muelle Municipal, y en la parte externa de la bahía se ubicaron las cuatro estaciones restantes,(2,3,4,6).



**Figura 1.** Ubicación de estaciones 2007

## MATERIALES Y MÉTODOS

Considerando el área marino costero frente a la población de las islas y su área de influencia, se tomaron muestras de agua a nivel superficial, utilizando una botella Van Dorn de 5 litros, para determinar oxígeno disuelto, nutrientes (nitrato, fosfato), pH, DBO<sub>5</sub>, mientras que las muestras para el análisis de coliformes totales y fecales se recolectaron en forma manual utilizando frascos estériles de 120 mililitros de capacidad.

La temperatura y salinidad, fueron medidos con un salinómetro WTW, debidamente calibrado, mientras que para el pH se utilizó un potenciómetro marca WTW, calibrado con buffers certificados de diferente concentración.

Para el análisis de los parámetros químicos se aplicaron metodologías descritas en el manual de Strickland y Parsons para aguas de mar y microbiología en el Standard Method.

## RESULTADOS

### Bahía Academia- Santa Cruz- Junio 2007.

Las condiciones termohalinas en la línea de costa, presentaron características diferentes a las registradas en el área externa, especialmente en las aguas interiores del muelle Municipal (estaciones 3 y 4) donde la actividad que se genera hace que las descargas residuales de agua dulce produzcan el efecto de dilución, registrando valores entre 23.0°C y 32.5 UPS; mientras que en el área externa (estaciones 5 y 6) se registró 21.3°C y 34.6 UPS. En general la distribución superficial describe aguas más cálidas y menos salinas localizadas hacia la línea costera, en tanto que las más frías y más salinas hacia el exterior de la bahía Academia (Figuras. 2a y 2b). El pH varió entre 7.88 y 8.16 (característicos de aguas oceánicas), presentando una marcada tendencia de disminución de sur a norte, es decir los valores bajos se registran al norte en el área de Pelikan Bay y en el Muelle Municipal, siendo estas las áreas que presentan un deterioro paulatino de sus aguas, debido a

que reciben mayor presión antropogénica, mientras que los más altos valores se localizaron en el área central frente a la Capitanía y en la Policía (Figura. 2c).

En cuanto a los parámetros químicos, la distribución superficial de oxígeno disuelto fluctuó entre 6.87mg/l (Muelle Municipal y Pelikan Bay), y 8.91mg/l (estación 3, localizado frente a la Capitanía), teniendo relación con los valores mínimos de DBO (1.1 mg/l) registrados también frente a la capitanía y el máximo (3.9mg/l) en el área de Pelikan Bay (Figuras. 2d y 2e). Las concentraciones de nutrientes fluctuaron entre 0.08 y 0.18 mg/l para nitrato, 0.050mg/l a 0.030mg/l para fosfato, registrándose en ambos parámetros las máximas concentraciones cerca a la costa, específicamente en el muelle de Pelikan Bay, pero conforme se aleja de la línea de costa hacia el área externa los valores tienden a bajar (Figuras. 2f y 2g).

Las bacterias del grupo coliformes estuvieron presente en toda el área de estudio, observándose una variación bien estratificadas, con valores entre 140 NMP/100ml (estación 6) y 0 NMP/100ml (estación 8), frente al muelle del Parque Nacional Galápagos y un valor máximo muy puntual de 380 NMP/100ml en el muelle de Pelikan bay para coliformes totales, mientras que para los fecales las variaciones fluctuaron de 0 NMP/100ml (muelle del Parque Nacional Galápagos) a 52 NMP/100ml (muelle de la Capitanía).

En este estudio se consideró otro punto de referencia como es la laguna Las Ninfas, lugar utilizado como balneario tanto por turistas como moradores del pueblo; se encuentra separado del muelle Municipal por un canal estrecho, por donde solo navegan embarcaciones menores, además está rodeado de una gran extensión de manglar considerados depuradores o filtradores de contaminantes. En este sector se registró 18.4UPS de salinidad, 5,7mg/l de oxígeno disuelto y 3,5mg/l de DBO<sub>5</sub>, similares a las encontradas en el muelle Municipal. La carga bacteriana que se registró fue de 3200 NMP/100ml de coliformes totales y 400 NMP/100ml de coliformes fecales, valores que sobrepasan los límites permisibles para este tipo de

agua, según lo indicado en la legislación ecuatoriana (200 NMP/100ml)

#### **Caleta Aeolian- isla Baltra- Julio 2007**

Las condiciones termohalinas en esta área fluctuaron entre 22.3 y 23.4°C de temperatura con los valores más altos en el área interna, los mismos que disminuyen hacia el exterior de la caleta; mientras que las salinidades se presentaron entre 34.7 a 34.9UPS, no registrando una variación significativa por lo que se considera una distribución homogénea (Figuras.3a y 3b).

El pH fue constante con un rango entre 8.2 y 8.0, valores considerados característicos de aguas oceánicas, (Figura. 3c).

El oxígeno disuelto presentó valores desde 6 a 8.1 mg/l, hallándose el máximo en la estación exterior de la caleta y los más bajos hacia el interior de la misma; mientras que la DBO<sub>5</sub> se mantuvo en toda el área con un rango de 0.20 a 0.80mg/l, valores considerados relativamente bajos permitiendo inferir que no existe contaminación orgánica en el área de estudio (Figuras. 3d y 3e).

Los macronutrientes estudiados se detectaron con variaciones mínimas de 0,09 a 0,05mg/l para nitrato y de 0,023mg/l a 0,030mg/l para fosfato, siendo estos valores típicos de aguas marino costeras (Figuras. 3f y 3g). En cuanto a las condiciones microbiológicas, el área presentó ausencia total de coliformes, a excepción de la estación 5 localizada en el muelle del Terminal de Petrocomercial, donde se registraron valores de 72 NMP/100 ml. para coliformes totales y 42 NMP/100 ml. para coliformes fecales.

#### **Puerto Villamil- isla Isabela- Julio 2007**

Las condiciones termohalinas registraron temperaturas entre 22.1 a 23.4°C, teniendo las aguas mas frías al interior (frente a la capitanía y muelle municipal) y hacia el sur del área, mientras que la cuña de aguas mas cálida provienen del área exterior; en tanto que las salinidades no presentaron variaciones significativas, fluctuando entre

34.5 y 34.8 UPS, que son valores típicos de aguas oceánicas (Figuras. 4a y 4b). Los valores de pH registrados, variaron entre 8.01 a 8.16 (Figura. 4c).

El oxígeno disuelto se presentó con rangos que va desde 6.85 a 8.64mg/l, los valores más bajos se localizaron frente a la capitanía y los más altos en el interior de la laguna marina frente al muelle municipal; mientras que la distribución de DBO<sub>5</sub> fue en sentido contrario al del oxígeno con un rango 0.25 a 0.97mg/l (Figuras. 4d y 4e). Las concentraciones de nitrato oscilaron entre 0,075 a 0,16mg/l y las de fosfato entre 0,023 a 0,039mg/l, con tendencia a incrementarse de norte a sur donde se localizaron las mayores concentraciones de nutrientes (Figuras. 4f y 4g).

Las condiciones microbiológicas registran ausencia de coliformes fecales en toda el área, de igual manera para los coliformes totales que estuvieron ausentes en el área central, mientras que se registró 10 NMP/100ml en el área cercana a la costa frente a la capitanía y al interior de la laguna marina frente al muelle municipal.

#### **ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS**

En la tabla No. 1 se presentan las concentraciones promedios de los parámetros físicos químicos en las áreas estudiadas.

Tabla N°.1 Valores promedios de los parámetros físicos químicos en el ámbito superficial.

Parámetros/ Promedios	Bahía Academia- Isla Santa Cruz- Jun/ 2007	Caleta Aeolian- isla Baltra- Jul/ 2007	Puerto Villamil- isla Isabela- Jul/ 2007
Temperatura (°C)	21.9	23	22.7
Salinidad (UPS)	33.8	34.8	34.7
pH	8.00	8.10	8.06
Oxígeno (mg/l)	7.57	7.10	7.40
DBO (mg/l)	1.77	0.50	0.76
Nitrato (mg/l)	0.12	0.07	0.10
Fosfato (mg/l)	0.036	0.026	0.029

Los valores promedios expresados en la tabla No.1 indican que las mediciones de temperaturas no manifiestan incidencia o presencia de aguas que estén sobre el límite máximo permisible (<32°C) descritos en el TULAS, en tanto que la salinidad presentó valores característicos de aguas marinas costeras, salvo casos puntuales como en los muelles Municipal y Pelikan Bay en Bahía Academia - isla Santa Cruz, donde existe mayor aporte de aguas residuales de la ciudad, provocando una leve dilución de sales, pero que luego se recupera al exterior de la bahía.

El pH que condiciona numerosas reacciones químicas e influye en la actividad biológica así como también en la migración de las especies, se presentó con valores promedios característicos de aguas marinas, encontrándose además dentro de los límites permisibles que se indican en el TULAS para este tipo de aguas.

Los valores promedios de oxígeno disuelto en las áreas estudiadas se encuentran sobre el mínimo permisible (5mg/l) registrado en los criterios de calidad para aguas marinas del TULAS, lo que permite inferir que la calidad del agua para estas áreas está siendo poca intervenida, además es compatible con la vida marina.

En lo referente a la demanda biológica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y realizando una comparación de los valores promedios entre las tres áreas estudiadas, el valor más

alto se localizó en Bahía Academia (1.77mg/l), mientras que en las demás áreas, los valores están por debajo de 1mg/l. Es de resaltar que en el muelle Municipal, Pelikan Bay y la laguna de las Ninfas en Bahía Academia- isla Santa Cruz, fueron los puntos donde se registró el oxígeno disuelto más bajo (a pesar de mantenerse sobre los 5mg/l) y la DBO<sub>5</sub> más alta (mayores a 3mg/l), debido probablemente al mayor aporte antropogénico que existe en estas áreas; no obstante, el DBO<sub>5</sub> se presentó dentro del límite permisible (máximo de 4 mg/l), según los estándares utilizados en los Estados Unidos de Norteamérica WEF/ASCE, (Glynn 1999), para calidad de aguas aceptables para la natación.

Las concentraciones encontradas de nitrato y fosfato se consideran normales para aguas marinas, cabe recalcar que las mayores concentraciones fueron las detectadas en los muelles de Pelikan Bay y Municipal de Bahía Academia, infiriendo este criterio en base a los antecedentes descritos en esta investigación, ya que no existen valores de límites permisibles en la Legislación ecuatoriana para estos parámetros.

Los resultados obtenidos sobre el recuento de coliformes totales y fecales en las tres áreas de estudio, han permitido deducir su calidad microbiológica, registrándose desde ausencia hasta valores mínimos sobre todo en las áreas alejadas de la línea de costa,

mientras que en algunos puntos cercanos a la costa, sí se evidenció presencia de microorganismos (figura.5).

Es preocupante el hecho de que en la isla Santa Cruz se observe presencia de microorganismos patógenos a lo largo de la línea de costa, no obstante los valores se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles de 200 NMP/100ml para coliformes fecales y de 1000 NMP/100ml para coliformes totales, según lo establecido en el TULAS. Asimismo se evidenció que en la laguna de las Ninfas, existe problemas de contaminación por bacterias, ya que los valores encontrados sobrepasan el límite máximo permisible para aguas con fines recreativos (200 NMP/100ml), producto de la poca o casi nula infraestructura sanitaria en la población, que descargan directamente sus aguas residuales domésticas sin previo tratamiento. En Caleta Aeolian y Puerto Villamil se registraron concentraciones bajas de bacterias patógenas en las áreas cercanas a la población.

### CONCLUSIONES

La calidad del agua en cada una de las bahías no evidencia graves problemas de contaminación, tanto a nivel de línea de costa como en la parte externa de las mismas, probablemente por la dinámica de las corrientes y por el poder de dilución y depuración del agua de mar; no obstante, se debe considerar que con el tiempo y existiendo descargas residuales muy puntuales sin tratamiento y permanentes, se podría estar provocando una contaminación mucho más severa tal como se viene observando en Las Ninfas, muelle de Pelikan Bay y en el muelle de PETROCOMERCIAL en Baltra.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al señor Director del INOCAR por el apoyo

brindado en este estudio, y a la Oc. Sonia Recalde por la traducción del abstract.

### BIBLIOGRAFÍA

Rodríguez A, Valencia M, 2000. Estudio de la calidad de las aguas costeras insulares en la Provincia de Galápagos, 1999. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. 10 (2000). Págs. 79- 96.

INOCAR. 2001. Informe técnico del Crucero Costero Insular CO-02-01. Septiembre del 2001.

Danulat E, Brandt M, Zárate P, Montesinos M y S Banks, 2003. El Turismo en la Reserva Marina de Galápagos. Análisis global y condiciones en sitios de visita marinos seleccionados. Diciembre de 2003. Fundación Charles Darwin y Dirección Parque Nacional Galápagos. Puerto Ayora, Santa Cruz, Galápagos. 140 pp.

Burgos L., y Palacios C., 2005. Informe de las Condiciones Hidroquímicas de las aguas de la Bahía Aeolean en Baltra-Islands Galápagos-marzo/2005.

INOCAR, 2006. Estudio Línea de Base Ambiental para la Construcción del Centro de Investigación Marítima de Galápagos (CIMAG) - Isla Baltra, septiembre- 2006.

Gamboa, 2007.- Informe de las características físicas, químicas y microbiológicas de las aguas marino costeras del área de caleta Aeolian, isla Baltra- Prov. de Galápagos, Septiembre 2006. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. 14 (2007). Pp 221- 227.

TULAS, 2003. Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria. Recurso Agua, Libro VI Anexo I, Tabla 3. Criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marianas y de estuarios. Tabla 9. Criterios de calidad para aguas destinadas para fines recreativos.

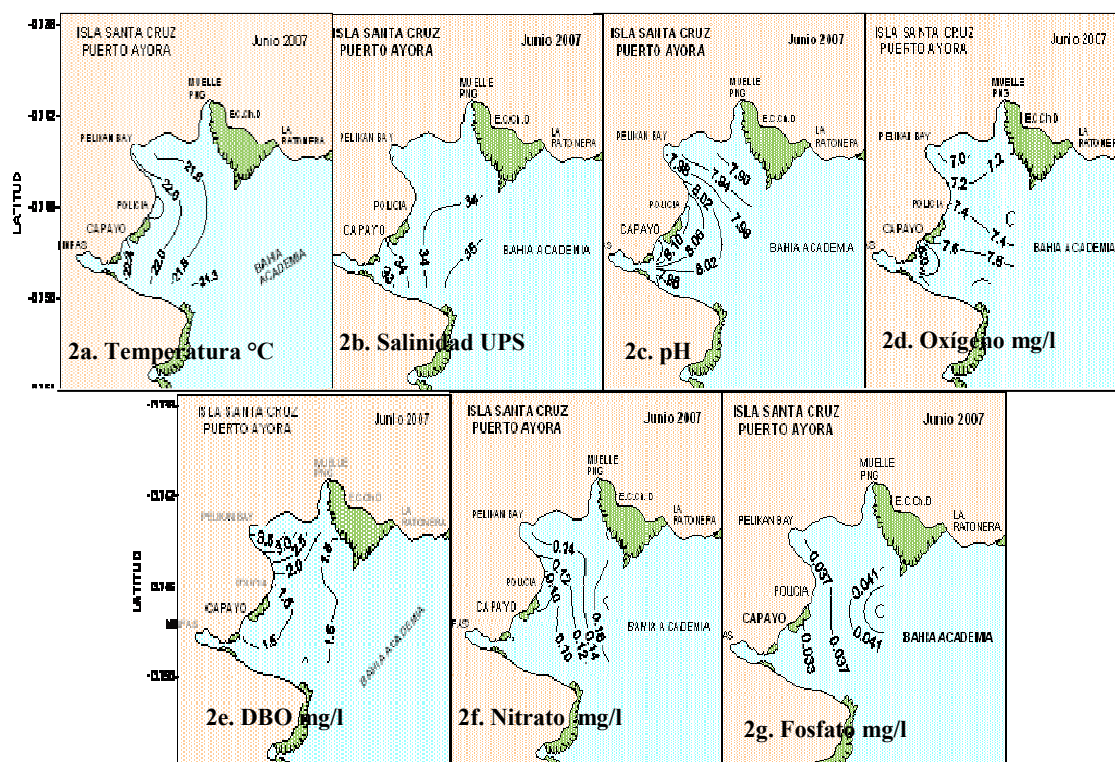


Figura. 2. Distribución superficial de parámetros físicos y químicos en Bahía Academia, Isla Santa Cruz. Junio 2007.

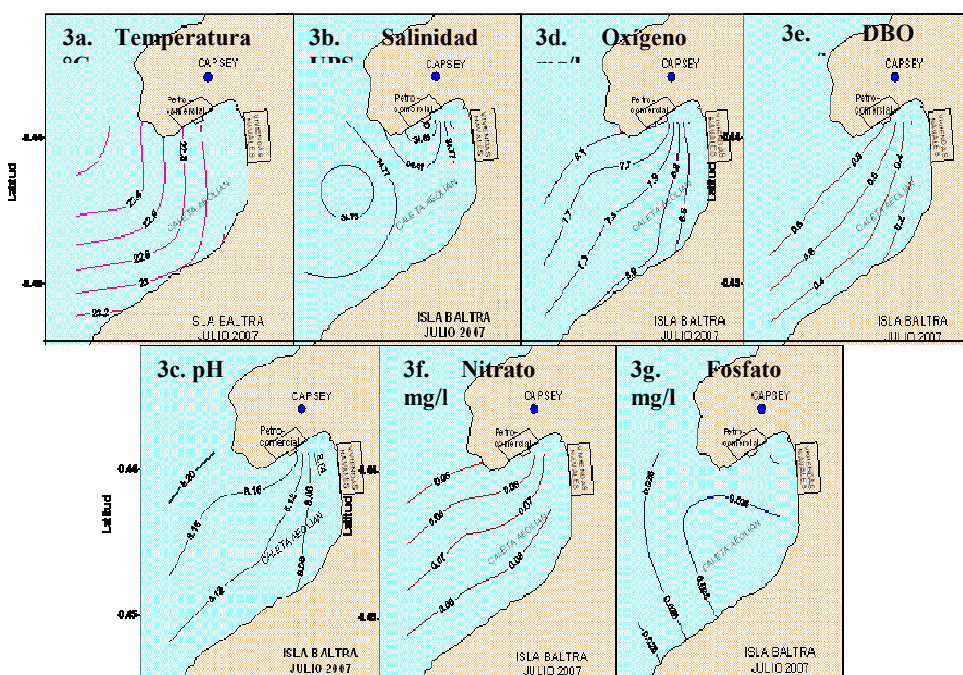


Figura. 3. Distribución superficial de parámetros físicos y químicos en Caleta Aeolian, Isla Baltra. Julio 2007.

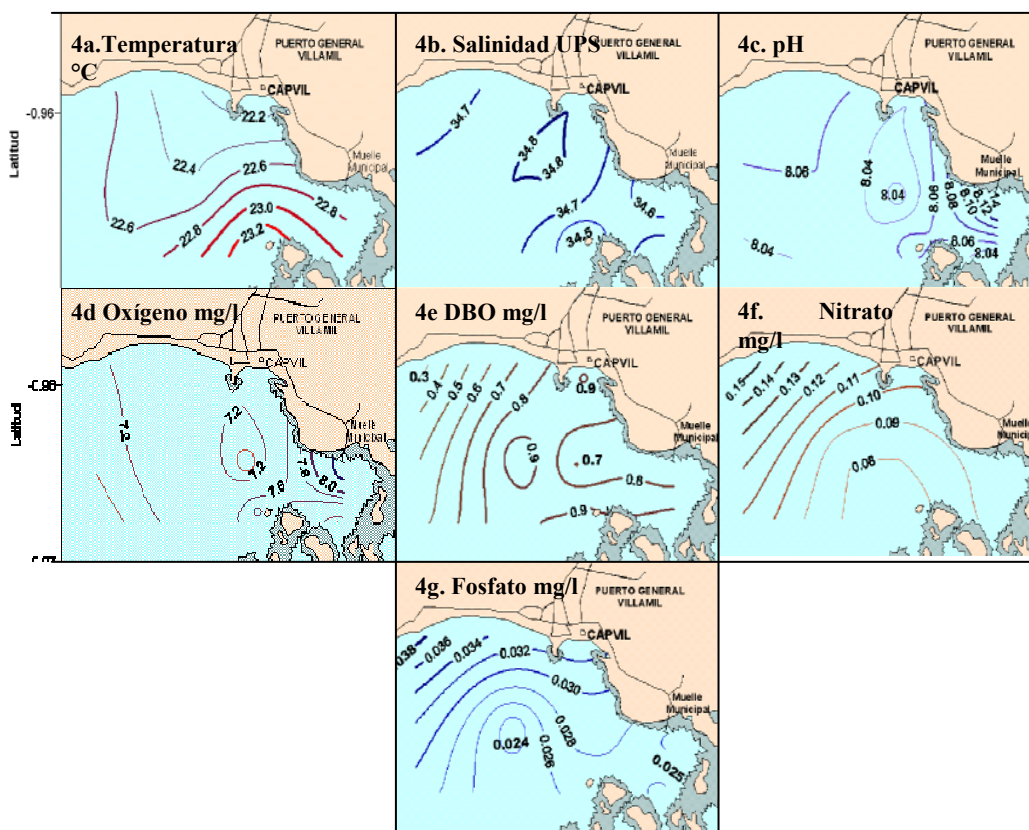


Figura. 4. Distribución superficial de parámetros físicos y químicos en Puerto Villamil, Isla Isabela. Julio 2007.

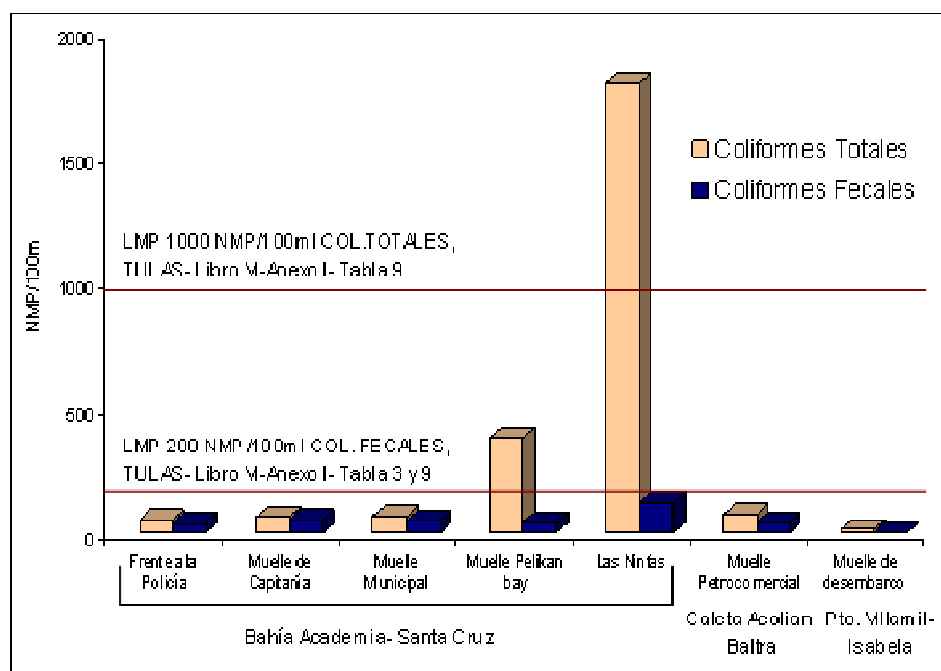


Figura. 5. Condiciones microbiológicas en las tres islas estudiadas. 2007.