



EN BUSCA DE LA PRODUCTIVIDAD DEL MAR

Tte. de Navio JAIME SANCHEZ CORTES

Al iniciar el presente trabajo no fue mi intención repetir la ya larga lista de frases convencionales sino antes que todo encontrar alguna explicación lógica a la indiferencia de los colombianos por el mar y su riqueza potencial y al mismo tiempo exponer algunas ideas muy personales que podrían servir de proyecto a una campaña tendiente a aumentar los conocimientos que tenemos sobre nuestra plataforma continental y las aguas que la cubren.

Estoy convencido de que los colombianos no manifiestan interés mayor por sus posibilidades oceánicas debido a que hasta ahora no han encontrado la forma de que las aguas salobres que nos bañan estimulen inversiones de capital, pues, nuestra inexperiencia y desconocimiento del medio acuático nos inspira recelo y los intentos que se han hecho hasta ahora para arrancar sus riquezas al mar han terminado en lamentables fracasos. Es por con-

siguiente necesario, en vez de rogar a los colombianos que por patriotismo miren hacia el mar, mostrarles en forma palpable las ventajas que éste ofrece y los beneficios que se pueden obtener de su explotación, pero esto solamente lo podemos hacer si previamente efectuamos una exploración extensiva e intensiva de todas nuestras costas en busca de industrias que ofrezcan atractivo al inversionista. Es, por consiguiente mi objetivo, al elaborar el presente trabajo, presentar algunos puntos de vista desde un ángulo constructivo que puedan despertar el interés o por lo menos la curiosidad por las cosas del mar y eventualmente, el deseo de verificar la bondad de algunos de los métodos de exploración propuestos y el rendimiento económico que puedan dejar los proyectos de explotación que surjan.

Es claro que ninguna inversión es posible si no media un estudio cuidadoso y verídico que permita al inversio-

nista reducir el riesgo y que en lo relacionado con la exploración marina el alto costo de ésta descorazona a los capitalistas potenciales antes de poder llegar a planes concretos o los obliga a iniciar operaciones en ausencia del estudio concienzudo y científico y por consiguiente ponen su dinero al cuidado del azar, que no siempre es benévolo con los incautos.

El presente trabajo ha sido dividido en ocho capítulos con el fin de que el tema tan extenso que deseamos tratar quede menos confuso al considerar por separado varias ideas y luego hacerlas converger con el fin de que las soluciones propuestas formen parte de un plan conjunto y reporten beneficios múltiples y simultáneos en diferentes frentes de la actividad económica relacionada con el mar.

El primer capítulo lo hemos dedicado a las cartas de pesca, no por considerarlo el más importante, sino por ser uno de los temas que tiene mayor actualidad por estar íntimamente relacionado con el progreso de la industria de la pesca y por ende con el beneficio económico que supondría al país su ingreso en el club de las doscientas millas para derechos de pesca.

En el capítulo segundo nos hemos propuesto explicar en forma breve en qué consiste el SSP (Seismic Section Profiler), cuáles son los principios de funcionamiento, la forma en que se ha empleado en Colombia para la exploración de la plataforma continental en la búsqueda del petróleo (en colaboración con equipos de navegación a base de Shoran), ventajas y desventajas en relación con los métodos convencionales y principalmente la posibilidad de constituir en el país equipos de exploración similares con un costo más bajo por milla explorada.

El capítulo tercero considera aspectos del equipo GASSP para la exploración geológica en zonas pesqueras.

El capítulo cuarto trata de presentar a los lectores una teoría sobre el origen marino del petróleo pero no con el fin de aumentar la amplia literatura que hemos podido acumular a lo largo de centurias de disquisiciones abstractas sobre todos los temas imaginables, sino con el único objeto de buscar métodos simples y menos costosos, aún cuando sean menos exactos que los actuales, para encontrar las zonas de la plataforma continental que ofrezcan posibilidad petrolera y justifiquen la utilización de métodos costosos de exploración.

En el capítulo quinto se contempla la posibilidad de instalar una hidroeléctrica de bajo costo de operación y gran rendimiento en la costa colombiana del Pacífico, con el fin de aprovechar la amplia variación en el régimen de mareas que se presenta en esa región y su posibilidad de interconexión con hidroeléctricas resultantes de planes ya existentes o en estudio.

El capítulo sexto contempla la creación y organización del Instituto Colombiano de Oceanografía con el fin de que sea el encargado de coordinar todos los estudios sobre el mar para

Teniente de Navío

JAIME SANCHEZ CORTES

Ha efectuado los siguientes cursos: Guerra Antisubmarina, Comunicaciones Navales, Torpedos y Armas Submarinas, Artillería, Guerra Bacteriológica, Química, Atómica y control de Averías, Curso Básico de Aviación Naval, Cursos Reglamentarios para ascenso y Biología y Química, en la Universidad Jorge Tadeo Lozano.

Oficial de Deberes Generales y Comandante del ARC "Arauca". Segundo Comandante del ARC "Santa Marta". Encargado de la Fragata ARC "Almirante Brión". Comandante del Batallón de Grumetes y Jefe de Estudios de la Escuela de Grumetes y de la Escuela de Clases Técnicas, Centro de Entrenamiento Naval ARC Barranquilla. Comandante del ARC "Gorgona".

evitar la duplicidad de esfuerzos en la investigación y canalizar la potencialidad económica, intelectual y humana del país hacia fines concretos de desarrollo a corto y largo plazo.

El capítulo séptimo consiste únicamente en un plan para efectuar la recuperación de material y mano de obra, incluyendo profesionales que no encuentran porvenir en nuestro medio, que no están siendo utilizados en forma eficiente o que pueden rendir servicios adicionales a los que actualmente prestan, con el fin de que la explotación del mar no se convierta en una empresa imposible de llevar a cabo en nuestro medio por el elevado costo que presenta para la economía del país.

Finalmente, en el capítulo octavo resumiremos todas las conclusiones que nos sea dable obtener de los temas tratados y de los cuales, tengo la esperanza, puedan surgir nuevas ideas y benéficos proyectos.

CAPITULO I

Las Cartas de Pesca

1- Objeto: Las cartas de pesca tienen por objeto informar al pescador el lugar en que es más probable que encuentre las especies que desea, la profundidad a la cual existe la mayor concentración de individuos, las artes de pesca más apropiadas para su captura, la potencialidad aproximada de la zona, la dirección de desplazamiento de los cardúmenes en caso de que los haya y las horas más apropiadas para efectuar las capturas si existe variación notable.

Toda esta información condensada en forma fácil de entender y calculada para distintos periodos de tiempo, con el fin de que el pescador pueda disminuir sus costos de operación por permanencia en el mar, utilizar al máximo las facilidades de almacena-

miento y transporte, organizar en forma eficiente la distribución y reducir las fluctuaciones ruinosas en los precios. Al conocerse la producción probable para cada región y época se puede pensar en el desplazamiento de los equipos de pesca a diferentes regiones y en el empleo mixto de plantas de refrigeración y enlatado para disminuir las pérdidas por lucro cesante. Asimismo, el estado puede mantener una adecuada vigilancia por intermedio del Ministerio de Fomento para impedir que se presente la saturación en la explotación de la pesca con la consiguiente reducción en el ingreso per cápita.

2- Información necesaria

a) **Ecología:** La ecología es el estudio de las relaciones mutuas entre los organismos y el medio ambiente. Es por consiguiente indispensable determinar con la mayor exactitud posible las condiciones ambientales presentes en cada una de las zonas que constituyen nuestro litoral y sus variaciones en función del tiempo, la profundidad y la distancia a la costa; debemos, asimismo, determinar la ausencia o presencia y concentración y el desplazamiento del Phytoplankton y su incidencia sobre el Zooplankton, el ciclo biológico de las especies presentes, sus relaciones mutuas en el mantenimiento del equilibrio biológico y la forma como éste se rompería y las consecuencias de este rompimiento al participar el hombre como predator de una o varias especies específicas, la determinación de corrientes y su efecto ecológico.

b) **Geológica:** En el estudio ecológico es necesario tener en cuenta las características del fondo y por tanto es conveniente aprovechar las muestras obtenidas para efectuar estudios de sedimentología y si es posible, ampliar un poco la información con el fin de

elaborar hipótesis fundamentadas en forma apropiada sobre las características geológicas del sub-fondo marino.

c) **Biológica:** El estudio detallado de las especies de utilidad comercial nos permitirá determinar con exactitud su ciclo vital con el fin de reglamentar en forma científica su captura, sus hábitos alimentarios con el objeto de establecer su habitat y potencialidad teórica de las zonas de estudio.

d) **Pesquera:** Es necesario determinar las artes de pesca más apropiadas con el fin de obtener un rendimiento óptimo con el mínimo de destrucción para evitar un desastroso desequilibrio biológico, las embarcaciones más aptas al tipo de pesca que se desea efectuar y la capacidad de adaptación de éstas con el propósito de poderlas utilizar en oficios alternos o complementarios.

Toda esta información debidamente clasificada y tabulada permite elaborar una carta de pesca relativamente exacta y formular recomendaciones apropiadas en lo relacionado con la potencialidad teórica existente en cada zona, tamaños mínimos que se podrán capturar, máximo número de capturas permisibles por temporadas para mantener el equilibrio biológico en forma favorable. Capacidad de almacenamiento, refrigeración, transporte y consumo que se necesitaría en las diferentes etapas de desarrollo de la explotación propuesta, a fin de que la industria fuera rentable con niveles de precios del producto atractivos al consumidor.

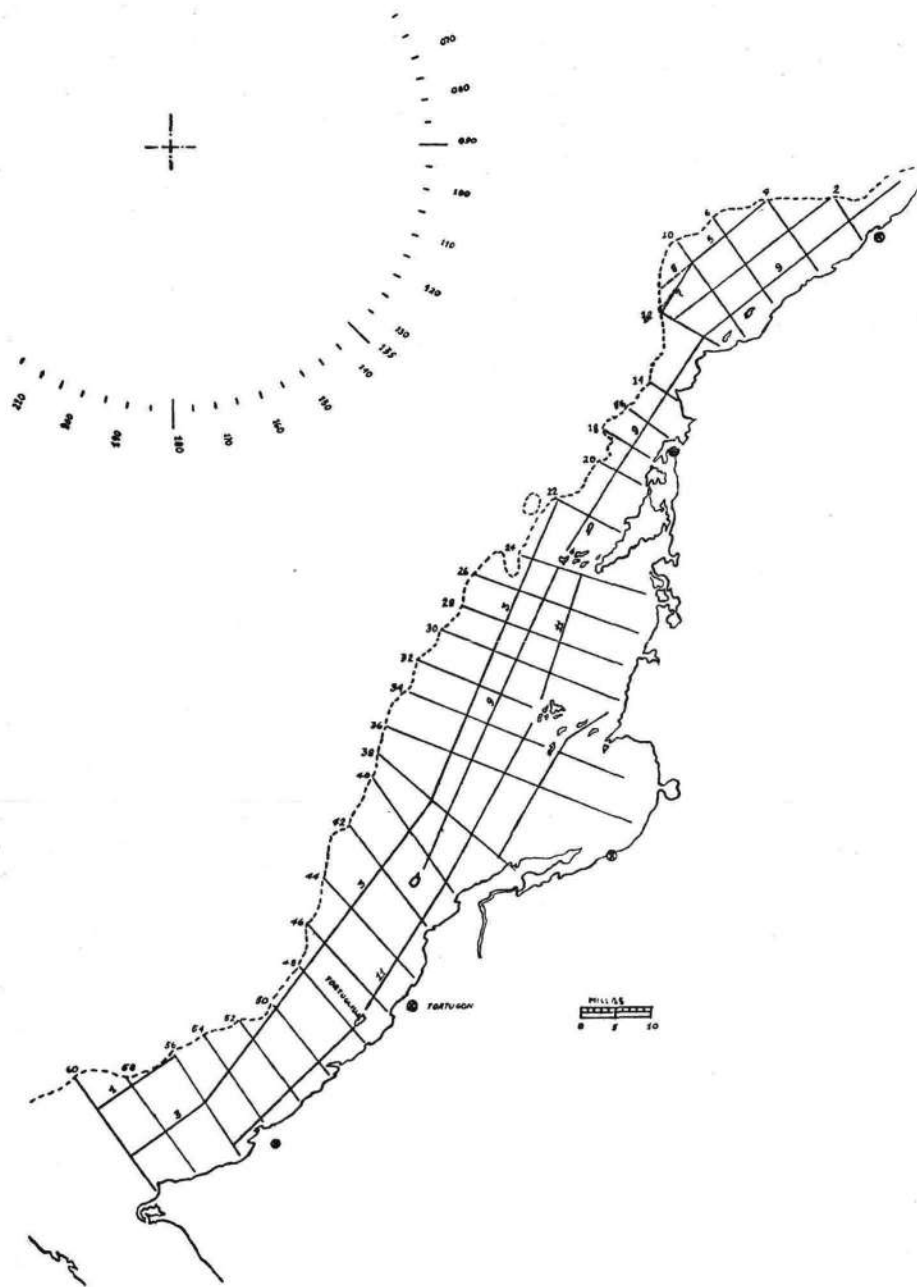
3- **Información básica:** Disponemos de abundante información con el fin de poder orientar nuestras investigaciones y evaluar apropiadamente los datos obtenidos:

a) **Fotosíntesis:** Por medio de este proceso se fija el carbono, que se encuentra en forma de CO_2 disuelto en

el agua de mar o en el medio circundante, al unirse con el agua para formar compuestos orgánicos complejos tales como los carbohidratos, mediante la utilización de la energía solar y frente a la actividad catalítica de la clorofila. Si consideramos los elementos que actúan en la definición anterior podemos observar la importancia de la luz y la clorofila en la formación de sustancias complejas a partir del carbono simple y por consiguiente podemos concluir que la actividad fotosintética depende de que estos dos elementos básicos estén en abundancia. La luz penetra en el agua en forma inversamente proporcional a su profundidad y directamente proporcional a su transparencia y por consiguiente la actividad fotosintética se podrá determinar fácilmente en relación a estas dos variables frente a la cantidad de luz por unidad de área que se reciba en la zona y la concentración de clorofila presente.

b) **Nitrógeno proteico:** En el metabolismo animal es necesario tener fuentes de nitrógeno para que sea posible la síntesis de Aminoácidos, los cuales son a su vez los elementos constituyentes de las proteínas. Dependiendo de la mayor o menor complejidad de los organismos animales o vegetales, este nitrógeno podrá ser utilizado en forma de Nitritos o nitratos pero en general, se puede decir que los organismos vivos lo absorben en forma de amoníaco. Estas sustancias constituyen gran parte de las llamadas sales nutrientes, junto con los compuestos de calcio, silicio, magnesio, potasio, sodio, etc., las cuales son suministradas principalmente por la masa continental mediante la erosión fluvial y la meteorización de la costa, como también, por la destrucción de otros organismos vivos.

Es por consiguiente posible determinar la concentración de nutrientes



en determinada zona y la forma como éstos son suministrados al mar.

c) **Desplazamiento vertical del Plankton.** La fotosíntesis y la fijación del nitrógeno en su forma más simple es efectuada por el Phytoplankton que a su vez puede servir de alimento al zooplankton, para tomar el camino más sencillo del ciclo alimenticio, pero tanto el zooplankton como el Phytoplankton tienen tendencia, por acción de la gravedad, a descender a mayores profundidades y por consiguiente la concentración de tales sustancias en zonas superficiales tiende a disminuir y solamente puede mejorar en caso de que corrientes verticales impulsen a estos organismos hacia la superficie. Es por esto por lo que la presencia de una corriente de este tipo es sintomática de potencial pesquero y como son más frecuentes e intensas en las zonas templadas y frías debido al mayor gradiente térmico vertical presente la industria pesquera en la zona tropical nunca será tan próspera como en aquellas regiones. Sin embargo, la presencia de fuertes corriente horizontales con los consiguientes desplazamientos de inmensos volúmenes de agua ocasionan desequilibrios de masas y fuertes corrientes verticales que arrastran en general gran cantidad de Plankton y por tanto determinan una riqueza potencial que puede ser elevada.

Si consideramos que las corrientes oceánicas corren a mucha distancia de nuestras costas y que la riqueza pesquera potencial de zonas tropicales es relativamente baja y por este motivo es insostenible la teoría del potencial que concluir que la única forma de pesquero infinito del mar, tenemos brindar un futuro, al menos estable, a la pesca en nuestro país es extendiendo nuestros derechos de pesca en vista de que no podemos conseguir competir, en igualdad de condiciones, con países que poseen una técnica más des-

arrollada en tales asuntos y una mayor capacidad financiera. Sería una especie de Handicap para no tener que comprar los peces alimentados con nutrientes sacados de la hoya del Magdalena, por ejemplo, con divisas extranjeras.

d) **Topografía submarina.** El movimiento de las grandes masas oceánicas y la dirección de las corrientes resultantes está determinado por las características topográficas del fondo submarino, lo mismo que la distribución de la concentración de oxígeno apropiado para la vida animal. Esta última condición es también muy importante, como veremos en el capítulo cuarto de este trabajo, para la localización de zonas de depósitos petroleros.

e) **Masas Oceánicas.** En la misma forma como en la atmósfera se pueden delimitar estratos o capas específicas de acuerdo a sus características físicas y a su comportamiento, en el mar se pueden señalar capas definidas que se distinguen entre sí debido a su contenido de nutrientes y plankton, salinidad, temperatura, etc., y que están localizadas en forma de capas superpuestas sirviendo de barrera al transporte vertical de sustancias y por ende, determinando en grado sumo la potencialidad pesquera. Estas masas son afectadas en cuanto a su espesor y distribución por la topografía del fondo marino y el efecto de las corrientes horizontales.

Las masas oceánicas más importantes que se han determinado en el Caribe, por ejemplo, son:

1) Aguas profundas o de fondo. Son las que se encuentran a más de un mil brazas de profundidad y tienen su origen en las aguas superficiales de las grandes latitudes que se hunden al aumentar la densidad con los cambios de temperatura y por esta razón son muy ricas en nutrientes.

(2) Aguas intermedias. Se encuentran a profundidad inferior a las mil brazas y llegan en el Caribe hasta profundidades mínimas de 245 brazas. Sus características son: baja salinidad, alto contenido de nutrientes y temperaturas de 4 a 7 grados centígrados.

(3) Aguas centrales. Es una capa de aproximadamente 130 brazas de espesor, salinidad 34.5 a 8 grados y 36.0 a 18 grados centígrados que son sus temperaturas límites. Se encuentra entre las 100 y las 250 brazas de profundidad.

(4) Discontinuidad. Presenta el máximo de salinidad y tiene un espesor promedio de 80 brazas, su contenido de nutrientes es intermedio entre el que se encuentra en la capa anterior, que es alto, y la capa superficial que es muy bajo. En la costa colombiana se encuentra muy cerca a la superficie a poca distancia de la playa y se va sumergiendo hacia el norte hasta alcanzar una profundidad de 50 brazas.

(5) Capa Superficial. Como su nombre lo indica es la que se encuentra en la superficie. Tiene un bajo contenido de nutrientes y tiene un espesor que va en aumento de la costa hacia el norte desde cero hasta 50 brazas. (Gráfico).

4º) Verificación de los resultados. Las conclusiones obtenidas en los estudios se deben verificar mediante la pesca exploratoria utilizando diferentes artes de pesca y evaluando los resultados estadísticamente. Es lógico que las condiciones ecológicas no se mantienen inmutables debido a que intervienen variables cíclicas y eventuales y por esta razón es necesario corregir la información periódicamente en base a observaciones frecuentes que permitan pronosticar con suficiente anterioridad los desequilibrios biológicos que se presenten y el desplazamiento o desaparición de las condiciones eco-

lógicas apropiadas a la especie que interesa al usuario de la información.

En vista de que las especies marinas no subsisten en forma independiente sino que el equilibrio biológico depende de las relaciones mutuas, salta a la vista la importancia de que las investigaciones particulares sean hechas por el mismo organismo o que exista una estrecha coordinación e intercambio de información entre los organismos encargados de efectuarlas.

5º) Utilidad de las cartas de pesca. A parte de la evidente ventaja que representa para los pescadores y a la que se hizo referencia en forma muy somera en el primer punto, su elaboración nos obliga a obtener un mayor conocimiento del mar que la naturaleza puso a nuestro servicio y quizás nos convenza de que 200 millas de mar con derechos reservados de pesca bien valen los desembolsos que serían necesarios para ejercer la soberanía sobre tan extensa área. Pero más aún, la investigación científica en terrenos tales como la oceanografía, biología marina, sedimentología, etc., se orientaría hacia la solución de problemas concretos que significarían beneficios económicos por la apertura de innumerables fuentes de trabajo, con la consiguiente reducción en la fuga de profesionales y elevación del nivel de vida en el litoral.

6º) Equipo y personal necesario para obtener la información requerida. El tipo de información que suministraría la carta de pesca exige una gran cantidad de equipo y personal especializado pero no necesariamente un elevado costo de financiación ya que, como explicaremos en los capítulos sexto y séptimo, gran parte del equipo necesario ya se encuentra en el país lo mismo que un importante número de científicos capaces de llevar a buen término las investigaciones.

Naturalmente, se pueden presentar argumentos de muy diversa índole pa-

ra demostrar nuestra incapacidad para el manejo de problemas de tamaño magnitud pero si pensamos en el abandono total, desde el punto de vista científico, en que han permanecido nuestros pescadores en pleno siglo XX creo que cualquier solución, por incompleta que sea, será de manifiesta utilidad económica y científica. Los trabajos que está efectuando la FAO y la Universidad de Miami pueden servir para complementar nuestros propios trabajos y las experiencias obtenidas por esos organismos pueden servirnos en la planeación de nuestras investigaciones y en la preparación de los técnicos que continuarán la labor iniciada. Por otra parte, las informaciones que se buscan son complementarias y no paralelas ya que la FAO está interesada en determinar la potencial pesquera de la zona en estudio, o sea, que se trata de un estudio global y no detallado como el que se propone en este trabajo. Sería muy interesante poder utilizar los trabajos obtenidos por la FAO y la Universidad de Miami como esquema general para guiar nuestros estudios y complementar la investigación con fines de utilización individual y local.

De todo lo anterior se puede resumir que antes que duplicidad de esfuerzo o acción extemporánea en el proceso que se sugiere es la acción natural más apropiada en el momento actual con el fin de que la información que nos suministre la actividad de los organismos internacionales no se pierda bajo una montaña de papeles inservibles o quede descontinuada y sin utilización práctica.

CAPITULO II

Uso del Seismic section profiler en la exploración del fondo marino.

Generalidades.

En la investigación sismológica se hizo necesario utilizar fuentes produc-

toras de ondas capaces de producir ecos al chocar contra capas o estratos geológicos de diferente densidad, penetrar a profundidades suficientes para que la información suministrada por los ecos correspondiera a un espesor apropiado de la corteza terrestre para que pudieran ser utilizados en la exploración comercial del fondo marino, especialmente en la búsqueda de petróleo, que se pudiera utilizar en las zonas pesqueras sin causar perjuicios al habitante o intervenciones funestas en el ciclo biológico de las especies comerciales. Entre los múltiples sistemas en uso o en período de experimentación que reúnen parte o la totalidad de los requisitos expuestos y son de utilización rentable, se encuentra el SSP el cual tiene la importancia adicional para nosotros de que ya fue utilizado en forma extensa para exploraciones preliminares sobre la plataforma continental de la costa Atlántica colombiana.

Principio de Funcionamiento. Se puede producir una descarga de corriente intensa entre dos electrodos sumergidos aprovechando las características electrolíticas del agua de mar. Al producirse el paso de una corriente intensa se forma una burbuja de gas en un tiempo muy reducido y por tanto ésta ocasiona la propagación de ondas de mediana frecuencia. Si la potencia utilizada es suficiente, las ondas producidas por la burbuja de gas podrán penetrar los estratos sedimentarios del fondo marino donde al encontrar un cambio en la densidad de éstos, y debido a la amplia gama de frecuencias producidas, se producirán ecos de las ondas que no logren penetrar un determinado estrato hasta llegar a las ondas de muy baja frecuencia que logran la mayor penetración pero cuyos ecos carecen de la energía necesaria para poder ser detectados.

Este sistema ofrece las siguientes ventajas:

1) Solamente ofrece peligro para los seres vivos que se encuentren entre los dos electrodos y por consiguiente se puede utilizar en zonas de pesca.

2) Si las descargas se efectúan en forma sucesiva se puede lograr una imagen continua de los estratos de diferentes densidades y como esta característica se acomoda a la descripción de las capas sedimentarias se puede decir que la imagen obtenida es la correspondiente a un corte geológico hasta una profundidad que depende de la energía utilizada.

3) Este sistema de exploración del fondo marino puede llevarse a cabo hasta a una velocidad de 10 nudos y por consiguiente, el costo del procedimiento es disminuído grandemente por la velocidad de la exploración.

4) La penetración máxima de las ondas llega hasta dos segundos y es por tanto apropiada para investigaciones preliminares en extensa zona.

5) La imagen obtenida es sencilla y fácil de interpretar. Además, es posible seleccionar los ecos para obtener la máxima resolución y una óptima rata entre el eco y los ruidos extraños.

6) La localización precisa de los puntos a los cuales pertenecen los ecos es determinada con gran exactitud mediante el empleo de sistemas de navegación a base de **Shoran** y puntos previamente tabulados a lo largo de las líneas de exploración seleccionadas en base a sus coordenadas cartesianas desde un punto de origen arbitrario.

7) Todos los datos necesarios quedan registrados en una grabadora magnética y es posible reproducir toda la información lograda con el fin de reproducir la imagen o modificarla seleccionando distintos ecos frente a un nuevo contraste (Background).

8) Como el equipo registrador de la imagen es una sonda de alta sensibilidad se obtiene simultáneamente la profundidad continua del mar a lo largo de las líneas de exploración, infor-

mación utilizable en la corrección de cartas y en la determinación precisa de los accidentes presentes en la plataforma continental.

Descripción general:

El SSP está compuesto por los siguientes elementos:

1- Fuente de poder.

Existe una potencia de energía eléctrica disponible de hasta 120.000 Joules de potencia la cual es controlada en forma múltiple o independiente y operada por unidades de electro-pulso de 30.000 Joules c/u.

Estas unidades están diseñadas para operar a 15.000 voltios, produciendo una elevada corriente y un alto punto de presión en el agua. La burbuja producida y el espectro de frecuencias correspondientes son fácilmente graduables mediante la configuración en forma de arco de los terminales y por un mecanismo de interruptor a base de condensadores en posición interna. Posee sistemas de seguridad automáticos para cada Unidad basados en el uso de cerraduras interruptoras y sistemas de disparo.

La potencia para estas unidades puede ser suministrada por un generador de corriente alterna de cuarenta KW o por cualquier otra fuente equivalente.

2- Detector acústico

a) Dispone de un cable de remolque al extremo del cual se encuentra una sección viva provista de detectores acústicos y preamplificadores. Este conjunto recibe el nombre comercial de **Hydrostreamer** y dispone de una razón máxima entre el ruido y eco hasta velocidades de 10 nudos. Este sistema es igual o superior a cualquier otro similar o usado para los mismos fines de acuerdo con la casa fabricante (Teledyne Industries-Geotech Division). El sistema de Hidrófonos a base de cristal sensible a la presión dis-

pone de amplificadores sólidos a los cuales es suministrada la potencia necesaria mediante baterías recargables. Estas baterías pueden prestar servicio durante 10 días antes de ser necesario recargarlas nuevamente. La salida de los preamplificadores consiste en una señal simétrica, de amplia banda y baja impedancia que es conducida hasta el buque por medio de conductores individuales dobles.

El Hydrostreamer posee un sistema de balastro que le permite controlar la profundidad de remolque desde el buque y un transducer interno de precisión lee continuamente la profundidad a la que se encuentra el cable, mediante un medidor que se encuentra en la consola de control abordo del buque. Se utiliza kerosene desnaturalizado para rellenar la parte activa del cable con el fin de suministrarle boyancia neutra.

El cable del Hydrostreamer contiene hidrófonos de cristal MP-7 Geospace interconectados en grupos a todo lo largo de la parte activa del cable. Señales procedentes de tales grupos se pueden combinar como se desee en la unidad amplificadora.

La profundidad de remolque del Hydrostreamer puede llegar hasta los 35 pies obteniéndose así una relación favorable entre el ruido y la señal. Tal profundidad se puede fijar directamente desde el buque sin necesidad del uso de flotadores que causen turbulencias.

Las señales de los hidrófonos de cada sección del Streamer son preamplificadas en la sección activa del cable. La impedancia de salida de los amplificadores es de 10 ohmios. Las baterías que suministran la potencia a los preamplificadores pueden cargarse en 1/15 de la vida normal (240 horas para descargarse). Es posible mantener las baterías funcionando por más tiempo mediante ciclos de cargue intermi-

tentes durante el tiempo en el que no estén trabajando con el Streamer.

Si un hidrófono se llega a deteriorar hasta el extremo de que afecte apreciablemente la salida de su sección, tal sección puede ser removida del circuito y las otras tres secciones pueden ser usadas con muy poca disminución de las cualidades de la información.

b) Unidad amplificadora de la señal. Ha sido diseñada específicamente para ser usada con este sistema. La red de interconexiones por medio de switches permite el uso de cualquier arreglo individual de hidrófonos con cualesquiera de los cuatro amplificadores. Esto permite al operador seleccionar la combinación más apropiada y el óptimo espaciamiento. Esta unidad está compuesta por:

1º) Selector de entradas de los hidrófonos Mod. 24221.

2º) Cuatro amplificadores Geospace 111 H-B modificado.

3º) Un calibrador de amplificación.

4º) Un acondicionador de señal de salida. Mod. 24223.

El selector de entrada de los hidrófonos es el centro de control de switches para el SSP.

Dos amplificadores son usados para procesar señales para el Recorder de Facsímiles y los otros dos para procesar las señales para la grabadora. Los dos amplificadores usados con el recorder están programados en diferentes formas y con idéntico filtro. Un amplificador está programado para dar el contraste y el otro pasa por un circuito digital el cual pasa la señal al facsímil cuando ambas señales están en la fase y amplitud apropiados. Esta técnica cuando es usada apropiadamente permite disminuir el efecto del ruido y mejora la recepción del eco.

c) Unidad de recopilación gráfica. Registra en forma continua en papel eléctricamente sensitivo. La línea de impresión es de un milímetro de an-

chura y la velocidad de barrido está regulada hasta una precisión de 1/100.000. Presenta una escala vertical de graduación de tiempo en segundos y la escala horizontal está graduada en metros con marcas muy visibles cada cuatrocientos metros a fin de que coincidan con los puntos de que se habló en el control de navegación por Shoran.

d) Grabadora magnética. La información obtenida es grabada simultáneamente en una grabadora magnética de siete canales. Esta unidad tiene una gama dinámica de 60 decibeles con dos canales grabando y una banda de frecuencia suficientemente amplia tanto para la información sismológica de baja resolución como la de alta. La precisión en la grabación es mantenida mediante el uso de fuentes de potencia regulada y el control de la frecuencia precisa del transportador de cinta.

Los canales 1 y 2 graban las señales sísmicas en banda ancha.

Un canal opera con sensibilidad XI y el otro con sensibilidad X 10, suministran 60 DB.

El canal 3 graba la señal de control del motor del Recorder.

El Canal 4 graba el disparo del Recorder.

El canal 5 graba las señales de tiempo cuando el circuito digital es usado.

El canal 6 graba las marcas de navegación.

El canal 7 es usado para información oral.

e) Procesamiento de la información. La información obtenida puede ser procesada en computadores digitales de la IBM mediante programación Standar o utilizando programas especiales".

Operación.

El sistema previamente descrito fue utilizado por la Colombian Gulf Oil Company para efectuar exploraciones

en la plataforma continental correspondiente al sector comprendido entre Puerto Colombia y Punta Caribana en el Golfo de Urabá, con algunas modificaciones especialmente en lo relacionado con la unidad de recopilación gráfica.

La mayor parte del equipo va contenido en una unidad independiente consistente en una caja de forma cúbica y de más o menos tres metros de arista, asegurada mediante tensores a la cubierta de una embarcación, el Sharon Walter, de aproximadamente noventa pies de eslora y con un calado máximo de diez pies. En esta caja situada a popa de la embarcación se encontraban todas las partes componentes del SSP que se mencionaron anteriormente con excepción de los cables transmisores con sus correspondientes electrodos, el Hydrostreamer con su cable remolque y el generador de 40 KW. Además, dispone esta estructura de las facilidades de una oficina, aire acondicionado y espacio para los operadores. Una puerta permite la entrada y una segunda puerta interior junto con un panel divisor provisto de vidrio separa para mayor seguridad, la fuente de poder del resto del compartimento pero permite observar el funcionamiento del grupo de condensadores. Esta parte la llamaremos Unidad de Control y recepción de datos (U. C. R. D.).

A cada lado del UCRD salen dos cables transmisores en dirección a dos tangones dispuestos a los costados de la embarcación, que se pueden abrir o cerrar a voluntad, desde los cuales son remolcados los mencionados cables en forma espaciada para evitar que se enreden durante la operación.

Cada uno de los cables está constituido por dos alambres que se separan en el extremo aproximadamente un pie para constituir un par de electrodos. Tenemos por consiguiente en cada tangón dos cables separados entre sí

cuatro pies teniendo a su vez cada uno de ellos dos electrodos entre los cuales se va a producir la burbuja. Cada par de electrodos disipa una potencia de treinta mil Joules y como hay dos por banda tendremos una potencia máxima de 120.000 Joules. Todos los cables tienen igual longitud y ésta es tal que los electrodos quedan a 200 pies a popa de la embarcación y a 18 pies de profundidad.

En el extremo de la popa, sobre la línea crujía, va colocado un gran carretel en el cual se encuentra enrollado el Hydrostreamer junto con su cable de remolque. Este cable de remolque tiene una longitud de 600 pies y la sección activa en su extremo 144 pies más. En la parte sensible se encuentran 100 hidrófonos espaciados entre sí de uno a dos pies, y cuatro preamplificadores. Las baterías de los preamplificadores tienen una duración de 240 horas y el tiempo para recargarlas es de 16 horas a 100 miliamperios. Este dato es muy importante porque es el que debe primar en la regulación del trabajo. El Hydrostreamer se lasca lentamente a mano con la embarcación navegando y se recobra mediante un pequeño motor que opera el carretel.

En la super estructura de la embarcación estaban colocados dos generadores de 40 KW para asegurar un suministro permanente de fluido eléctrico. Estos generadores movidos por motores diesel también fueron adaptados a la embarcación para la operación del SSP.

Finalmente, dos transmisores y dos receptores (Un juego en operación y otro de repuesto), fueron instalados en el puente y un mástil prefabricado se aseguró a la cubierta para soportar las antenas para constituir la parte del sistema Shoran que se encontraba a bordo ya que las otras estaciones fueron instaladas en tierra en puntos conspicuos de la costa y a distan-

cia visual desde la embarcación en operación.

Como se puede observar, se necesita únicamente una embarcación que tenga la amplitud, el calado y radio de acción indispensables para la operación y sobre ella se puede montar todo el equipo sismológico y de navegación ya que éste es completamente desmontable y se encuentra en forma de unidades compactas. Este sistema es muy útil porque permite una gran flexibilidad en el uso de las embarcaciones y de los equipos y aun combinar sistemas diferentes de exploración para obtener mejores resultados a más bajo costo.

Plan de Exploración. La exploración se efectúa a lo largo de líneas previamente determinadas y con puntos de comprobación situados cada 400 metros. Las coordenadas de estos puntos vienen tabuladas y cada uno tiene numerado para cada línea de exploración, correspondiendo el número cero al situado sobre la línea de la baja marea. El plan de exploración que se utilizó para la región comprendida entre Puerto Colombia y Punta Caribana es el que se detalla en forma aproximada en la figura número 1 y como se puede fácilmente observar, se trata de un trazado de líneas de exploración en dirección perpendicular a la costa y desde ésta hasta el borde del veril de las 100 brazas, o sea, cubriendo completamente la plataforma continental y de otras líneas paralelas a la costa que cortan a las anteriores en forma perpendicular y las unen en forma tal que la plataforma continental queda completamente cuadrícula.

Para iniciar la exploración el buque se dirige a uno de los extremos de la línea escogida controlado por los operadores de shoran que tratan de hacer coincidir las señales luminosas de su pantalla de rayos catódicos con los va-

lores tabulados para el primer punto que se va a considerar en la línea.

Cuando la embarcación se encuentra a una distancia apropiada al punto de iniciación de la exploración se procede a sacar los tangones laterales y a echar al agua las cuatro líneas de transmisión y finalmente el Hydrosreamer. Al llegar al punto exacto el operador de Shoran informa al operador del SSP para que inicie la producción de descargas, las cuales pueden sucederse cada tres segundos cuando se usa una potencia de 30.00 Joules, cada dos segundos para 20.000 y

con un segundo de intervalo para 10.000 Joules de potencia en cada línea.

En el caso que se describe se utilizó el intervalo de tres segundos y una velocidad aproximada de 7 nudos a fin de obtener la máxima penetración y la relación mayor entre el ruido y eco.

La exploración total, o sea, la suma de las líneas fue de aproximadamente 3.000 millas y el costo total por milla explorada llegó a algo más de cien dólares. El tiempo de exploración apenas sobrepasó los quince días y la permanencia del equipo completo en el país no pasó de un mes largo.

Ejemplo de una tabulación supuesta de los puntos de una línea ficticia para uso de los operadores del Shoran.

País Colombia
 Cliente Colombian Gulf
 Punto de referencia Houston - Texas

Línea número 36

Punto	Coordenada X	Coordenada Y	Estación Popa	Estación Tortugón
0	1154.522 m	987.724 m	247.3	240.9
1	1154.509 m	987.720 m	255.8	260.6
2	1154.490 m	987.716 m	268.6	281.1

En el espacio situado a la derecha del valor correspondiente a cada estación se coloca a mano el valor que aparece en el indicador del tubo de rayos catódicos del receptor de Shoran a bordo y estos dos valores deben coincidir pero en caso de que la trayecto-

ria seguida por el buque se haya desviado ligeramente se encontrará una pequeña diferencia que servirá para poder determinar exactamente la ruta de exploración seguida en la práctica.

El Gas Source Seismic Profiler (GASSP) en la Investigación geológica del sub-fondo marino en zonas de pesca.

Generalidades

El sistema de exploración explicado en el capítulo anterior adolece de algunas limitaciones y por esta razón se hizo necesario idear un sistema que diera mejores resultados. Las ondas producidas por la burbuja que se forma en el SSP tienen una frecuencia relativamente alta y por consiguiente su capacidad de penetración solamente satisface las necesidades de una exploración previa y por este motivo y teniendo en cuenta que las ondas producidas por el sistema clásico de las explosiones son la que mejor resultado han dado desde el punto de vista del buscador de petróleo pero adolece de tremendas limitaciones en cuanto a su utilización en regiones pesqueras por el efecto que tienen sobre los organismos vivos, especialmente aquellos provistos de vejiga natatoria, se intentó construir un sistema de exploración que presentará la mayor parte de las ventajas de las explosiones mencionadas, especialmente en cuanto a la frecuencia de las ondas producidas, pero que al mismo tiempo representará una seguridad real para la industria pesquera debido a que el punto justo es el desarrollo de todas las industrias posibles pero sin que los intereses de una de ellas lesione los intereses de las demás. Este punto de vista es aún más significativo para nosotros debido a que se ha llegado a afirmar que si una industria puede potencialmente suministrar más divisas que otra, se deben permitir métodos de exploración perjudiciales a las otras industrias, pero este es un sofisma fácilmente rebatible si consideramos que la exploración no debe ser destructiva porque esto significa una disipación de riqueza sin dar nada a cambio; cosa que no sucede con la explotación en cuyo ca-

so esta afirmación, aunque discutible, tiene bases de sustentación. El camino más justo es buscar métodos de exploración que satisfagan las necesidades y no causen demasiados daños. Un país en desarrollo no puede darse el lujo de destruir riquezas o perjudicar industrias en formación para disminuir en una suma irrisoria los gastos de operación de otra industria. La solución encontrada para el problema propuesto fue un sistema que permitiera la producción de una explosión dentro de una cámara expandible a fin de permitir la generación de las ondas y suprimir los daños causados por la explosión en los organismos vivos. Naturalmente un sistema planeado en esta forma.

Exigió la solución de delicados problemas de resistencia de materiales, potencia de mezclas explosivas y reducción de costos de operación a fin de que se pudiera emplear en forma económica en los programas normales de exploración submarina. El resultado obtenido por la Shell Development Company fue el "Gas Source Seismic Profiler" para la producción de ondas sismográficas de alta penetración y cuyos ecos pueden recoger por el mismo sistema de recolección, amplificación y procesamiento de señales (Hydrosteamer) descrito en el capítulo anterior.

Descripción.

La parte básica del sistema productor de ondas consiste en un tubo de Neoprene de ocho pulgadas de ancho que se encuentra aplanado en su totalidad con excepción de una pequeña parte a lo largo de su eje longitudinal, que es cilíndrica. Esta parte central cilíndrica tiene un área de sección de 0.4 pulgadas cuadradas y se encuentra endurecida para soportar la presión hidrostática del agua hasta una profundidad de cuarenta pies. Bajo la presión hidrostática del agua la porción

aplanada del tubo se mantiene en esta posición y la mezcla de gas ocupa únicamente la parte tubular central. En el momento en que la mezcla es detonada la fuerza de expansión de los gases fuerza las paredes de la sección tubular y la parte aplanada se abre permitiendo que el gas se expanda hasta un volumen treinta veces superior a la inicial. Sin embargo, es necesario que se tenga en cuenta que sin la presión hidrostática externa el tubo sería destruido por la expansión. Esta expansión se permite debido a que los cálculos matemáticos demostraron que la mayor eficiencia se encontraba cuando se permitía al gas expandirse de 5 a 20 veces su volumen inicial. El sistema descrito permite que la presión del gas sea transmitida directamente al agua que rodea al tubo sin que se pierda energía en forzar las paredes de éste.

La longitud promedio para los tubos es de veinte pies y con esta longitud puede contener un litro de mezcla gaseosa a la presión atmosférica.

La velocidad de detonación de la mezcla usada por la Shell va de 6600 pies por segundo hasta los 9000 pies por segundo. La mezcla usada está compuesta de oxígeno y acetileno.

Los sobrantes de la combustión son expelidos directamente al aire en el momento de la explosión y los restantes son empujados por la nueva mezcla explosiva que penetra a la cámara de combustión. El desfogue es mantenido fuera del agua por medio de un flotador el cual es remolcado a su vez por una línea de Nylon a fin de mantenerlo sobre la cámara de combustión.

Características.

La Unidad básica para la producción de ondas sismológicas es la cámara de combustión expandible que se mencionó anteriormente. La mezcla detonante usada es de oxígeno y acetileno

en la proporción de 3 a 1 en volumen. Para mayor seguridad, la mezcla de gases se lleva a cabo en cámaras submarinas a 200 pies a popa de la embarcación.

La ignición tiene lugar en un tubo metálico y la expansión se produce en una o más cámaras expandibles de Neoprene de 20 pies de longitud cada una. Los sobrantes de la detonación son expulsados al exterior por encima de la superficie con el fin de que no se produzcan ruidos por formación de burbujas.

Las válvulas de control para el flujo de oxígeno y acetileno se encuentran debidamente programadas a fin de que las explosiones ocurran cada seis segundos.

La ignición se produce mediante el uso de bujías especiales, para actuar las cuales se usa un condensador de 0.06 microfaradios con una diferencia de potencial de 4000 voltios. La potencia utilizada es de medio Joule y es suficiente para producir la ignición aun en el caso de que los terminales de la bujía se cubran de carbón o agua.

La presión máxima creada en la cámara de combustión expandible es de 300 libras por pulgada cuadrada la cual decrece rápidamente con la distancia y por consiguiente ofrece muy poco peligro para los seres vivos.

Las ondas producidas tienen su máxima amplitud alrededor de los 40 cps. El frente de onda se propaga en forma cilíndrica y en dirección perpendicular al eje del sistema. Sin embargo, se pueden programar otros planes de disparo para producir ondas a diferentes ángulos para mejores resultados a mayores profundidades.

La energía reflejada persiste por tres o cuatro segundos y aún más, en algunos lugares.

Cada unidad recibe el nombre de módulo acústico y éstos se pueden combinar en varios arreglos Serie-Paralelo con el fin de producir un efecto óp-

timo. Cada línea en Serie puede tener hasta un máximo de 10 módulos acústicos.

Cuando la explosión ocurre simultáneamente en todos los módulos el frente de propagación de la onda tiene forma cilíndrica pero si la detonación se programa en forma sucesiva se le puede dar la forma cónica que se desee.

La energía de los ecos de una fuente lineal de 10 elementos es aproximadamente igual a la obtenida cuando se utiliza una carga de media libra de dinamita.

La temperatura dentro de las cámaras de combustión se mantiene normalmente por debajo de los 200 grados fahrenheit. Para el caso de que funcionen mal las válvulas es posible mantener en el primer tubo de neoprene una llama y para evitar cualquier daño en éste, existe una termocupla dentro de la cámara de mezcla cerca del primer punto de ignición. Un pirómetro conectado a esta termocupla cierra el suministro de gas si la temperatura dentro de la cámara de mezcla excede a un valor establecido.

Conclusiones.

Del estudio del GASSP podemos sacar las siguientes conclusiones:

1) Es un sistema que reemplaza eficientemente el convencional de las cargas explosivas.

2) Su efecto sobre las formas vivientes es muy inferior al producido por las cargas.

3) No se produce ninguna forma de contaminación de las aguas debido a que los subproductos de la combustión son eliminados en forma aérea.

4) Las ondas producidas son direccionales hasta cierto punto.

5) El costo adicional en equipo es compensado por el más bajo costo de cada explosión; la exploración la puede efectuar un solo buque y no dos como en el caso convencional y el resultado final, continuo y más fácil de interpretar.

6) La protección adicional que se ofrece a todas las formas de vida y no solamente a aquellas que manifiestan o presentan características especiales y excepcionales que les permiten resistir elevadas presiones hidráulicas. Es quizás este el argumento más importante cuando se considere la posibilidad de utilizar cualquier sistema de investigación. (3).

BIBLIOGRAFIA:

- 1) An experimental Fishery survey - Anglo American Caribbean Commission - Washington, D. C., 1945.
- 2) Seismic Section Profiler - Teledyne Industries - Earth Sciences División - Geotech División.
- 3) Gas Source Seismic Profiler - Teledyne Industries - Earth Sciences División - Geotech División.

