

ELABORACION DE MAPAS DIGITALES DE INUNDACION POR TSUNAMIS PARA MACHALA Y SALINAS BASADOS EN EL TSUNAMI HISTORICO DE 1953

GENERATION OF FLOODING DIGITAL MAPS FOR MACHALA AND SALINAS BASED ON THE 1953 HISTORICAL TSUNAMI

Por: Willington Rentería ⁽¹⁾

Resumen

Para la generación de mapas digitales de inundación es necesario tener presente los conceptos de cartografía y modelación numérica de tsunamis, usando como nexo a los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

La utilización SIG no es nuevo en el modelamiento de tsunamis, sin embargo el uso general de esta técnica en países como el Ecuador es reciente. Por esta razón, como contribución a la determinación del riesgo por tsunamis, se presenta esta metodología para elaborar cartas digitales de inundación basada en la unión de las técnicas SIG y el Proyecto TIME (Intercambio de mapas de inundación por Tsunamis).

Los aspectos cartográficos considerados en la preparación de estos mapas son: la línea de costa de alta resolución y el uso de un mismo sistema de coordenadas geográficas y sistema de referencia vertical, tanto en la batimetría como en la topografía. La información cartográfica representada como capas en el SIG fue asociada con la inundación del tsunami sintético basado en el Tsunami histórico de 1953.

De manera general, esta metodología es más eficiente en cuanto permite predecir los efectos de la inundación por tsunamis.

Abstract

For generation of flooding digital maps is necessary consider the geographic concepts and Tsunami numerical modeling concepts, using how link the Geographical Information Systems (GIS).

The use of GIS is not new for tsunami modeling; however in countries like Ecuador the global use of this technique is recent. For this reason, a new methodology based on the joint use of GIS and TIME (Tsunami Inundation Maps Exchange) Project for the preparation of tsunami flooding digital maps is presented as a contribution for tsunami risk assessment.

The cartographic aspects considered for the preparation of these maps are: a high resolution coastline, and the use of bathymetry and topography data with the same vertical reference level and geographical coordinates system. This information, represented as a layer in GIS, was integrated to other relevant scientific information from tsunami modelling associated to the 1953.

In a general way, this new methodology proved to be more effective in predicting tsunami related flooding effects.

⁽¹⁾ Instituto Oceanográfico de la Armada, INOCAR, Av. 25 de Julio Base Naval Sur, P.O. Box 5940 Guayaquil-Ecuador

Anatomía de un Tsunami producido por un sismo

Inicialmente cuando se produce un sismo tsunamigénico en el subsuelo marino, la base del fondo del mar sufre una deformación que empuja la columna de agua que se encuentra justo sobre ella, produciendo una perturbación en la superficie del mar que se propaga horizontalmente en forma casi radial y verticalmente en forma de onda, produciendo al llegar a la costa el fenómeno que conocemos como tsunami.

Debido a la reducción de la profundidad cuando el tsunami llega a la costa, la amplitud de esta onda se incrementa y se reduce su longitud. Las aguas del tsunami penetrarán la costa dependiendo de la morfología costera y de la energía con la que haya sido generada, a la máxima altura alcanzada por las aguas medidas desde un nivel de referencia (normalmente el nivel medio del mar) se le conoce como run-up, ver Figura 1.

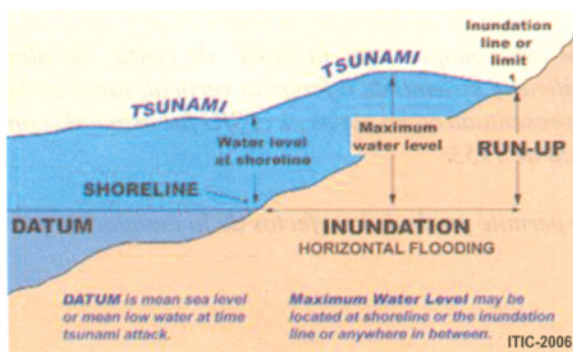


Figura 1. Diagrama del run-up, máxima altitud alcanzada por el agua

En el estudio de Tsunamis, el run-up permite determinar cual fue la intensidad y fuerza del Tsunami al arribar a la costa, dado que el agua puede alcanzar cientos de metros tierra adentro dependiendo de las pendientes de la topografía del área.

Proceso de Integración

La utilización de sistemas integrados que permitan el mayor aprovechamiento de ciertas capacidades, no es nuevo, un claro ejemplo es el proceso computacional que involucra el modelo numérico de tsunamis presentado por el Proyecto TIME y modificado por el Prof. Modesto Ortiz del Centro de Investigación Científica y de Educación superior de Ensenada (CICESE). En este modelo se aprovecha la facilidad de manejo del lenguaje programación del MATLAB, para definir rutinas repetitivas y realizar cálculos sencillos que manualmente serían tediosos, como es el cálculo de los límites de las grillas

anidadas o simplemente la unión de datos de batimetría gruesa y fina para finalmente realizar la graficación de contornos y mapas derivados de operaciones matriciales; y se aprovecha la funcionalidad eficiente que tiene el programa FORTRAN para realizar cálculos numéricos más complejos, tales como el del modelo de dislocación sísmica en el plano de la falla y la obtención de las series de tiempo simulando la propagación de las ondas del tsunami hacia la costa. Además se utiliza el programa SURFER, para realizar las interpolaciones de cada una de las grillas y las transformaciones al formato "grid" en ASCII, que es un formato más sencillo de manejar y que presenta una mayor facilidad para ser procesado en FORTRAN.

En el Proyecto TIME el objetivo esencial de la modelación es obtener un mapa de inundación de una ciudad o un área geográficamente determinada, el producto que obtenemos con la simulación es una representación gráfica de la inundación, pero no es un mapa y corre el riesgo de degradar la calidad de la interpretación numérica por ejemplo, al asumir datos que no son geográficamente correctos; un ejemplo claro de esto es la utilización de la función plot para graficar en MATLAB la línea de costa, la cual necesita un que ingresemos un valor para plotear y se utiliza normalmente [0,0].

Analizando en detalle esta operación, podemos ver que el programa realiza una unión de todos los centroides de los píxeles (unidad básica de una imagen) que tengan un Nivel digital (ND) de valor cero [0 0] y corresponde al valor de altitud en el terreno de 0 metros, para el caso de la grilla de la Figura 2 el ancho de la grilla en escala con el terreno, equivale a 27 segundos de arco es decir "810 metros" en extensión horizontal.



Figura 2. Imagen obtenida del MATLAB, de la grilla "a" extraída de una imagen del ETOPO, en el que se ha plotado la curva de nivel de valor cero [0,0]

Un error inconsciente suele pasar al confundir esta línea con la Línea de Costa y a menudo se la ha utilizado para georeferenciar las representaciones

gráficas que surgen del modelo, al sobreponer los perfiles de inundación sobre un mapa o una carta, este error geográfico se transfiere en una equivocada posición del veril de inundación que obtuvimos en el modelo, mas aún cuando consideramos que el tamaño del píxel en el caso de la grilla mas fina es de 1 segundo de arco equivalente a 30m.

De igual manera, a pesar de la versatilidad para el manejo de datos geográficos que tiene el programa Surfer, este se ve enormemente limitado cuando se trata de realizar una edición o corrección a los datos espaciales, por ejemplo la edición de batimetría cuando se tiene estos datos en distintos sistemas de coordenadas geográficas o en diferentes sistemas de proyección. Esto hace necesario la inclusión de una herramienta que pueda suplir las deficiencias del proceso, y así garantizar una mayor prestación de la información que se obtiene, para poder ser utilizada con información cartográfica.

Integrando un software como el Arcgis, que facilite el manejo de Sistema de Información Geográfica, con el proceso ya estructurado, se puede minimizar los errores antes mencionados, y además se incorporan al resultado del proceso, bondades que en el proceso anterior, simplemente no se podían realizar.

La integración de la información, entre diferentes programas es un concepto de interoperabilidad que manejan muy bien los Sistemas de Información Geográfica, de esta manera ellos mismos presentan varias prestaciones para facilitar el intercambio, la importación, y exportación de datos en cualquier formato. De aquí que el trabajo consiste en encontrar la ruta adecuada para esa interoperabilidad.

Fases del Proceso de integración

Un objetivo de este trabajo es presentar los mapas de inundación por tsunamis utilizando el método del proyecto TIME con las modificaciones del Prof. Ortiz, pero con un criterio orientado a los Sistemas de Información Geográfica. A continuación se presenta un flujo de proceso concebido para facilitar la integración de los datos que se utilizan en la elaboración de los mapas de inundación.

1.- Control de Calidad en el ingreso de datos

Uno de los aspectos mas importantes a mencionar del flujo propuesto, es el control de calidad de los datos, tal como se puede apreciar en la Figura 3, antes de que los datos ingresen al proceso Numérico (proyecto TIME), tenemos una conexión bidireccional con el SIG (Sistema de Información Geográfica) de tal

manera que los datos puedan ser editados o confirmados con bases de datos históricas, o simplemente con bases de datos espaciales, donde podamos corroborar entre otras cosas la integridad, el origen de los datos y su ubicación correcta en el espacio.

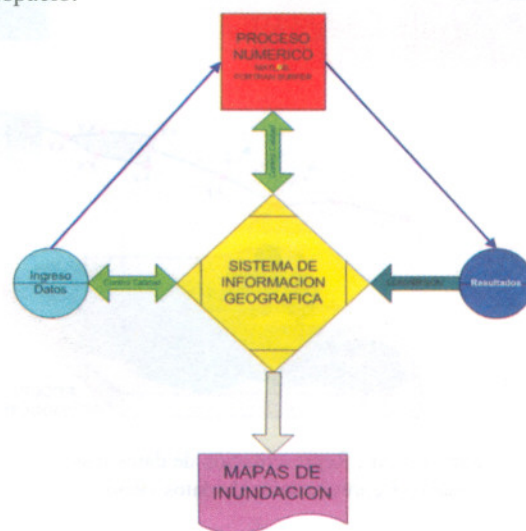


Figura 3. Esquema del Flujo de proceso para la elaboración de Mapas de Inundación

Un ejemplo claro de la necesidad de edición es el traslado de la información a un mismo nivel de referencia tanto horizontal como vertical. Como se sabe, en cuanto al nivel de referencia horizontal, existen una serie de Sistemas de Coordenadas Geográficas y Sistemas de Proyección en los que los datos podrían estar referenciados, de ahí que es muy importante escoger el más adecuado y actualizado (las variables de espacio varían en el tiempo), de tal manera de evitar ingresar inconscientemente errores por inconsistencia geográfica.

Como se mencionó anteriormente los conceptos de interoperabilidad son manejados muy apropiadamente por los SIG, de esta manera es muy probable que cuando tengamos la necesidad de obtener datos para ingresar en el modelo numérico, podamos extraer estos de cualquier otro formato e incluso de otro tipo de dato. Ampliando este concepto, de manera muy sucinta podemos citar que existen dos tipos de datos espaciales, el dato raster y el dato vector, y dentro de este ultimo los datos se clasifican como polígonos, líneas y puntos. Para ingresar los datos en el modelo numérico necesitamos que estos se encuentren como puntos y en formato con extensión “.dat”.

Los SIG permiten la conversión y facilitan la obtención de los datos que se requieren para la modelación numérica, llevándolos de un formato a otro de acuerdo a la necesidad.

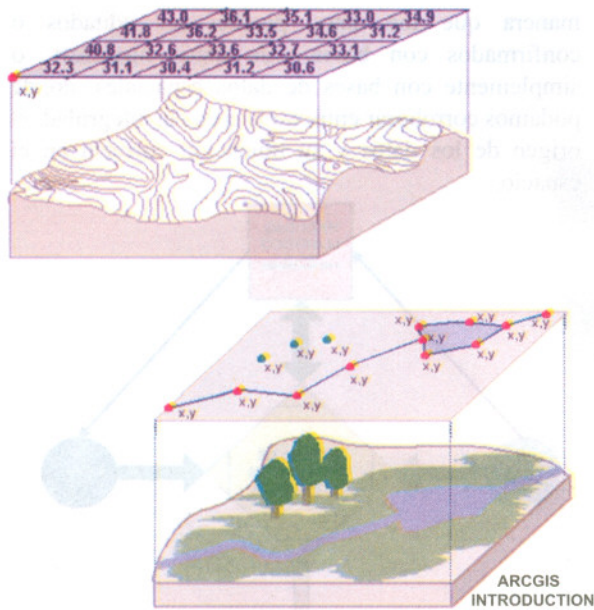


Figura 4. (Izq.) Representación de datos raster, (Der.) Representación de datos vector.

2.-Control de Calidad en el procesamiento de datos

Asimismo cuando la información esta siendo procesada por el modelo numérico, existe una comunicación bidireccional con el SIG, para un control de los datos que se van generando paso a paso, por ejemplo al conjugar los datos de batimetría fina y gruesa, el SIG facilita la manipulación de los datos, y permite verificar como los datos se van acoplando; otro caso es la correlación de las grillas anidadas que se van generando, el control que permite el SIG es que la grilla de más fina resolución pueda ser comparada por otro tipo de datos, especialmente imágenes satelitales para identificar las geoformas en el área en la que se piensa realizar la inundación.

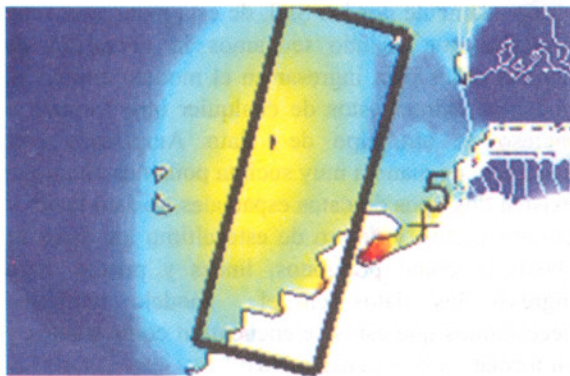


Figura 5. Error en la presentación de los datos, nótese la bahía en el interior del círculo, geográficamente eso no existe

Una vez que se obtienen la representación gráfica de la inundación, producto de las series de tiempo generadas en TIME esta debe ser comparada con información geográfica mas detallada, un ejemplo de esto es que a menudo en la simulación del tsunami regional, cuando se considera la grilla de menor resolución (~810 mts.), el modelo numérico no discrimina esta resolución e integra directamente el desplazamiento de la onda, provocando resonancias de la onda en lugares que considera bahías muy cerradas, estas deben ser comparadas con información geográfica mas detallada a fin de evaluar el dato obtenido.

3.-Conversión y presentación de los datos

Finalmente, los datos obtenidos por el modelo numérico son convertidos a un formato raster, y ya como una capa georeferenciada, puede sobreponerse a un sinnúmero de información. Esto aparte de producir un mapa de inundación cartográficamente correcto, facilitara además la realización de planes de mitigación, rutas de evacuación, planes de contingencia, mapas de riesgo y vulnerabilidad, estudios paleotsunamigénicos, estudios de erosión costera, medición de volúmenes, licuefacción, en fin una gama estudios y productos, con la confianza de que la información es consistente tanto teórica, histórica y geográficamente.

El SIG es una herramienta que cada día va evolucionando, si esta información científica obtenida de diferentes estudios es sumada aquella de nuestro entorno cotidiano, podemos obtener resultados excepcionales, por ejemplo si luego de un geoprosesamiento se concluye que la mayor inundación se presenta en una área donde se planea construir algún complejo habitacional, se puede recomendar que no se construya en esa área, y así evitar una mala inversión, en fin cada caso va a depender de la acuciosidad con la que se maneje la información y las necesidades que se tenga.

Sobre el Nivel de Referencia Vertical

El modelo numérico asume como valor de referencia el contorno de valor 0 (cero) del modelo del terreno, en el que coinciden el nivel medio del mar y la superficie del mar en reposo justo antes de la condición inicial (perturbación debida al sismo), y lo toma como referencia para definir los incrementos verticales de la columna de agua a lo largo de la propagación del tsunami. Esa misma superficie de referencia se mantiene incluso al llegar a la costa y definir el Run-up, por lo cual es explicito que el modelo esta asumiendo la cota 0 como línea de costa,

ahora bien esta aparente imperfección del modelo puede ser corregida llevando los datos a un mismo nivel de referencia, que sea coincidente con la línea de costa.

Para el caso del Ecuador, esa superficie de referencia sería el promedio de las pleamares (MHW-Mean High Water), que es el rasgo geográfico utilizado para definir la línea de costa en la cartografía nacional, de esta manera se debe llevar los datos de batimetría del Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) del promedio de las bajamares de Sicigia (MLLWS –Mean Low Low Water Spring) al MHW, y los datos de altitud del Instituto Geográfico Militar que están referidos al Nivel Medio del mar (MSL-Mean Sea Level) al MHW, e introducir un artificio geográfico al transformar la línea de costa en puntos XYZ e ingresar estos, a los datos que van al modelo. Con esto conseguimos que los incrementos de la columna de agua, pasando la línea de costa representen los veriles de inundación considerando la cartografía oficial.

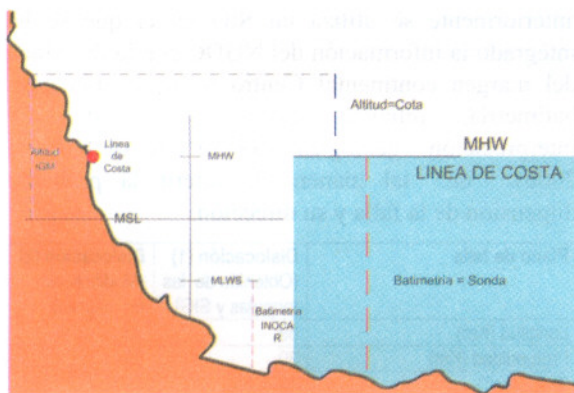


Figura 6. Nivel de Referencia vertical, nótese en el que sin sombreado la inconsistencia entre los dos niveles de referencia con al línea de costa,

Cartas Digitales de Inundación de Machala y Salinas

Metodología

La metodología que vamos a utilizar para la elaboración del mapa de inundación se basa en el modelo de recurrencia que parte de la hipótesis del gap sísmico e indica que los grandes sismos suceden una y otra vez a lo largo del mismo límite de placa, y registran el mismo deslizamiento cosísmico, ¹ de esta manera se plantea la hipótesis de que los sismos en la zona de subducción relacionados a nuestro país sucederán siempre dentro de la misma área, afectando a nuestras costas.

En base a la información histórica y con las formulas teóricas, se determinan los parámetros de la falla, y

así con esta información se genera un tsunami sintético similar al sucedido en los registros históricos, luego se cambia algunos parámetros con el objeto de generar otro tsunami con el peor escenario y de esta manera se elabora el mapa de inundación. A continuación luego, se elabora una tabla con los datos obtenido de la aplicación teórica, a la que se le llamará dislocación 1, y otra con los datos de exageración a la que se llamará dislocación 2.

$$Mw = 2/3 \log_{10} M_0 - 10.73$$

Mw → Magnitud del sismo
M₀ → Momento sísmico

$$Mw = \log_{10} A + 4$$

A → Área de la falla
u → Dislocación (slip)

$$M_0 = A u \mu$$

μ → Modulo de rigidez
(se asume 4x10¹¹ dyna)

Datos de origen

Cuando se trabaja con información geográfica se debe tener muy en cuenta la metadata (es decir los datos del dato), esta se refiere a toda la información acerca de los datos que se están utilizando y que pueden dar una idea tanto de la validez (refiriéndose al tiempo) como de la calidad de la información (respecto de la fuente) que se va a ingresar en el proceso de elaboración. El mismo concepto se extiende para este proceso en el que los resultados obtenidos tendrán como aval la calidad de la información que le fue ingresada.

A continuación se presenta en la Tabla 1, toda la información geográfica utilizada para el proceso de elaboración de los mapas digitales de inundación, con la correspondiente información metadata, que se considera para el proceso de ingreso y procesamiento de datos, aún cuando en la tabla falta más información relacionada con los datos, para efectos de este procesamiento se considerará solamente estas variables, asumiendo también que todos ellos son coincidentes en el tiempo.

Dato	Tipo	Referencia Vertical	Referencia horizontal	Fuente
Etopo2	Raster	MSL	WGS 84, Equidistante	NOAA
Batimetría Machala	Puntos XYZ	MLLWS	WGS 84, UTM	INOCAR
Batimetría Salinas	Puntos XYZ	MLLWS	WGS 84, UTM	INOCAR
Topografía Machala	Vector	MSL	WGS84, UTM	IGM
Topografía Salinas	Vector	MSL	WGS84, UTM	IGM
DEM Machala	Raster	MHHW	WGS84	Proceso
DEM Salinas	Raster	MHHW	WGS84	Proceso
DEM (Digital Elevation Model)			MSL → Nivel medio mar MLLWS → Marea mas baja sicigia	

Tabla1. Información de los datos utilizados en al simulación

En la Tabla 1 también se consideran los Modelos de Elevación Digital, que se obtienen del procesamiento de los datos batimétricos y de topografía, modelos que

permiten un mejor entendimiento del área en la que se está trabajando.

La graficación de los modelos de Elevación digital se presentan a continuación en las Figuras 7 y 8.

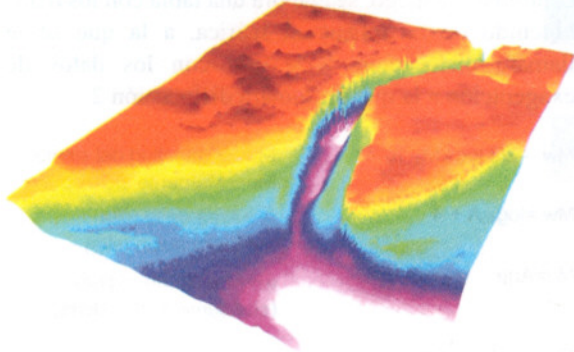


Figura 7. Modelo digital del terreno del canal de ingreso a Puerto Bolívar

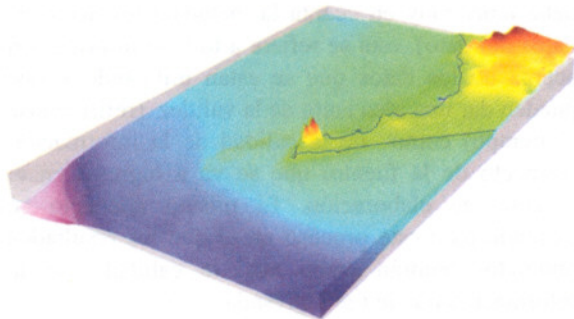


Figura 8. Modelo digital del terreno de la península de Santa Elena, con una exageración vertical de 5x en la altura

Tal como se mencionó anteriormente, en la Tabla 2 se presentan las correcciones realizadas a los datos de batimetría y topografía, considerando la coincidencia que debe existir entre la línea de costa, el nivel medio del mar y la referencia vertical.

	h	Zo
La Libertad	1,056	1,315
Data	1,073	1,342
Posorja	1,170	1,437
Cascajal	1,498	1,847
Pto. Bolivar	1,356	1,689
Púna	1,694	2,073

Zo: Distancia vertical desde el Nivel medio del mar, hasta el nivel de reducción de sondas

h: Distancia vertical desde el nivel medio del mar hasta el promedio de la pleamar

Tabla 2. Diferencia promedio de los niveles de referencia verticales (Fuente: INOCAR)

El Tsunami de 1953

El 12 de diciembre de 1953 ocurrió un sismo cercano al límite entre Ecuador y Perú localizado en las

coordenadas 3° 24' 00" S y 80° 36' 00" W de magnitud 7.3, (Geophysical Data Center (NGDC), Askew 1985, Silgado 1978), las evidencias indican que los efectos del sismo se sintieron en mayor cantidad en el Perú en las poblaciones de Tumbes, Corrales, y en Ecuador en Celica, Azoguez, Malacatos², escasamente se tienen datos de un tsunami local que hay golpeado las costas, pero si se conoce que hubo un aumento de amplitud de 20 cm en el nivel del mar en el mareógrafo de la Libertad (Ecuador) y en el de Talara (Perú) lo cual indica su existencia, asimismo se tiene el dato que el sismo provocó un tsunami lejano que arribó al poblado japonés de Tomikazi,³ llegando a registrar un Runup de 1.8 mts sobre el nivel del mar, aunque no se han registrado víctimas este dato da una idea de la intensidad del tsunami. A pesar de que los datos investigados no indican a que tipo de magnitud se refiere, vamos asumir que el 7.3 es Mw, que es la magnitud asociada al momento sísmico, y que es para el caso de modelación de tsunamis la que se utiliza. Con este dato y con las formulas mencionadas anteriormente se utiliza un SIG en el que se ha integrado la información del NGDC con la del Mapa del margen continental Centro y sur de Ecuador: batimetría, relieve, reflectividad acústica e interpretación geológica (IRD-INOCAR-IG/EPN 2006), de tal manera de inferir la probable dimensión de la falla y su dirección.

Plano de falla	Dislocación (1) (Obtenido de las formulas y SIG)	Dislocación (2) (Modificación en negrilla)
Longitud (Km)	69	90
Profundidad (Km)	30	10
Strike (azi°)	15°	15°
Dip°	30°	30°
Rake°	90°	90°
Slip (m)	1.4	6
Mo (dyne cm)	1.109x10 ²⁷	6.48x10²⁷
Mw	7.3	7.8
Coordenadas de la esquina SW	3.69° S 80.77° W	3.69° S 80.77° W

Tabla 3. Datos obtenidos a partir del SIG y de las formulas, respecto a los posibles parámetros de la Falla

El dato del strike (dirección) se asume siguiendo la configuración de las interpretaciones de fallas geológicas, así como también de la suposición de un ángulo que permita al frente de onda emprender su desplazamiento hasta el lugar donde se registró el valor mas alto de Runup (Japón). El ángulo dip (de buzamiento) se asume en virtud de no poseer información respecto a refracción sísmica, en el que se pueda visualizar alguna fisura de la corteza terrestre. Además se considera el suceso de una falla tipo inversa, en el que la deformación cosísmica produce la activación de la falla con un ascenso (uplift) de la misma.

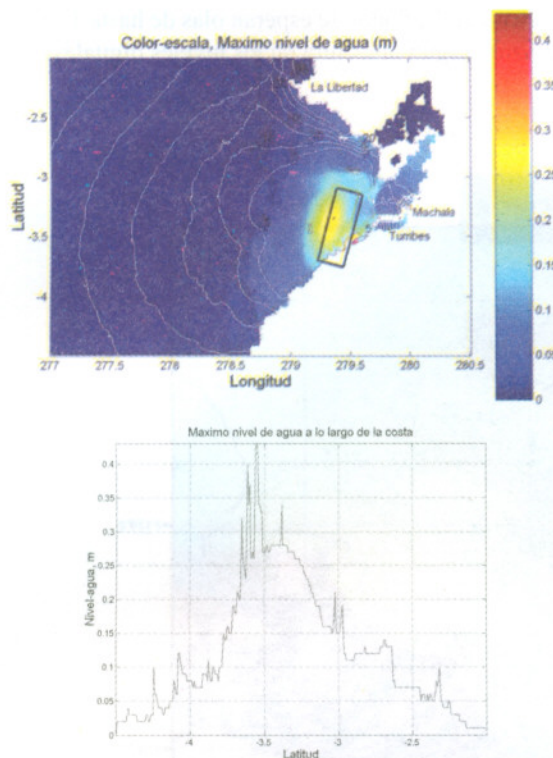


Figura 9. Máximo nivel alcanzado por la ola tsunamigénica, a nivel regional, en 2 horas de simulación

El tsunami sintético generado, con los datos de Dislocación 1, tiene un tiempo de arribo de 5 minutos a las poblaciones peruanas de Zorritos y la Cruz, 10 minutos a Puerto Bolívar, 25 a Salinas-Libertad, la altura máxima de la ola es de 0.4 m sobre el nivel del mar, esto es en las poblaciones peruanas, que se encuentran mas cercanas al sismo.

Del análisis SIG con la lectura de los niveles digitales, se obtiene que el máximo nivel alcanzado cerca de la Libertad fue aproximadamente 08 cm y en Talara 15 cm, mientras que el registro histórico indica que fueron 20cm esta diferencia se puede considerar aceptable dado que el valor del ángulo de buzamiento(dip) y desplazamiento(rake) fueron asumidos y estos tienen vital importancia en el direccionamiento del frente de onda, asimismo se tiene la evidencia paleo-tsunamigénica de Villamil Playas en donde se encontraron depósitos sedimentarios de hace 1250 años y cuyos límites probables de inundación son similares a los que obtuvieron en la modelización del tsunamis sintético.⁴

Ampliando los efectos de inundación sobre la ciudad de Machala, en dos horas de simulación se puede observar que no se encuentran mayores inundaciones salvo pequeños incrementos del nivel del mar en la parte de la entrada al Estero Santa Rosa, y al NW del Canal de acceso a Puerto Bolívar con un incremento de 50 cm, esto nos explica porque razón no existe mayor

evidencia histórica respecto a ese tsunami, ya que no se ve mayor afectación sobre las zonas habitadas, sin embargo valida la información obtenida por el modelo numérico. (Ver Figura 10)

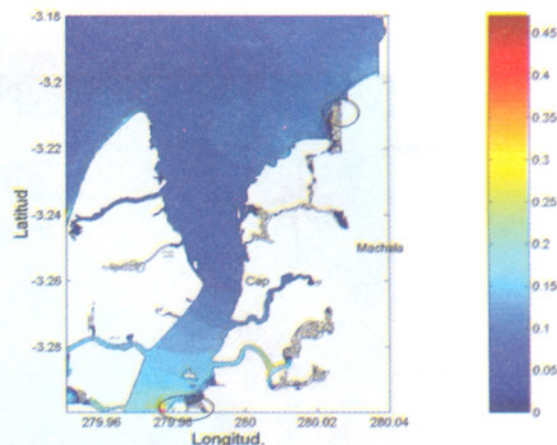


Figura 10. Mapa de inundación de Machala con Dislocación(1), las áreas en círculos son áreas no habitadas

Mientras que los efectos en la ciudad de Salinas parecen imperceptibles de acuerdo a la modelación del tsunami sobre esa área, de igual manera se puede visualizar como las olas van arrojando la Península de Santa Elena, producto del efecto de refracción de las olas. (Ver Figura 11)

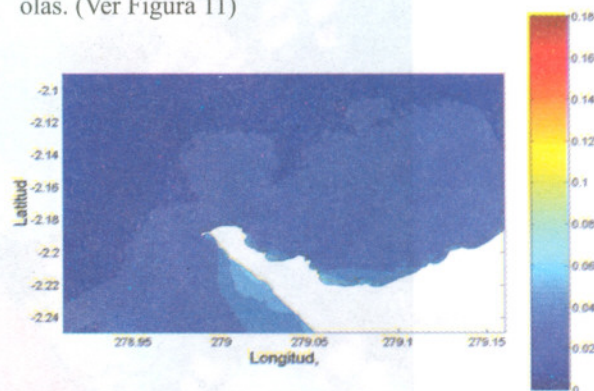


Figura 11. Inundación de Salinas, con dislocación (1)

Siguiendo con el proceso, se modifica los parámetros de la falla de tal manera de extremar las condiciones, hasta un punto razonable, para obtener un mayor efecto del tsunami sobre las áreas de estudio y se realiza nuevamente la simulación. La información obtenida es convertida en formato de dato raster de Arcgis y se utiliza para la Elaboración de la Carta de Inundación que se presenta en las Figuras 12 y 13, una vez superpuesta la información obtenida por el modelo con la información que representan las geofomas, se obtiene una mejor apreciación de la inundación respecto a las entidades geográficas.

En el Mapa Digital de Inundación de la Figura 12 se puede apreciar como la cresta de la onda se visualiza en

el instante de mayor momento sobre la ciudad de Machala inundando en mayor proporción la zona sur del estero, y como sobrepasa la zona poblada cercana

a la Capitanía, donde se esperan olas de hasta 1 metro de altura según la lectura de los niveles digitales.

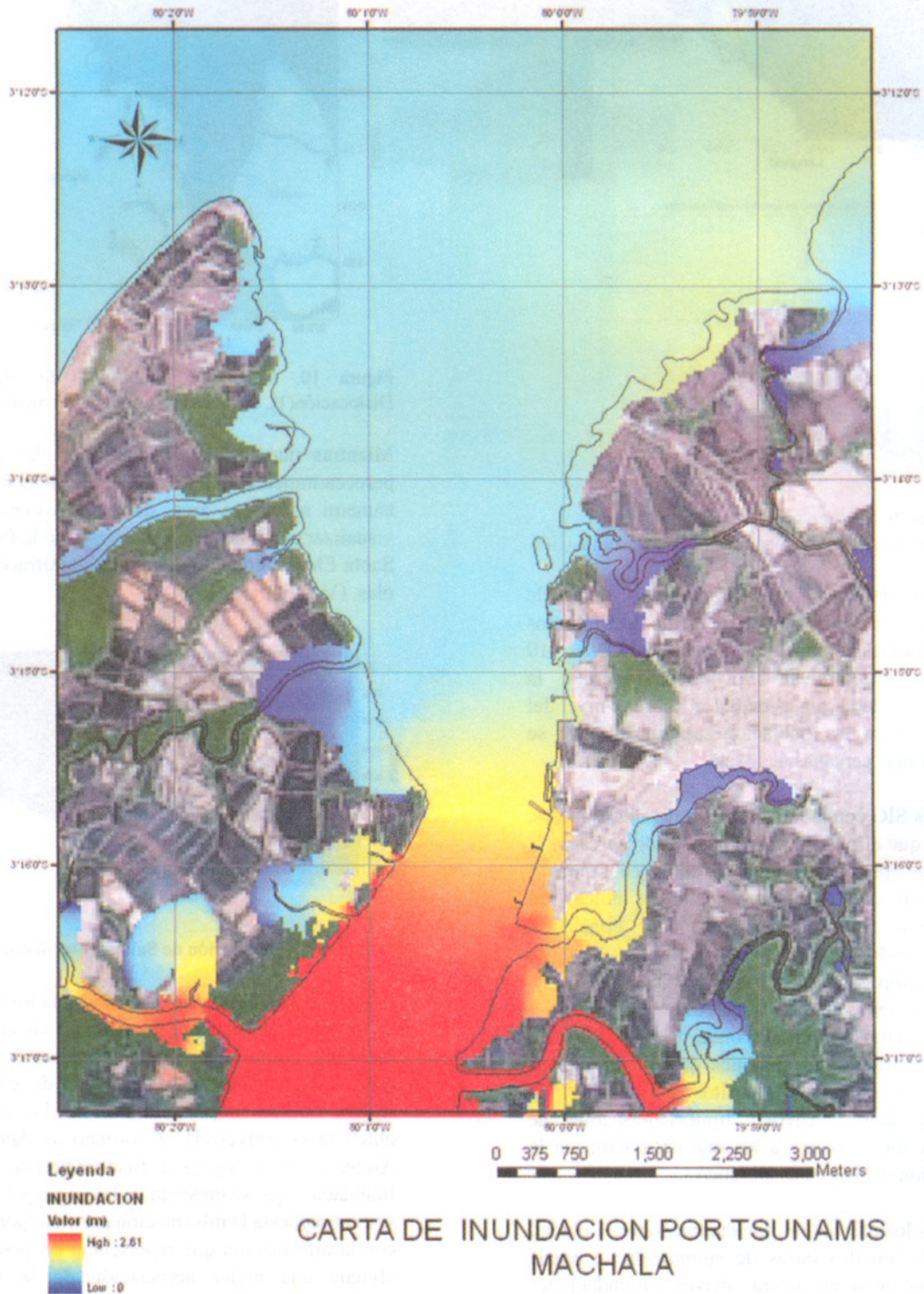


Figura 12. Mapa Digital de Inundación de Machala, con dislocación (2) de la Tabla 3

De la misma manera se realiza la modelación de la inundación sobre el área de Salinas a fin de utilizar estos datos para la elaboración del Mapa Digital de Inundación de la Figura 13. En este caso se tiene la

ventaja de poseer varias fotos aéreas, que sobreponiéndolas sobre la inundación y los datos vector, dan una idea mas clara de cómo se presentaría la inundación.

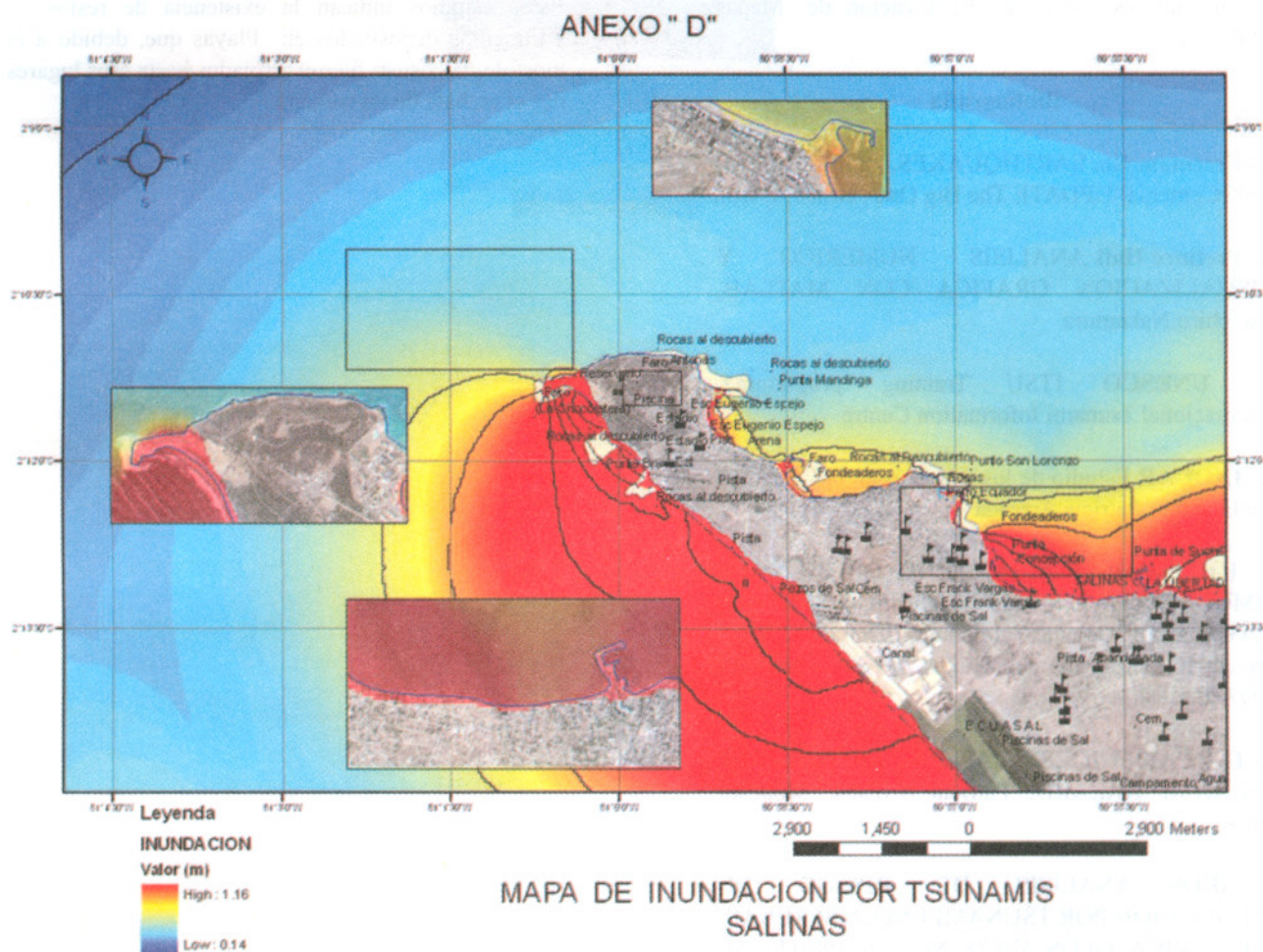


Figura 13. Mapa Digital de Inundación de Salinas con dislocación (2) de la Tabla3

Conclusiones

La modelación numérica de tsunamis por sí sola, no responde a las interrogantes que plantea la problemática tsunamigénica, si entendemos que el objetivo de estudiar este fenómeno parte de la necesidad que tiene la sociedad, en conocer cuales serian las afectaciones que tendría en caso de que un evento de esta naturaleza sucediera, es responsabilidad del investigador proponer soluciones, a fin de que los resultados de la investigación propicie participen de la solución del problema. Partiendo de esta premisa básica, la metodología presentada en este documento participa de una buena parte de la solución del problema, ya que la integración de más cantidad de información relacionada geográficamente facilita el entendimiento de la problemática que se engloba tras

la inundación provocada por un tsunami, de ahí que el conocimiento logrado con el estudio de estos fenómenos y la utilización de herramientas modernas, permitirá la optimización en el uso de los recursos que se poseen, permitiendo además otorgar mejores productos a la sociedad, que en el caso de modelos de inundación por tsunamis pueden ser utilizados para desarrollar proyectos de Gestión de Riesgos en las zonas estudiadas.

Es importante hacer notar que las áreas inundadas en los mapas digitales, representan solo un porcentaje de la determinación de zonas de peligro en estas ciudades, estos mapas digitales deben ser fortalecidos con otro tipo de estudios a fin de establecer zonas de riesgo de tsunamis más categóricas; en los que se incluyan datos de catastro, número de habitantes, análisis de

recurrencia tsunamigénica, puntos de refugio, hospitales, colegios, datos de suelo, etc. Afortunadamente, la representación gráfica de los modelos de inundación en Mapas digitales (SIG), permitirá la integración de estos datos, con toda la información necesaria para la realización de Mapas de Riesgo.

Bibliografía

- 1.- **Freeman. Co.** EARTHQUAKES, Fifth Edition 2006 Centennial UPDATE The Big One , Bruce A. Bolt
- 2.- **Pretince Hall** ANALISIS NUMERICO Y VISUALIZACION GRAFICA CON MATLAB, Shoichiro Nakamura
- 3.- **UNESCO** ITSU Training programme, Internacional Tsunami Information Centre
- 4.- **INOCAR** Estudio de los tsunamis en la Costa Sur del Ecuador, Patricia Arreaga
- 5.- **IOC** NUMERICAL METHOD OF TSUNAMI SIMULATION WITH THE LEAP-FROG SCHEME, C. Goto and Y. Ogawa, F. Imamura, IUGG/IOC Time Project IOC Manuals and Guides No. 35 UNESCO 1997 (English)
- 6.- **INOCAR / CICESE** MAPPING THE POSSIBLE TSUNAMI HAZARD, Patricia Arreaga, Modesto Ortiz
- 7.- **GEOS** ANALISIS DE RIESGO DE INUNDACION POR TSUNAMI EN PUNTARENAS, COSTA RICA, GEOS, Vol.21, No. 2, p. 108-113, M. Ortiz, M. Fernández-Arce y W. Rojas
- 8.- **IGEPN** EL SISMO DE BAHIA DEL 4 DE AGOSTO DE 1998: CARACTERIZACION DEL MECANISMO DE RUPTURA Y ANALISIS DE LA SISMICIDAD EN LA ZONA COSTERA, 2001 Mónica Segovia

⁽¹⁾El Sismo de Bahía del 4 de agosto de 1998: Caracterización del mecanismo de ruptura y análisis de la sismicidad en la zona costera, Mónica Segovia.

⁽²⁾The 12 Dic, 1953 Earthquake, Ms 7.3, Ecuador-Peru border region: A Case Study for Applying the New INQUA Intensity Scale, Kervin Chunga.

⁽³⁾Dato obtenido de la Base de Datos "Historical Tsunami Database for the Pacific, Novosibirsk Tsunami Laboratory".

⁽⁴⁾Evidence of a tsunami deposit from about 1250 yr B.P. Gulf of Guayaquil, Ecuador, Kervin Chunga, Jean Dumont, Diego Iturrlade, Martha Ordonez .

Estos estudios indican la existencia de restos de sedimentos depositados en Playas que, debido a la morfología costera fueron arrojados hasta esos lugares por el embate de un tsunami.

NANO PARTÍCULAS DE HIERRO AÑADIDAS AL OESTE DE LAS ISLAS GALÁPAGOS.

Por: N. Pazmiño ⁽¹⁾

Comunicados de la organización marítima internacional alertando sobre la manipulación del ecosistema con la introducción de nano partículas de hierro al océano son identificados en la publicación LC/SG 30/12/1 del 8 de Mayo del 2007, titulada:

“Desafiando soluciones de cambio climático con geoingeniería, necesidad urgente para detallar regulaciones internacionales para proteger el océano de una larga escala de los programas de fertilización del hierro”⁽²⁾.

En esta publicación se puede conocer que la compañía privada Planktos de los Estados Unidos intenta fertilizar 10000 Km² de un área al oeste de las Islas Galápagos, disolviendo hasta 100 toneladas de nano-partículas de hierro ³.

Posteriormente, el gobierno de Estados Unidos, el 1 Junio del 2007, emite un comunicado LC/SG 30/INF.28 explicando la existencia de proyectos de larga escala de manipulación del hierro en el océano, indicando que su gobierno no tiene la jurisdicción para regular este proyecto en otras jurisdicciones bajo la convención de Londres⁴.

Las investigaciones futuras serán efectuadas a bordo de un buque de bandera Americana en el altamar en áreas de alta productividad y bajos nutrientes.

De igual manera recomienda que cada Estado deba evaluar cuidadosamente estas actividades bajo su jurisdicción.

El hierro es un elemento necesario para actuar en las funciones celulares que incluyen la formación de clorofila importante pigmento durante el proceso de la fotosíntesis.

Proceso en el cual carbón inorgánico disuelto es fijado por fitoplancton, usando los rayos del sol, para la producción de carbón orgánico⁵.

Es bajo esta concepción que carbón inorgánico es absorbido y consumido durante el proceso de fotosíntesis y es entonces que el sistema busca mantener el equilibrio con la absorción de dióxido de carbono de la atmósfera al océano.

Este proceso no termina en este nivel, pues el carbón orgánico producido por el fitoplancton es consumido por otros organismos y por respiración regresa a su estado de dióxido de carbono.

Otra parte no absorbida de carbón orgánico por fitoplancton es carbón orgánico disuelto que a través de bacteria regresa al estado de dióxido de carbón.

Finalmente fitoplancton muerto, y sus desechos que forman parte del material orgánico son consumidos por bacteria y convertido en nutriente inorgánico y dióxido de carbón, este proceso es conocido como remineralización.

Todo el proceso de absorción y almacenamiento del dióxido de carbono es conocido como la bomba biológica y es parte del flujo de carbón en el océano.

Es la estimulación al flujo de carbón y la alteración a la bomba biológica, que puede ser enriquecida con el proceso de fertilización de hierro, la que con la absorción del dióxido de carbón puede estar relacionada a mitigar el cambio climático⁶.

Sin embargo todo este sistema de absorción de dióxido de carbón es altamente ineficiente por el

⁽¹⁾ Subcomisión Técnica de la Comisión Nacional del Derecho del Mar (INOCAR)

⁽²⁾ IMO E, SCIENTIFIC GROUP OF THE LONDON CONVENTION – 30th Meeting; and SCIENTIFIC GROUP OF THE LONDON PROTOCOL – 1st Meeting 18 – 22 June 2007, Agenda item 12, LC/SG 30/12/1, 8 May 2007, Challenging ‘geo-engineering solutions’ to climate change: The urgent need for detailed scientific scrutiny and international regulations to protect the oceans from large-scale iron fertilization programmes

⁽³⁾ LC/SG 30/INF.28 INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION; SCIENTIFIC GROUP OF THE LONDON; CONVENTION – 30th Meeting; and SCIENTIFIC GROUP OF THE LONDON PROTOCOL – 1st Meeting; 18 – 22 June 2007, Agenda item 12; 1 June 2007; ENGLISH ONLY ANY OTHER BUSINESS; Planktos, Inc., Large-scale Ocean Iron Addition Projects Submitted by the United States.

⁽⁴⁾ Convención para la prevención de contaminación marina por derramamiento de desechos y otros materiales añadidos al océano

⁽⁵⁾ Proceso conocido como producción primaria. En las áreas de afloramientos costeros en las costas oeste de América y África se estima en 0.8 Pg C año⁻¹

⁽⁶⁾ Allsopp M., Santillo D., Johnston P., 2007, scientific critique of oceanic iron fertilization as a climate change mitigation strategy.

cambio en la abundancia muy pequeña de este elemento en el fondo del océano.

La preocupación de efectuar estos estudios que alteran el medio natural, y que se dan en las aguas adyacentes a nuestra jurisdicción, pueden poner en riesgo la reserva marina de las Galápagos, por las condiciones oceanográficas en el área a 300 millas al Oeste de estas islas. Específicamente, el área influenciada por la Corriente Cromwell⁷ que fluye sub-superficialmente de Oeste a Este a través de la termoclina a lo largo de la línea ecuatorial puede afectar el ecosistema insular (Figura 1).

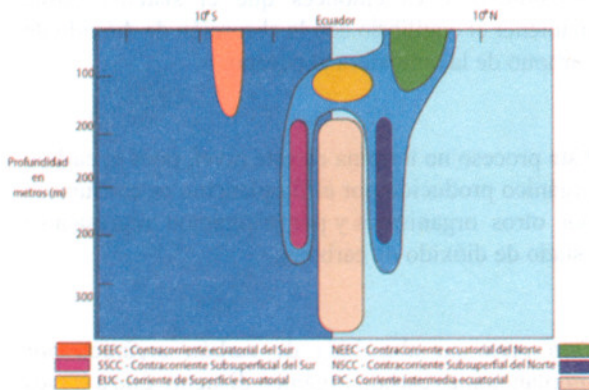


Figura 1. Distribución vertical de las corrientes oceánicas a lo largo del Ecuador. En círculo amarillo se encuentra la corriente de Cromwell o Contra-Corriente Ecuatorial Sub-Superficial (CESS).

Estas nano partículas de hierro podrían viajar a través de esta corriente, la cual en su curso produce una bifurcación de sus ramales por el contacto con la plataforma insular de las Galápagos. En condiciones normales la contra corriente ecuatorial sub superficial, produce un afloramiento al Oeste de Galápagos, que provoca un enriquecimiento de las aguas superficiales entre las Islas Fernandina e Isabela dirigiéndose el noroeste. Estas condiciones oceanográficas crean un ambiente biológico marino de interés por la confluencia de sub-ambientes producidos por distintas corrientes, la corriente ecuatorial del Sur, y los ramales de Cromwell, que permiten coexistir pingüinos y lobos marinos con bancos de coral en las Galápagos. Si se altera este medio natural los ambientes y comunidades de especies diferentes que se complementan con la biodiversidad marina existente podrían ser afectados.

El interés de realizar los estudios de fertilización de hierro a lo largo de la línea ecuatorial se da por ser reconocido como un sector de alta cantidad de nutrientes y baja clorofila. La explicación para esta dualidad esta siendo analizada y uno de las hipótesis

es falta de ciertos nutrientes en el agua como el hierro. Bajo este esquema se ha planteado la fertilización de nutrientes añadiendo el elemento hierro, cuya deficiencia en esta agua existe y con su manipulación se espera resultados de incremento de phytoplankton y absorción de dióxido de carbono de la atmósfera al océano.

El inicio de estos estudios es en 1988, Martin y Fitzwater, demostraron el crecimiento del fitoplankton analizando clorofila-a estimulada por hierro. Sin embargo, este crecimiento en biomasa tiene otras variables que juegan un rol como la limitación de la luz y el comportamiento en la cadena alimenticia de las especies⁸. Estas variables condicionan los resultados de una serie de estudios de fertilización del hierro en varios lugares del planeta (tabla 1) cuya ubicación espacial es indicada en la figura 2.

No.	Acronimo	Region	Lat.	Lon.	Meses	Año
1	IronEx-1	east equatorial Pacific Ocean	-0,5	-0,90	10,11	1993
2	IronEx-2	east equatorial Pacific Ocean	-0,4	-105	5,60	1995
3	SOIREE	Southern Ocean (Australian sector)	-61	140	2,00	1999
4	CARUSO/EisenEx	Southern Ocean (Atlantic sector)	-48	0,21	11,12	2000
5	SEEDS	northwest Pacific Ocean	49	165	7,00	2001
6	SOFeX-North	Southern Ocean (Pacific sector)	-56	-172	1,2	2002
7	SOFeX-South	Southern Ocean (Pacific sector)	-66	-172	1,2	2002
8	SERIES	northeast Pacific Ocean	50	-145	7	2002
9	EIFEX	Southern Ocean	-50	0,02	2,3	2004
a	GreenSea 1	Gulf of Mexico			1	1998
b	GreenSea 2	Gulf of Mexico			5	1998

Tabla 1. SITIOS DE EXPERIMENTOS. Número, Nombre, Posición, Meses por Número, y Año de los Nueve en Posiciones de Experimentos de enriquecimiento del Hierro en Aguas de Alta productividad baja clorofila. Modificada de Hein J. 2005.



Figura 2. Fertilización del hierro. Ubicación geográfica de experimentos de manipulación del hierro

El resultado de estos experimentos, en diferentes áreas, produce una dificultad al correlacionarlos para una correcta evaluación, pues las variables físicas como la profundidad de la capa de mezcla varía en cada uno de los sitios, produciendo distinta cantidad de luz penetrada en cada sector.

⁽⁷⁾ Conocida también como Contra-Corriente Ecuatorial Sub-Superficial (CESS), es una corriente sub-superficial angosta y de relativamente poco espesor]

⁽⁸⁾ Hein J., et al.,2005; Synthesis of iron fertilization experiments: From the Iron Age in the Age of Enlightenment., Journal de Geophysical Research, Vol. 110, C09S16

Así también, el cambio de las temperaturas superficiales es otra variable que produce distintas reacciones en el phytoplankton. Estas son consideraciones que influyen en el crecimiento de la biomasa producida por el crecimiento de diatomos⁹ que son producto de la estimulación del hierro.

Las comunidades de fitoplancton cambian de una especie pequeña dominante a una dominada por diatomos¹⁰ creando con esta variación cambios en la cadena alimenticia y produciendo impacto en el ecosistema.

Adicionalmente los efectos en la cadena trófica no este bien determinado, pues existe una aceleración de la biomasa lo cual genera una producción adicional de paletas fecales que provocan un rápido flujo del hierro al fondo del océano. Así también no se ha analizado a las especies que forman parte de la cadena trófica, estas conforman la biomasa y se componen de varias especies con diferentes características físicas, conductas y preferencias que pueden incrementar o reducir la cantidad de células suficientes en el siguiente eslabón de la cadena trófica y alteran el equilibrio.

Lo expuesto nos permite tener una idea de la complejidad del ecosistema marino y considerar que los cambios ecológicos alterados a este sistema natural deben ser correctamente analizados. Específicamente, en lo relacionado a que el incremento de hierro puede generar temporalmente una zona de alta productividad, phytoplankton bloom, que puede secuestrar el dióxido de carbono de la atmósfera y bajo este esquema podría ayudar a mejorar los niveles de dióxido de carbón durante su permanencia, sin embargo hay otras consideraciones a tomar en cuenta como son los impactos del hierro añadido que no todo es absorbido por el fitoplancton. Adicionalmente, se debe conocer cual es el impacto de otros elementos y su potencialidad de absorción de estos cuando son añadidos con el hierro. Posteriormente, los impactos por la descomposición de las bacterias como resultado de la presencia temporal de este sistema de alta productividad que pueda afectar o modificar el medio ambiente que necesitan ser correctamente analizados.

Lo anteriormente expuesto en relación al enriquecimiento de hierro son partes importantes del problema de su manipulación que se debe conocer cuando se disponga de información con estudios técnico científicos que permitan entender los impactos por el daño al ecosistema, la re-distribución

de nutrientes, la creación de zonas anóxicas y la posible tendencia hacia un incremento en la acidez del océano. Es decir que a la comunidad científica le debe interesar la comprensión del enriquecimiento de hierro en el océano con fines a entender cambios en los procesos físicos y ecológicos, y al estudio del paleoclima del océano, antes que dar prioridad a una potencial solución del cambio climático.

Otro aspecto importante a tomar en cuenta es que a pesar de que existen previos experimentos con menor cantidad de hierro (IRONEX I y II) con resultados preliminares se debe evitar alterar el medio natural con la cantidad de hierro propuesta con fines comerciales y mas bien buscar medios normales de reducción de dióxido de carbono de sus fuentes y no tratar de manipularlo desde el océano.

⁹⁾ Boyd, P. et al. 2000, Phytoplankton bloom upon mesoscale iron fertilization of the Southern Ocean Waters. Nature, 407, 695-702.

¹⁰⁾ Fitoplancton de gran tamaño

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DE LAS AGUAS MARINO COSTERAS DEL AREA DE CALETA AEOLIAN, ISLA BALTRA - PROV. DE GALAPAGOS, SEPTIEMBRE- 2006.

Por: María del Carmen Gamboa ⁽¹⁾

Resumen

El trabajo se realizó en el área de Caleta de Aeolián en la Isla Baltra durante Septiembre del 2006, se establecieron 14 estaciones distribuidas en 5 perfiles perpendiculares a la costa.

Durante el estudio se observó que las aguas marino costeras no presentan problemas de contaminación en base a las características físicas, químicas y microbiológicas del área. Se aprecia poca influencia antropogénica lo cual se refleja en la ausencia de coliformes fecales y material orgánico, además aguas con un buen grado de oxigenación y con bajo contenido de nutrientes pues se trata de aguas superficiales.

Por las actividades que se realizan propias del lugar, se logra observar presencia de hidrocarburos de petróleo, pero tales valores registrados se encuentran por debajo del nivel permisible establecidos en la Legislación Ambiental Ecuatoriana.

Abstract

The present work was made in the area of Caleta Aeolián in Baltra Island during September of the 2006, were programmed 14 stations distributed in 5 perpendicular profiles to the coast.

During the study it was observed that the marine coastal waters, there are not problems of contamination on the basis of the environmental characteristics of the area. A little anthropogenic influence is observed, which is reflected in the absence of fecals coliforms and organic material, in addition waters with a good degree to oxygenation and low content of nutrients because it is superficial waters.

By the activities that are made own of the place, it is observed the petroleum hydrocarbon presence, but such registered values are below the permissible level established in the Ecuadorian Environmental Legislation.

⁽¹⁾ Instituto Oceanográfico de la Armada, INOCAR, Av. 25 de Julio Base Naval Sur, P.O. Box 5940 Guayaquil-Ecuador

Introducción

La Isla Baltra tiene una superficie de 27 km² y una altitud máxima de 100 metros. Posee una flora silvestre desértica en su mayoría poblada de cactus. Baltra está separada de Santa Cruz por el Canal de Itabaca de apenas unos 150 metros. (MIDEMA, 2007)

Los sectores de la Isla Baltra son parte de las áreas protegidas que son manejadas y administradas por la Dirección del PNG. Baltra es considerada como una Zona de conservación y restauración de ecosistemas en la que se incluye una zona de reducción de impacto de acuerdo al sistema de zonificación del PNG.

En este lugar se realizan actividades de abastecimiento de combustible el cual sirve para toda el área de Galápagos en vista que funciona el Terminal Petrolero de Petrocomercial. Además por las condiciones de logística que brinda el lugar se lo utiliza para fondeadero de embarcaciones turísticas.

Existe poca información sobre estudios realizados en esta isla, un informe técnico de INOCAR, 2005, describe que el interior de la bahía de Baltra muestra concentraciones ligeramente elevadas de hidrocarburos del petróleo como producto probablemente de las maniobras de abastecimiento de combustible y al gran número de embarcaciones presentes en el área, sin embargo, la zona no presenta mayores problemas de contaminación.

De manera general, Rodríguez y Valencia, (2000), dieron a conocer la calidad de las aguas costeras insulares de 5 bahías (Naufragio, Academia, Darwin Puerto Velasco Ibarra y Puerto Villamil, indicando que existe buena calidad desde el punto de vista hidroquímico, no observándose problemas de contaminación ni por microorganismos patógenos ni por hidrocarburos del petróleo, ya que tales sustancias se encuentran por debajo de los niveles permisibles de la Legislación ecuatoriana.

El presente trabajo da a conocer las condiciones ambientales actuales en que se encuentran las aguas costeras en Caleta Aeolián de la Isla Baltra, a fin de contribuir a futuras investigaciones.

Área de Estudio

El área está localizada en Caleta Aeolián al oeste de la Isla Baltra.

Se establecieron 14 estaciones de muestreo, distribuidas en 5 perfiles que comprenden el sector interno y externo de la isla, entre Punta Cucube y Punta Luna (Fig. 1).

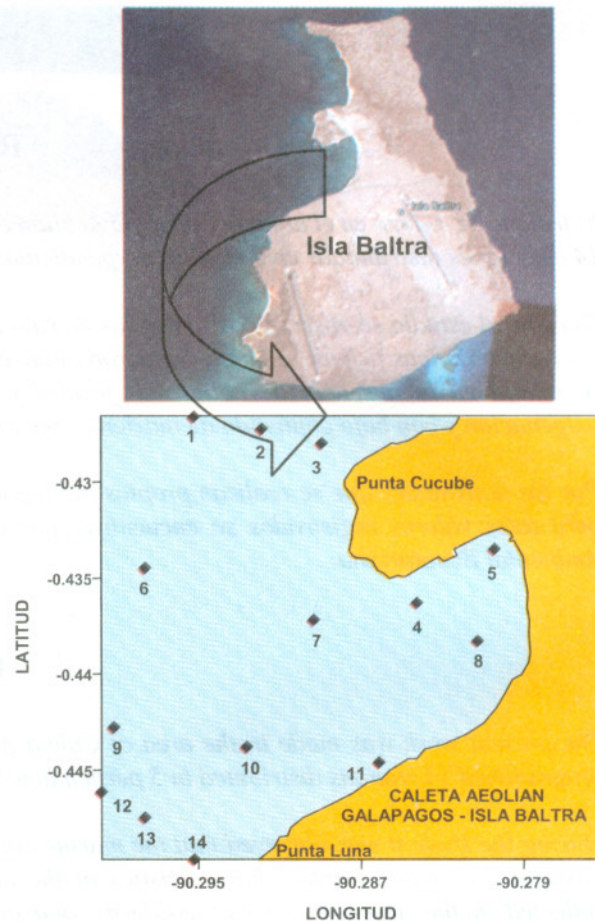


Figura 1 Área de Estudio

Materiales y Métodos

Se tomaron muestras de agua a nivel superficial en dos estados de marea (flujo - reflujo), utilizando una botella Van Dorn de 2 litros de capacidad, para análisis de Oxígeno disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno y nutrientes inorgánicos.

Se realizaron mediciones de temperatura, potencial de hidrógeno (pH) y salinidad in situ, utilizando equipos tales como, Salinómetro y Potenciómetro portátil de la marca WTW, debidamente calibrados con solución estándar de salinidad (CINa) y soluciones buffer (pH 4, 7 y 10) respectivamente.

Se tomaron muestras de agua para Hidrocarburos de petróleo en botellas de vidrio de color ámbar previamente tratadas con solventes orgánicos y para microbiología en frascos estériles.

Se aplicaron metodologías de análisis descritas del Manual de Técnicas de Strickland y Parsons, 1972, para Oxígeno Disuelto, Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5), Nitrato, Fosfato, Silicato; Standard Methods edición No. 21, 2002 para Coliformes Totales y Fecales y Manual de CARIPOL aplicado en el "Plan de Acción para el Pacífico Sudeste PNUMA - CPPS para Hidrocarburos de Petróleo Disueltos y Dispersos.

Evaluación de los Resultados

Temperatura

La distribución superficial de la temperatura en la isla registró valores que fluctuaron desde 22.5 a 24.0°C durante el flujo, mientras que en reflujo la temperatura

fluctuó desde 21.5 a 24.5°C notándose poca variación térmica.

Se observa en ambos estados de marea presencia de pequeños núcleos con temperaturas mínimas y máximas ubicados en el extremo sur de la isla que por influencia de la marea avanza hacia el interior de la isla debido a la dinámica de sus aguas Fig. 2

Salinidad

Este parámetro se presentó entre 34.5 a 34.8UPS en flujo y en reflujo de 34.7 a 34.9UPS, se observa un comportamiento bastante homogéneo a nivel superficial, reflejando poca variación espacial pues los valores obtenidos son típicos de aguas marinas. Fig. 2

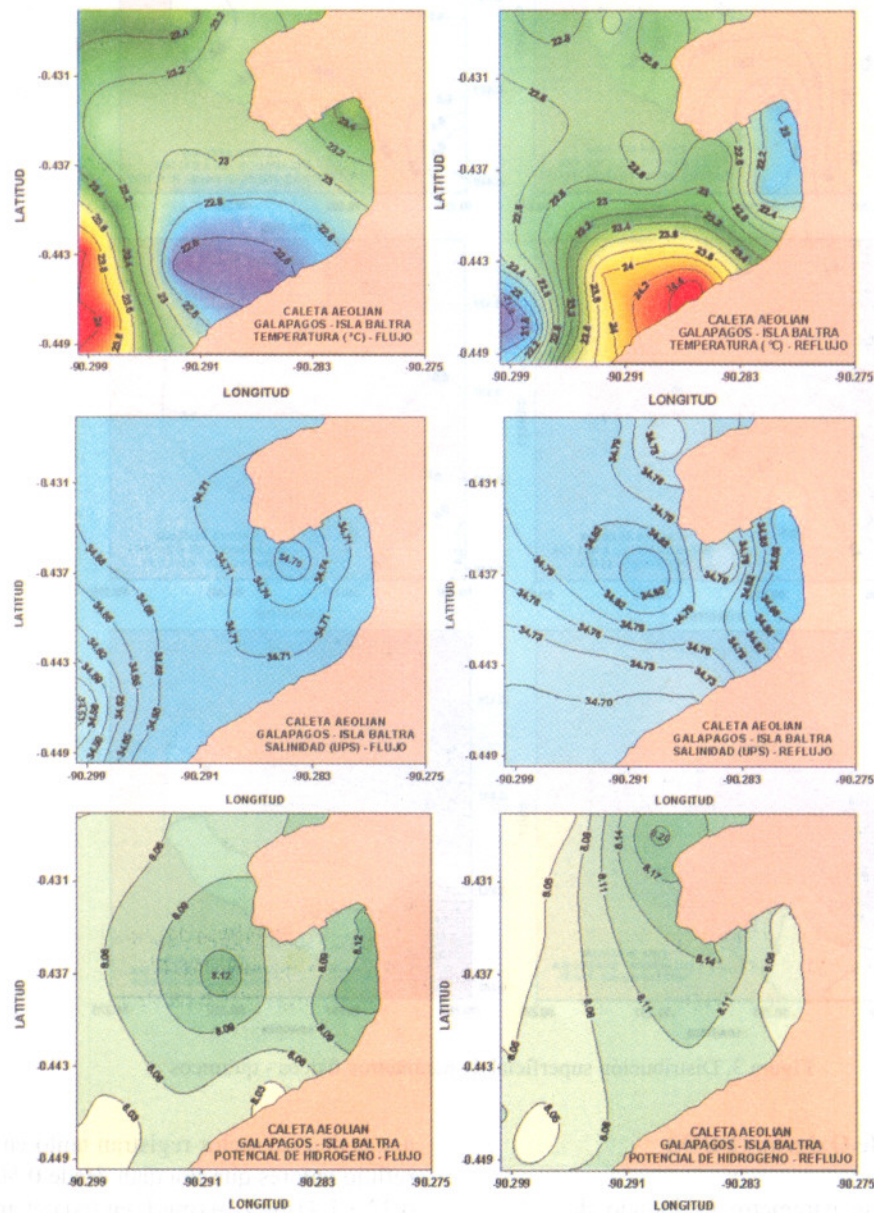


Figura 2. Distribución superficial de parámetros físicos - químicos

Potencial de Hidrógeno (pH)

Se observa a nivel superficial aguas con valores que fluctúan desde 8.00 a 8.14 en flujo y 8.02 a 8.21 en reflujo. En ambos estados de marea, se observó que los menores valores se encontraron hacia el sur de la bahía y los mayores en el centro y norte de la isla. Fig. 2

Oxígeno Disuelto

Este parámetro presentó concentraciones que van desde 6.25 a 7.07mg/l en flujo y 6.05 a 7.5mg/l en reflujo, lo cual indica buena oxigenación de las aguas. De manera general se observa para ambos estados de marea un comportamiento homogéneo, además las concentraciones registradas se encuentran por encima del nivel máximo permisible (5mg/l) de acuerdo con la Legislación Ambiental Ecuatoriana del Texto Unificado. Fig. 3

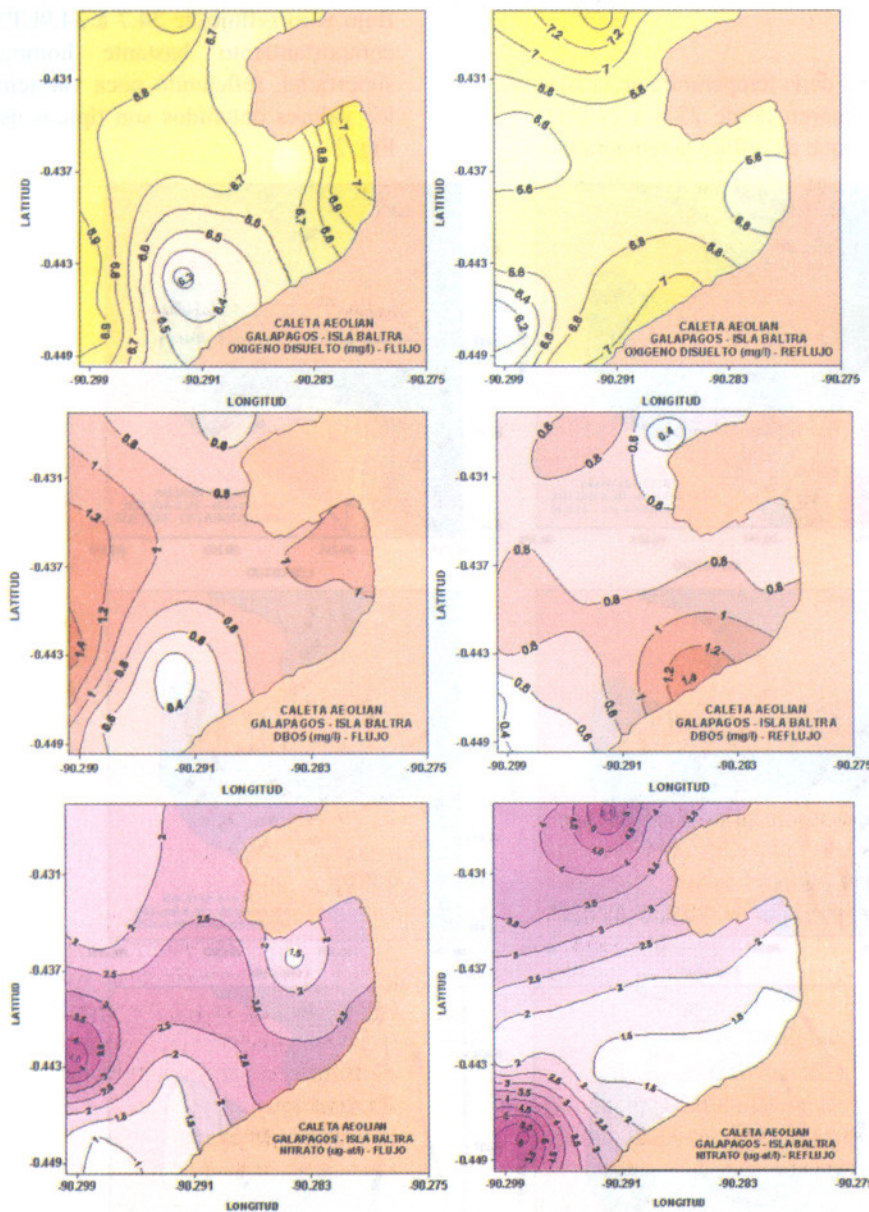


Figura 3. Distribución superficial de parámetros físicos - químicos

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Los valores altos de este parámetro es indicio de contaminación por desechos orgánicos, por lo que las

aguas de este sector registran tanto en flujo como en reflujo valores que fluctúan desde 0.50 a 1.48mg/L y 0.32 a 1.41mg/L .41mg/L en toda el área estudio con relación al 20% de remoción de materia orgánica

Los valores se encuentran por debajo del límite permisible de acuerdo con la Legislación Ambiental Ecuatoriana. Fig. 3

Nitrato

Los compuestos nitrogenados en forma de iones nitrato presenta valores de 0.95 a 4.54ug-at/l en flujo, observándose que la mayor concentración se localiza hacia el sector externo de la isla y la menor hacia el extremo opuesto, mientras que, en reflujó este parámetro presenta un ligero incremento con valores de 1.38 a 6.24 ug-at/l, lo cual se localiza hacia el norte y sur de la isla, probablemente por la dinámica de las aguas de la zona. Fig. 3

Fosfato

La distribución superficial de este nutriente se muestra con valores que van desde 0.048 a 0.242 ug-at/l en flujo, notándose que las menores concentraciones se localiza en la zona sur del área (Est. 8, 9, 10, 12, 13 y 14) y las mayores en la zona norte de la isla (Est. 1, 2, 3 y 4). En cuanto al reflujó se registran valores ligeramente mayores que van desde 0.097 a 0.436 ug-at/l, observándose que las menores concentraciones se localizan en la zona interna de la isla (Est. 4 y 5), mientras que las mayores se ubican en la zona sur del área en estudio (Est. 11, 12, 13 y 14).

Fig. 4

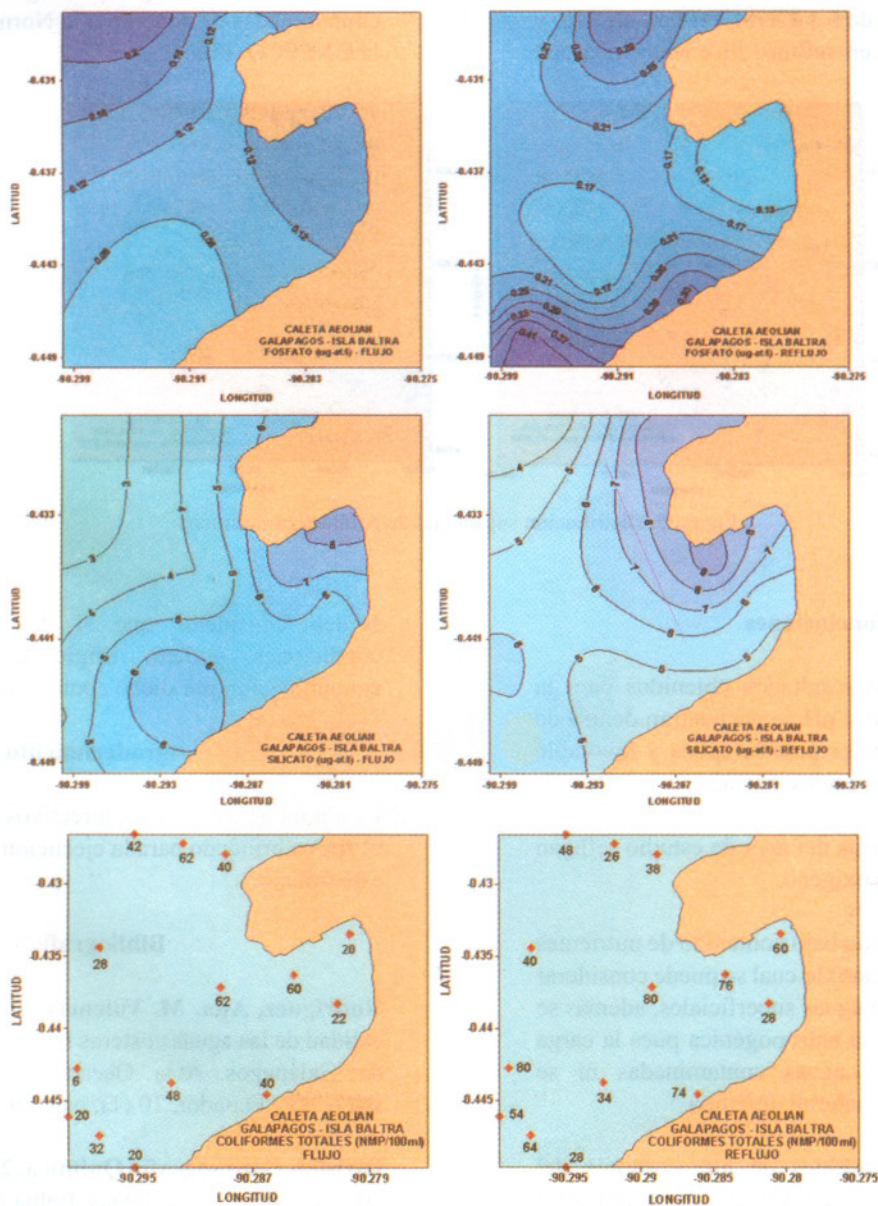


Figura 4. Distribución superficial de parámetros químicos - microbiológicos

Silicato

Este parámetro presenta concentraciones que van desde 2.6 a 8.6ug-at/l en flujo y 3 a 9.6 ug-at/l en reflujos. Las mayores concentraciones en flujo se localizan en el sector interno y un pequeño parche que se observa en el sector sur; así mismo para el reflujos las mayores concentraciones se ubican desde el sector interno hacia el norte de la isla. En lo que respecta a las menores concentraciones estas se observan hacia el noroeste del sector externo de la isla para ambos estados de marea. Fig. 4

Parámetros Microbiológicos

Las aguas superficiales registran presencia de bacterias del grupo coliformes totales, los valores encontrados fluctúan de 6 a 62NMP/100ml en flujo y 26 a 80NMP/100ml en reflujos. En cuanto, al grupo

coliformes fecales hay ausencia en toda el área muestreada, lo que indica de esta manera aguas libres de contaminación fecal. Los valores encontrados para ambos grupos están por debajo del límite máximo permisible (200NMP/100ml) de acuerdo con la Legislación Ambiental para aguas marinas. Fig. 4

Hidrocarburos Disueltos y Dispersos

Los valores obtenidos con relación a este parámetro son heterogéneos en todo el área superficial en ambos estados de marea, los cuales van desde 0.02 – 1.02ug/l en flujo y 0.01 y 1.31 ug/l en reflujos. El área muestra pequeños parches de hidrocarburos de petróleo en la zona suroeste de la isla (flujo) y al norte (reflujos). Los valores registrados se encuentran por debajo del límite máximo (10 ug/l) para aguas superficiales no contaminadas de acuerdo a la Norma establecida por la UNESCO. Fig. 5

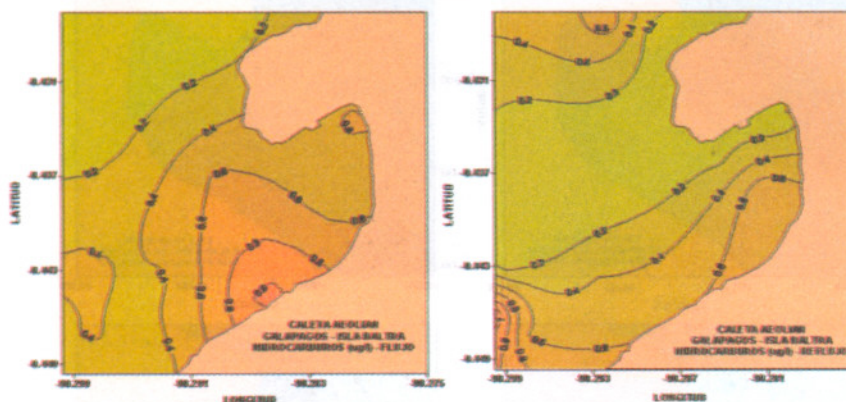


Figura 5. Distribución superficial de parámetros químicos

Conclusiones

- Se observa que los resultados obtenidos para la temperatura, salinidad y pH se encuentran dentro de las condiciones normales para la época y favorable para el desarrollo de especies marinas.
- Las aguas superficiales del área de estudio reflejan un buen contenido de oxígeno.
- Se evidencia aguas con bajo contenido de nutrientes (nitrato, fosfato y silicato) lo cual se puede considerar normal por tratarse de aguas superficiales, además se observa poca influencia antropogénica pues la carga bacteriana no refleja aguas contaminadas ni se observa presencia de material orgánico.
- La presencia de residuos de hidrocarburos del petróleo se presenta normal debido a las actividades de desembarque de combustible y fondeadero turístico que se desarrolla en la isla, pero

se debe considerar que si de mantenerse estas condiciones pudiera originarse a futuro una contaminación por dicho contaminante.

Agradecimiento

La autora agradece a los directivos del INOCAR por el apoyo brindado para la ejecución y publicación de este trabajo.

Bibliografía

Rodríguez, Ana. M. Valencia, 2000. Estudio de la calidad de las aguas costeras Insulares en la Provincia de Galápagos. Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, Ecuador, 10 (1), pag. 79 – 94.

División Oceanografía Química, 2005. Condiciones Hidroquímicas de las aguas Bahía Aeolián en Baltra. Informe Técnico, INOCAR.

J.D.H. Strickland & T.R. Parsons, 1972. A Practical Handbook os Sea Water Analysis.

Ministerio del Ambiente, 2006. Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria actualizado a julio 2006,

APHA, Standard Methods for the examination of water and wastewater. 21st Edition. Washington, 2005.

<http://www.midena.gov.ec/> (30-Julio-2007)

PRESENCIA DE HIDROCARBUROS DEL PETROLEO DISUELTOS Y DISPERSOS EN EL AREA DE MONTEVERDE, NOVIEMBRE DEL 2006.

Por: Antonio Rodríguez ⁽¹⁾

Resumen

En el presente trabajo se presentan los resultados de los análisis de Hidrocarburos Disueltos y Dispersos en aguas superficiales en la zona de Monteverde durante noviembre de 2006.

Se establece que las concentraciones registradas de Hidrocarburos Disueltos y Dispersos son bajas en todas las estaciones muestreadas en dicha localidad, las mismas que se encuentran por debajo de 10 ug/l de U de Criseno establecido por la UNESCO para agua de mar.

Abstract

In the present work results of solved and spread hydrocarbons analysis on surface waters in the zone of Montverde during November 2006, are presented.

It is established that the registered concentrations of solved and spread hydrocarbons are low in all the sampled stations of the mentioned area, because they are below 10 ug/l U of Crisene, established by UNESCO for sea water.

Introducción

En nuestros días, existe un peligro real para los mares y océanos de contaminación por petróleo, ante todo por el aumento del volumen del petróleo y derivados transportados. Si en 1930 el volumen transportado por mar en el mundo fue de 84 millones de toneladas, en estos momentos esta alcanzando los 4 mil millones de toneladas. Teniendo en cuenta la intensidad del transporte de petróleo crudo y refinado, se puede afirmar que en el día, de una u otra forma se arrojan al océano mundial alrededor de 16 mil toneladas de petróleo.

Las cifras anteriores nos pueden dar aproximadamente el monto de la importancia que tiene los estudios de contaminación por petróleo para la defensa del mayor potencial de alimentación que le queda la humanidad, el Océano Mundial.

Además del aporte de hidrocarburos petrogénicos ocasionado por la manipulación del petróleo por el hombre, existen otras fuentes como los infiltrados de modo natural en el fondo del mar, y los hidrocarburos producidos por los propios organismos o biogénicos. Boletín Científico CCCP No.-1.

Los hidrocarburos disueltos-dispersos en aguas costeras del Ecuador han sido estudiados desde 1984 por diferentes instituciones dentro del Proyecto CPPS/PNUMA en distintas áreas marino-costeras y en el estuario del Río Guayas, encontrándose en 1987- 1988 un rango de promedios de 03,-1.9 µg/l (Ramorino, 1989); el menor promedio corresponde al estuario del Río Guayas y el mayor a Puerto Bolívar. Trabajos del INOCAR, INP y los desarrollados en el PMRC permiten señalar que los hidrocarburos en el agua costera en 1986-1989 estuvieron dentro de los límites naturales. PMRC 1993

⁽¹⁾ Instituto Oceanográfico de la Armada, INOCAR, Av. 25 de Julio Base Naval Sur, P.O. Box 5940 Guayaquil-Ecuador

El presente estudio tiene la finalidad de determinar y evaluar en forma objetiva y sistemática, la influencia de la marea (Flujo y Reflujo), sobre la concentración de hidrocarburos disueltos y dispersos. que es un parámetro de índice de contaminación sobre la salud de un ecosistema marino costero.

Área de Estudio

El área de estudio comprende la zona marino costera cercana a la población de Monteverde en las coordenadas geográficas 2°02'48.00"S, 80°44'49.99" W y 2° 04' 30.00" S, 80° 44' 27.99" .este trabajo fue realizado en noviembre de 2006. En este sitio se encuentra un muelle utilizado como atracadero de embarcaciones menores.

Materiales y Metodo

Las muestras fueron tomadas a nivel superficial en los dos estados de marea (flujo y reflujo) utilizando un muestreador de acero, dispositivo que consiste en un soporte pesado, con una botella de vidrio de color ámbar de 1 galón previamente tratada con solventes orgánicos. Se establecieron un total de diez y tres estaciones, por el sector del muelle de IMPECA y cinco que corresponde a la zona intermareal. Fig. 1

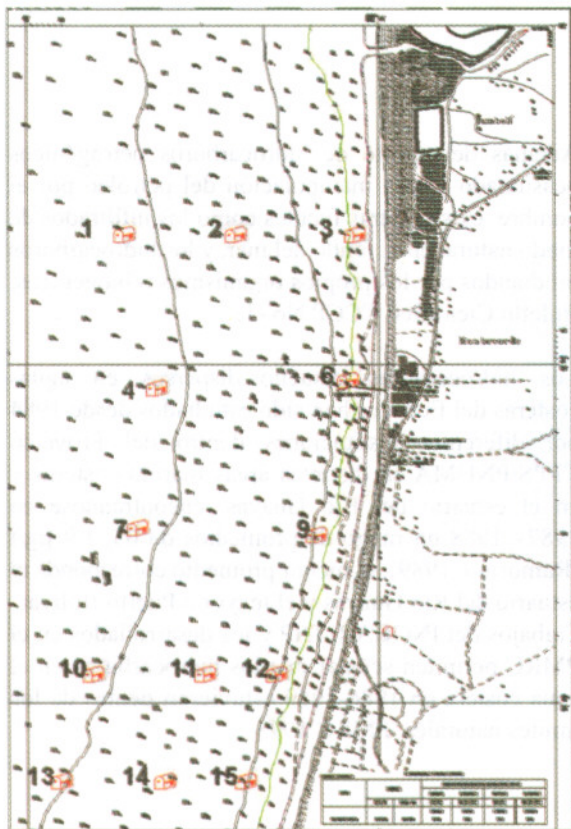


Figura 1. Ubicación de Estaciones de muestreo en el área de Monteverde

Para el análisis de hidrocarburos se utilizó el método espectrofluorometrico, utilizando n-Hexano como extractor y criseno como patrón de comparación, (Método sugerido en el Manual de CARIPOL y aplicado en la Plan de Acción para el Pacífico Sudeste PNUMA-CPPS).

Rango: 0.1-10 ppb.

Discusión y Resultados

En la tabla número 1, 2 y 3 se muestran los resultados de las concentraciones de hidrocarburos disueltos y dispersos en aguas.

SECTOR DEL MUELLE DE IMPECA

Concentracion de Hidrocarburos disueltos y Dispersos

TABLA 1

ESTACION	ESTADO DE MAREA	HDD
4	FLUJO	0.084
6	FLUJO	0.206
7	FLUJO	0.208
9	FLUJO	0.167
10	FLUJO	0.058
11	FLUJO	0.036
12	FLUJO	0.074
4	REFLUJO	0.353
6	REFLUJO	0.494
7	REFLUJO	0.293
9	REFLUJO	0.122
10	REFLUJO	0.059
11	REFLUJO	0.372
12	REFLUJO	0.531

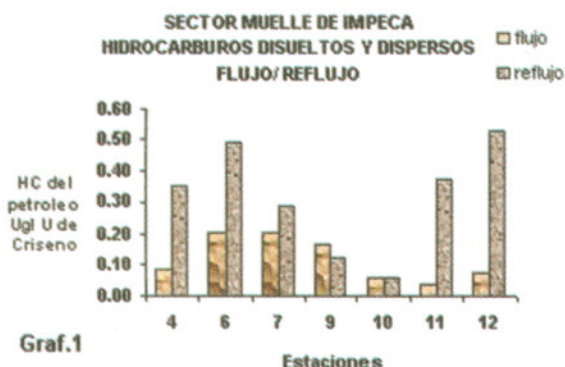
TABLA 2

ESTACION	ESTADO DE MAREA	HDD
1	FLUJO	0.04
2	FLUJO	0.189
3	FLUJO	0.12
13	FLUJO	0.096
14	FLUJO	0.108
15	FLUJO	0.376
1	REFLUJO	0.429
2	REFLUJO	0.28
3	REFLUJO	0.244
13	REFLUJO	0.404
14	REFLUJO	0.22
15	REFLUJO	0.257

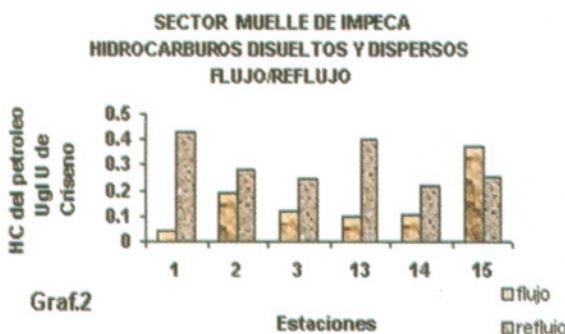
TABLA 3

ESTACION	ESTADO DE MAREA	HDD
16	FLUJO	0.204
17	FLUJO	0.098
18	FLUJO	0.661
19	FLUJO	0.139
20	FLUJO	0.239
16	REFLUJO	0.419
17	REFLUJO	0.29
18	REFLUJO	0.217
19	REFLUJO	0.232
20	REFLUJO	0.291

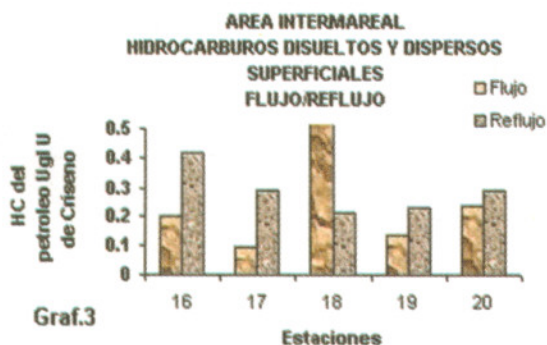
En el sector del muelle de IMPECA Graf.1 las mayores concentraciones de hidrocarburos disueltos y dispersos en aguas se registraron en las estaciones 4, 6, 7, 11 y 12 en el estado de marea de reflujo de 0.293 - 0.591 ug/l en U. Criseno. La estación 9 y 10 presentaron concentraciones bajas en comparación con los valores encontrado en flujo 0.036 - 0.208 ug/l en U.



Graf.1



Graf.2



Graf.3

En el sector del muelle de IMPECA Graf 2 la concentración de hidrocarburos disueltos y dispersos en flujo registra un mínimo de 0.040 y un máximo 0.257 ug/l en U. de criseno, mientras que en el reflujo la concentración se incrementa con rangos entre 0.22 - 044 con el máximo ubicado en la estación 1 y el mínimo en la 3.

En el área intermareal Graf. 3 la mayor concentración de hidrocarburo se registra en las estaciones 16, 17, 19 y 20 en reflujo a excepción de la estación 18, con rangos comprendidos entre 0.23 - 0.41 ug-/l en U Criseno con el máximo ubicado en la estación 1, en relación con las menores concentraciones en flujo que fluctúan entre 0.09 - 0.23 ug-/l en U.

La mayoría de las muestras analizadas presentan presencia de hidrocarburo en el sector costero de Monteverde, en mayor o menor grado, lo cual, a largo plazo puede causar un daño ecológico para el ecosistema costero.

Monteverde, en mayor o menor grado, lo cual, a largo plazo puede causar un daño ecológico para el ecosistema costero.

Conclusiones

En forma general se determino que los estados de marea (flujo y reflujo) ha influido en la concentración de los hidrocarburos disueltos y dispersos ya que presentaron las más altas concentraciones en aguas de reflujo, los valores encontrados están por debajo del nivel permisible (10 ug-/l) establecidos en la norma UNESCO 1976, como máximo para agua superficiales libres de contaminación por hidrocarburos.

Recomendaciones

Realizar programa de monitoreo de hidrocarburos en el Litoral ecuatoriano y de esta forma crear las bases par estudios posteriores.

Realizar estudios y control sobre vertimientos de derivados del petróleo como aceites lubricantes, diesel, gasolina, de los terminales marítimos que realizan actividades hidrocarburiíferas y que generan este tipo de residuos, especialmente los buques tanqueros y comerciales.

Bibliografía

CIOH 1994. Manual de técnicas de análisis de contaminantes marinos.

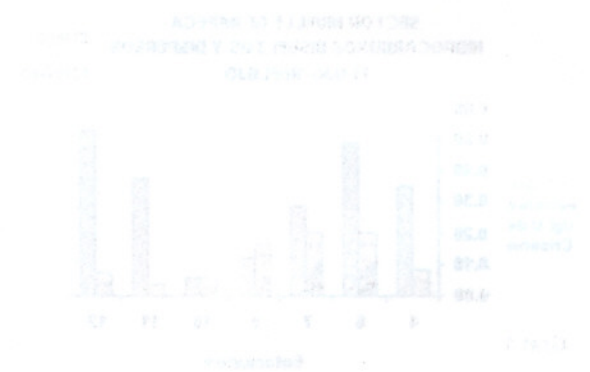
CPPS 1981. Fuente Niveles y efectos de la contaminación marina en el Pacífico Sudeste.

Boletín Científico CCCP (Centro de Control de Contaminación del Pacífico) Pág.41-54.

PMRC (Programa de Manejo de Recursos Costeros). Estudio de la Calidad del agua costera Ecuatoriana. 1993.Pág. 1-32

ESTACION	REPTIJO	REPTIJO	REPTIJO	REPTIJO	REPTIJO	REPTIJO	REPTIJO	REPTIJO
18								
17								
16								
15								
14								
13								
12								
11								
10								
9								
8								
7								
6								
5								
4								
3								
2								
1								

En el estudio se analizaron los niveles de hidrocarburos disueltos en las estaciones 1 a 18, durante el periodo de tiempo de 0 a 24 horas, en las estaciones 9 y 18, presentando los resultados en forma de gráficos de barras.



LA ARMADA AVANZA EN LA GESTIÓN AMBIENTAL DE SUS REPARTOS: PROYECTO J012024. 2004-2007.

Por: Sonia Recalde⁽¹⁾

Resumen

El Plan Estratégico Institucional propone el proyecto "Gestión Ambiental de la Armada". Este proyecto considera la necesidad de estudiar y elaborar un Diagnóstico Ambiental de los Repartos Navales necesario para la implementación de las Auditorías Ambientales que debe realizar el Inspectoría General de la Armada (INSGAR) a fin de desarrollar una Armada moderna, eficiente y capaz de enfrentar las políticas ambientales nacionales.

Desde el 2004 al 2007 se inspeccionan y realiza el Diagnóstico Ambiental con su respectivo Plan de Manejo Ambiental a 14 repartos de la Fuerza Naval que tiene en la costa y región insular. Su implementación es responsabilidad de cada reparto y las auditorías de cumplimiento a cargo de la INSGAR.

Se describe los trabajos y parámetros que se analizaron en los repartos navales y el alcance del Plan de Manejo, concluyendo que los mayores problemas ambientales que se tienen son: la conciencia ambiental de la población, el manejo de agua y de desechos sólidos. En áreas protegidas se adiciona la presencia y control de especies introducidas.

Abstract

The Institutional Strategic Plan proposes the project "Environmental Administration of the Navy". This project considers the necessity to study and elaborate an Environmental Diagnosis of the Navy Base for the implementation of the Environmental Protection Plans that the INSGAR should carry out in order to develop a modern, efficient and able Navy of facing the national environmental politics.

From the 2004 at the 2007 are inspected and carries out the Environmental Diagnosis with their respective Environmental Protection Plans to 14 Navy Bases that has in the coast and insular region. Their implementation is responsibility of each Bases and the execution of the audits is in charge of the INSGAR.

This article describes the works and parameters that were analyzed in the Naval Base and the reach of the Handling Plan, concluding that the biggest environmental problems that they had are: the population's environmental conscience, the handling of water and of solid waste. In protected areas we have to include the presence and control of introduced species.

⁽¹⁾ Instituto Oceanográfico de la Armada, INOCAR, Av. 25 de Julio Base Naval Sur, P.O. Box 5940 Guayaquil-Ecuador. inocar@inocar.mil.ec

Antecedentes:

La Constitución de la República (R.O. 1 del 11 de Agosto de 1998) determina el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, y es deber del Estado velar para que este derecho no sea afectado y garantizar la preservación de la naturaleza. Adicionalmente, la Política Ambiental Básica del Estado textualmente dice: "Todo habitante en el Ecuador y sus instituciones y organizaciones públicas y privadas deberán realizar cada acción, en cada instante, de manera que propendan simultáneamente a ser socialmente justa, económicamente rentable y ambientalmente sustentable". La ley Orgánica de la Contraloría General del Estado (junio 2002) menciona que el examen y evaluación de los aspectos ambientales, forman parte de la fiscalización o auditoría externa que se realiza a una institución ejecutora de proyectos y programas con impacto ambiental y en consecuencia, le son aplicables las normas técnicas que rigen a esta clase de auditorías, complementadas con normas específicas de materia ambiental. Los Estudios de Impacto Ambiental (EsIA) consisten en una estimación predictiva o una identificación presente de los daños o alteraciones ambientales, con el fin de establecer las medidas preventivas, las actividades de mitigación y las medidas de remediación de impactos ambientales producidos por una probable o efectiva ejecución de una actividad.

A fin de cumplir lo estipulado en la Constitución de la República y cubrir las expectativas de la Contraloría General del Estado, la Armada se propuso realizar un estudio que permita conocer la situación ambiental de las Base Navales acantonadas en la zona costera y mantener los estándares de calidad ambiental, su conservación y garantizar la calidad de vida óptima de la población en el presente y futuro mediante la implementación de un plan de manejo adecuado. Para lo cual se reunieron repartos como la Dirección de Ingeniería de costas y puertos (DINCYP), la Dirección General de Intereses Marítimos (DIGEIM), Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) y la Inspectoría General de la Armada (INSGAR).

Este proyecto fue solicitado al INOCAR por la DIGEIM, a fin de que se determine una evaluación ambiental y elaboración del Plan de Manejo Ambiental (PMA) necesario para la implementación de las Auditorías Ambientales que debe realizar la INSGAR.

El alcance del proyecto fue la de ser una ayuda al Comando del Reparto, como a la INSGAR, para el

seguimiento de las actividades que se desarrolla y el impacto ambiental que generan.

El Plan de Manejo Ambiental busca poner en práctica las medidas de corrección que permitan evitar, atenuar, o eliminar los impactos ambientales negativos identificados en el Diagnóstico Ambiental y está diseñado de tal manera que pueda ser auditado en su momento por la INSGAR.

El Plan Estratégico Institucional con el Proyecto J012024, considera las actividades y recursos económicos para elaborar el Diagnóstico Ambiental requerido para obtener el Plan de Manejo Ambiental de trece Repartos Navales, entre Bases y Capitanías y Retén Naval, a fin de desarrollar una Armada Moderna, eficiente y capaz de enfrentar las políticas ambientales nacionales. Este Proyecto duró cuatro años del 2004 al 2007, continuándose en el futuro con las auditorías ambientales de los repartos estudiados.

Desarrollo y Resultados del Proyecto:

En el año 2004, personal de la INSGAR, DIGEIM e INOCAR, realizaron una inspección ambiental de catorce repartos navales acantonados a lo largo de la zona costera e insular del país. Estos repartos fueron:

1. Batallón de infantería de Marina de San Lorenzo (BIMLOR)
2. Batallón de infantería de Marina de Esmeraldas (BIMESM)
3. Ciudadela Naval de Esmeraldas (CINAE) la cual es administrada por el Comando de Operaciones Norte (COOPNO) y funciona el Liceo Naval de Esmeraldas (LICESM).
4. Base de Infantería de Marina de Jaramijó (BASJAR), donde funciona el Liceo Naval de Manabí.
5. Base Naval de Salinas, donde funciona la Escuela de Grumetes, la Escuela Superior Naval y actualmente la Universidad Naval.
6. Base Naval Norte (BASNOR) en Guayaquil, donde operan repartos dedicados a la Educación tanto para menores de edad como para tripulantes y oficiales.
7. Cuerpo de Infantería de Marina (CUINMA), en Guayaquil, donde funcionan varios repartos educativos y operativos de la Infantería Naval.
8. Compañía de Infantería de Marina de Jambelí (CINJAM), donde funciona el Liceo Naval, ubicada en Puerto Bolívar.
9. Comando de Operaciones Insulares (COOPIN), el cual desde el 2006 pasa a llamarse Dirección Regional de la Marina Mercante Insular (DIRMIN). El estudio incluye la Capitanía de Puerto Baquerizo Moreno, isla San Cristóbal.

10. Capitanía Naval de Puerto Seymor. (CAPSEY), ubicada en la Isla Baltra.
11. Capitanía Naval de Puerto Ayora (CAPAYO), en la Isla Santa Cruz.
12. Capitanía Naval de Puerto Villamil (CAPVIL), en la Isla Isabela.
13. Retén Naval de Posorja (RETPOS).
14. Astilleros Navales del Ecuador (ASTINAVE) ubicada en Guayaquil.

Las inspecciones realizadas sirvieron de marco para definir los términos de Referencia para cada Base Naval, el presupuesto y el cronograma de actividades. (Tabla 1). ASTINAVE no se lo incluyó visto que como empresa, tiene certificación ISO 14000 desde el 2003 y registran auditorias ambientales a fin de mantener la certificación internacional.

2004	2005	2006	2007
Inspección ambiental de 14 Repartos Navales de la costa y región insular	COOPIN, actual	BINMES	CAPAYO
	DIRMIN		CAPVIL
	BASALI	CUINMA	CAPSEY
			CINJAM
	COOPNO	BIMLOR	BASNOR
			BASJAR

Tabla 1. de Actividades del Proyecto J012024

Los Estudios de Impacto Ambiental (EsIA) siguen metodologías determinadas en leyes nacionales y sectoriales. Existen Municipios como el de Guayaquil y Quito que tienen Ordenanzas Municipales muy particulares para este tipo de estudios, a eso se suma la Ley Especial de Galápagos, por lo que fue necesario revisar la legislación seccional vigente para cada uno de los repartos involucrados. La Ley de Gestión Ambiental en el Art.21.- indica que un EsIA debe incluir estudios de línea base, evaluación del impacto ambiental, planes de manejo, sistemas de monitoreo, planes de contingencia y mitigación; Auditorias ambientales y planes de abandono. Además al amparo del Art. 23, la evaluación ambiental comprende la estimación de los efectos causados a la población humana, la biodiversidad, el suelo, el aire, el agua, el paisaje y la estructura y función de los ecosistemas presentes en el área previsiblemente afectada.

Para la línea de base ambiental en cada Diagnóstico se tomaron muestras de agua residual, agua dulce de las fuentes naturales especialmente en el caso de las Bases Navales que se proveen directamente de pozos o fuentes naturales y potable de consumo humano donde se analizaron parámetros como: cloro residual, nitrato, sólidos suspendidos, pH, coliformes totales y fecales, dureza y oxígeno disuelto. También se tomaron muestras de agua salada en la bahía o esteros en zonas consideradas de influencia directa, donde se analizó temperatura, salinidad, pH, nutrientes (NO₃, NO₂, PO₄ y SiO₂), coliformes totales y fecales,

Oxígeno disuelto, DBO₅, sólidos suspendidos. Se recopiló datos meteorológicos de las estaciones cercanas e información geológica incluso de las perforaciones realizadas para la construcción de la infraestructura física. Sobre el medio socioeconómico y cultural se describe la población que habita en el área de influencia, se indican los siguientes aspectos: el entorno provincial y cantonal, el área de influencia directa y la situación de la población, incluyendo educación, servicios básicos y salud. En los parámetros bióticos, en la zona marítima se analizó la distribución y caracterización del plancton, mientras que en la zona intermareal se analizó la fauna y flora bentónica. De la biota terrestre se analizó la flora y fauna nativa, endémica, en peligro e introducida, dando especial cuidado en zonas rurales y áreas protegidas.

El método a utilizarse para la evaluación ambiental es la aplicación de una matriz simple de interacción causa – efecto o Matriz de Leopold, misma que arrojará resultados cuali-cuantitativos realizando un análisis de las relaciones entre una acción dada y sus posibles efectos en el medio. Se identificó las actividades humanas que pueden afectar la naturaleza. Los cuales son:

- Generación de aguas residuales.
- Generación de desechos sólidos (basura).
- Generación de ruido, (maquinarias en talleres, o aeropuerto).
- Tráfico vehicular y quema de basura. (Contaminación atmosférica).
- Mantenimiento de la infraestructura y áreas verdes (Impacto paisajístico).

El Plan de Manejo es independiente para cada Base y consta de: Plan de Prevención y Mitigación de Impactos, Plan de Contingencias, Plan de Capacitación, Plan de Relaciones Comunitarias, Plan de Rehabilitación de Áreas Afectadas y Plan de Monitoreo. Está resumido en Fichas de Medidas Ambientales, en ellas se detallan las medidas de carácter ambiental que los responsables deben tomar en sus actividades cotidianas.

Resultados:

La mayoría de los repartos Navales analizados están conectados a los servicios básicos de la ciudad donde se encuentran. Los repartos que se encuentran en zonas rurales como San Lorenzo, Galápagos y Jaramijó hay actividades que generan problemas socio-ambientales como es el aprovisionamiento y calidad del agua y el manejo de desechos sólidos. En casos donde los servicios básicos municipales son precarios, hay que prestar especial atención porque influyen directamente en el bienestar y salud del

personal naval y sus familia.

Se evidenció deficiencias en áreas de esparcimiento para los familiares del personal militar que se encuentran en la plaza, hay casos donde el sistema vial dentro de la Base es precario y con poco mantenimiento, pero ya se están realizando cambios como es el caso de las Bases de San Lorenzo y San Cristóbal.

Hay situaciones ambientales consideradas potencialmente negativas en zonas como San Lorenzo, donde no hay un manejo adecuado de aceites usados y el agua de consumo es entubada y almacenada en cisternas, con poco o ningún tratamiento previo.

En este caso en particular, el mismo Municipio tiene las deficiencias administrativas que se reflejan en la administración de la Base Naval.

Aún cuando, en general, los valores de la evaluación de impacto ambiental demuestran que las operaciones en las Bases Navales provocan un impacto positivo de carácter socioeconómico, pero los impactos negativos pueden minimizarse con la correcta concienciación del personal y mejorando la calidad de los servicios públicos.

Las actividades de los habitantes de las Bases analizadas, no representan un riesgo mayor al medio natural que representa cualquier asentamiento humano con infraestructura básica.

La fauna y flora terrestre es la que mayormente se ve afectada por las actividades humanas; la Biota Marina y la calidad de agua natural cercana no presentan ningún tipo de alteración considerable a excepción de los hidrocarburos cuyos valores están por debajo del nivel permisible, sin embargo existe la presencia de este tipo de contaminante en la zona de muelles dentro de bahías semi cerradas, como es el caso de Bahía Naufragio, lo que probablemente podría atribuirse a la actividad de navegación de las embarcaciones acoderadas constituyéndose en un aspecto de cronicidad para el área.

Los temas del Plan de Manejo ambiental que tienen en común todas las Bases estudiadas, se exponen a continuación:

En las fichas Ambientales de este Plan se incluye los responsables de la ejecución e implementación de las mismas.

- Impacto paisajístico.- creación de áreas verdes, distribución planificada de construcciones.
- Emisiones a la atmósfera.- por las actividades de los vehículos y en el caso particular de Esmeraldas control de Material Particulado por las actividades de una industria maderera cercana.
- Agua potable.- mantenimiento y limpieza de cisternas, control de la calidad del agua y control en su uso, sobre todo en zonas donde el suministro es precario como San Lorenzo, Jaramijó y Galápagos.
- Aguas residuales.- mantenimiento de los pozos sépticos y alcantarillado.
- Desechos sólidos.- recolección y disposición de basura, gestión en la fuente, reciclaje.
- Capacitación ambiental.- charlas sobre concienciación para protección de entorno y mejoramiento de calidad de vida de los habitantes de la base, legislación ambiental pertinente e inducción a la de comunidad naval.
- Planes de contingencias en el manejo de hidrocarburos, incendios y riesgos naturales.
- Control y seguimiento.- el Comandante de la Base debe incluir en su informe de actividades anuales un capítulo referente a la implementación del plan de manejo ambiental y se realizarán auditorías ambientales regularmente.

Conclusiones:

La mayoría de los Repartos Navales analizados, no tienen mayores problemas de contaminación en vista de que están conectados a los servicios básicos de la ciudad donde se encuentran.

La aplicación del Plan de Manejo y la concienciación de la población sobre la minimización de impactos negativos contribuirá a la protección y convivencia con el medio natural, especialmente en las Islas Galápagos la cual posee un alto porcentaje de fauna y flora endémica.

Se sugiere hacer un seguimiento continuo sobre todo donde los funcionarios que tienen responsabilidad estipulada en el Plan de Manejo se van con el pase a otros repartos.