

DETERMINACION DEL LIMITE EXTERIOR DEL MARGEN CONTINENTAL ARGENTINO (36°S-47°S), CON TECNICAS GEOFISICAS

Jorge Dardo Giordano

*Servicio de Hidrografia Naval
Investigador Cientifico (D.I.G.I.D.)*

Resumen

El objetivo principal de este trabajo es analizar información sísmica de reflexión de la Campaña oceanográfica BGR87, realizada por el Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales de la República Federal de Alemania en aguas de la plataforma continental Argentina entre 36°S y 47°S de latitud, para la definición del límite exterior del Margen continental, entre Diciembre de 1987 y Marzo de 1988.

La interpretación sísmica siguió las interfases del fondo marino y el techo del basamento sísmico, quedando determinado así, el espesor sedimentario expresado en tiempo de recorrido de la señal sísmica.

Esta tarea da un significativo avance en los estudios hechos para la delimitación del borde exterior del Margen continental Argentino, según la III Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar.

Abstract

The principal objective of this paper is to analyze seismic data of reflection of the oceanographic survey BGR87, done by the Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe of Germany, in the eastern continental shelf, between 36°S and 47°S, for the determination of the seaward limit of the continental margin, between December 1987 and March 1988.

The seismic interpretation, followed the bathymetry marine bottom bathymetry and top seismic basement, defining the thickness of sedimentary rock, expressed on time, of the signal seismic.

This tasks give a significant advance in the study of the determination at outward limit, of Argentine continental margin, according to the Third United Nations Convention on the Law of the Sea.

1. Introducción

Este trabajo trata la institución de la plataforma continental desde la perspectiva, que ofrece la definición de su límite exterior, por técnicas geofísicas. Otros aspectos relevantes como son los jurídicos, y el desarrollo de la institución desde sus orígenes, serán mencionados someramente, a los efectos de darle marco a este trabajo. (AJA SPIL, 1973)

El derecho del mar nació junto con el derecho internacional moderno del que forma parte y evolucionó con él durante los últimos años. (SPECIAL PUBLICATION N°51, 1990).

La Convención sobre el Derecho del Mar tiene como finalidad establecer un nuevo régimen de los Mares y los Océanos, que contribuirá al establecimiento de un orden económico internacional justo y equitativo mediante disposiciones que rigen la utilización del espacio oceánico con fines pacíficos, el aprovechamiento y ordenamiento eficaz de sus recursos y el estudio, la protección y la conservación del medio ambiente marino. (REBAGLIATI, 1985).

Entre las nuevas instituciones del Derecho del Mar, se encuentran la de la Plataforma Continental, la de la zona de los Fondos marinos y los Océánicos, situados más allá de la jurisdicción nacional,

que la resolución 2749(XXV) de la Asamblea general de las Naciones Unidas declaró patrimonio

común de la humanidad el 17 de diciembre de 1970. (NACIONES UNIDAS, Documento, 1970).

La Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, sesionó durante nueve años, desde 1973 a 1982. El acta final fue firmada en Jamaica por 119 Países. Es decir que, aún para aquellos Estados que se abstuvieron de firmarla, o no lo hubieran ratificado, ésta tiene un peso moral gravitante por el consenso reunido de la comunidad internacional. (BEAZLEY, 1982).

El conocimiento Geológico-Geofísico aplicado al Margen Continental tiene una historia muy reciente. En los últimos años se registraron progresos importantes, gracias al uso de instrumental moderno, técnicas de alta complejidad, y al interés creciente por su potencial económico.

El límite exterior de la plataforma, desde el punto de vista jurídico, podría coincidir con el de la plataforma física, pero esto es sólo una de las posibilidades.

La determinación del límite exterior del Margen continental, cuando se extiende más allá de las 200 millas náuticas, es una tarea difícil y deben intervenir varias disciplinas para ser completa, como son la Geodesia, la Geofísica, la Geología, la Hidrografía y la Oceanografía.

Técnicas geofísicas, como la interpretación sísmica, sirven para determinar el límite exterior de la plataforma física. Este trabajo las describirá, y analizará. Estas técnicas recién en los últimos años han alcanzado el refinamiento necesario, para poder definir detalles y arribar así a resultados confiables. (KERR and KEEN, 1985).

2. Plataforma Continental . Características Generales

El término Plataforma Continental es muy rico en significados. A través del tiempo ha sido utilizado según corresponda a las Ciencias de la Tierra, o a la Ciencia Jurídica. (VILA, 1965).

La Plataforma Continental de un Estado ribereño comprende el lecho y subsuelo oceánico. Se extiende a lo largo de la prolongación natural del continente hasta el borde exterior del Margen Continental o hasta una distancia de 200 millas náuticas desde las líneas de base. (BEAZLEY, 1982).

La plataforma es relativamente poco profunda, de pendiente suave, del orden de 1 metro por kilómetro, y de escaso relieve.

Se extiende desde la línea de costa hasta una zona en que se produce un cambio de pendiente y las profundidades aumentan consecuentemente en forma más rápida. Esta zona estrecha, de marcado cambio en la pendiente, es el borde de la plataforma y se encuentra a profundidades y distancias de la costa variable con el tipo de configuración geológica de las diversas plataformas continentales.

Cuando se analiza la estructura de la corteza terrestre, desde el punto de vista geológico, se la diferencia según el tipo de roca; es decir, corteza continental o corteza oceánica. La separación de estos dos dominios se encuentra bajo las aguas del mar, donde ambos tipos de roca se vinculan; y el Margen Continental se ubica en esa zona de cambio.

La zona de transición entre la corteza oceánica y la corteza continental se pone en evidencia por anomalías magnéticas y de gravedad. Esta zona se circunscribe, en general, a distancias entre 50 y 300 kilómetros de la costa; y queda aproximadamente por debajo de la isobata de 2000 metros; en la región del talud continental.

Esto marcaría la separación de dos regiones de muy diferentes profundidades, también de diferentes espesores de la corteza, distintas velocidades sísmicas, y distintas composición petrográficas y química de las rocas subyacentes.

Desde el punto de vista morfológico se presenta como un gran escalón entre el continente y las profundidades de las cuencas oceánicas.

El Margen Continental incluye un conjunto de provincias fisiográficas que se asocian a la transición entre los continentes y los fondos oceánicos. Es decir, la plataforma continental, el talud continental, y el faldeo o emersión continental. Figura 1.

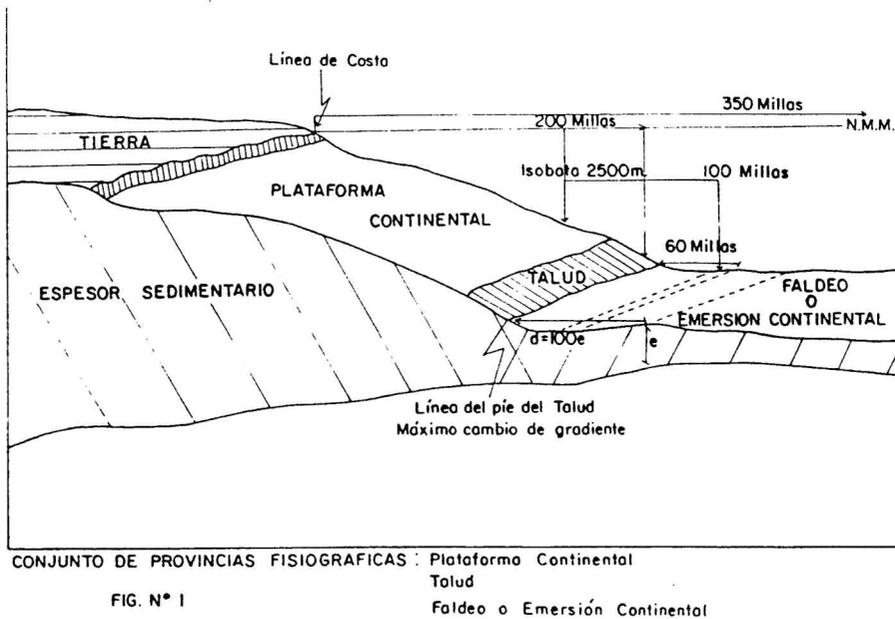


Fig. 1: Conjunto de Provincias Fisiográficas

Este conjunto típico, se encuentra en los océanos Atlántico e Índico con las siguientes características generales; la plataforma continental puede tener entre 3 y 30 minutos de pendiente, el talud usualmente entre 1 y 6 grados, y el faldeo entre 4 y 20 minutos. Esta secuencia se presenta modificada en el océano Pacífico, pues la plataforma cae bruscamente a las profundidades abisales. (ALVAREZ, 1969).

La Plataforma Continental Argentina tiene un largo desde el Río de la Plata, hasta Tierra del Fuego, de 2300 kilómetros, su ancho varía desde 275 km. en la parte Norte, hasta unos 800 km. en el Sur. La superficie aproximada es de 990.000 kilómetros cuadrados y tiene una pendiente media de $2'30''$, mientras que el talud muestra una inclinación del orden de $2^{\circ}30'$. (EWING, et al, 1963).

3. Interpretación de líneas Sísmicas. Fórmula Irlandesa. (ver Apéndice).

La campaña oceanográfica BGR87, realizada por el buque Alemán de investigaciones S/V EXPLORA, entre Diciembre de 1987 y Marzo de 1988, incluyó la obtención de datos geofísicos, como el sísmico multicanal, gravimétrico, magnetométrico, 13 perfiles de refracción y batimétrico, entre los $36^{\circ}S$ y $47^{\circ}S$, de latitud. Un mapa con la ubicación de las líneas sísmicas registradas en

esa campaña, se muestran en la Figura 2. Se utilizó una anguila de 3000 m. con 60 canales, ubicados cada 50 metros. La fuente sísmica estaba constituida por 16 cañones de aire, con una capacidad de 40 litros, alimentados a 140 atmósferas por 4 compresores (3 principales y uno auxiliar), que disparó cada 19/20 según dos (50 metros a 5 nudos); se logró una suma en el subsuelo de 30 Fold, o 3000 %.

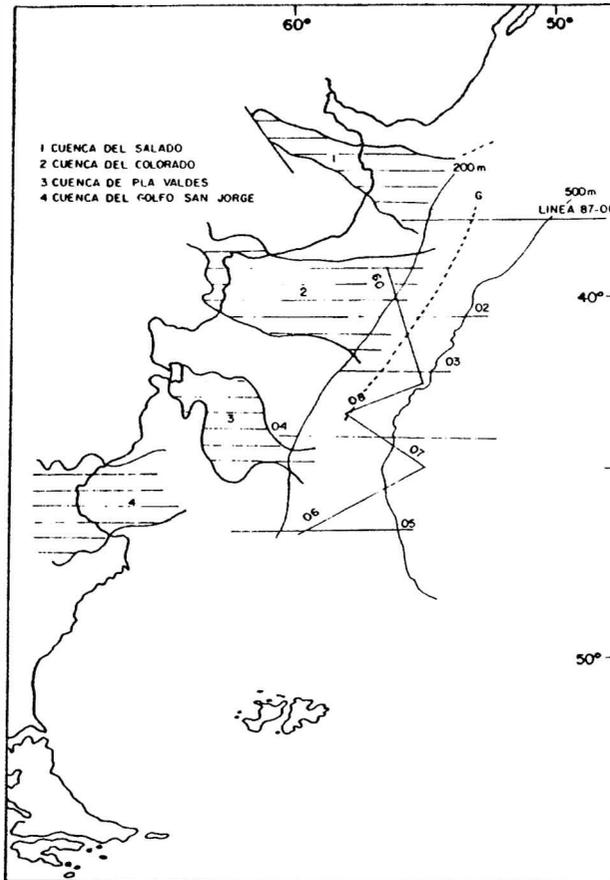


Fig. 2: Líneas Sísmicas

La profundidad de remolque del cable fue de 10 metros, para ello la anguila contó con 11 depresores activos que permiten regular su profundidad y también 8 sensores de profundidad y dirección.

Los cañones de aire se ubicaron a una profundidad de 8 metros, ver Figura 3.

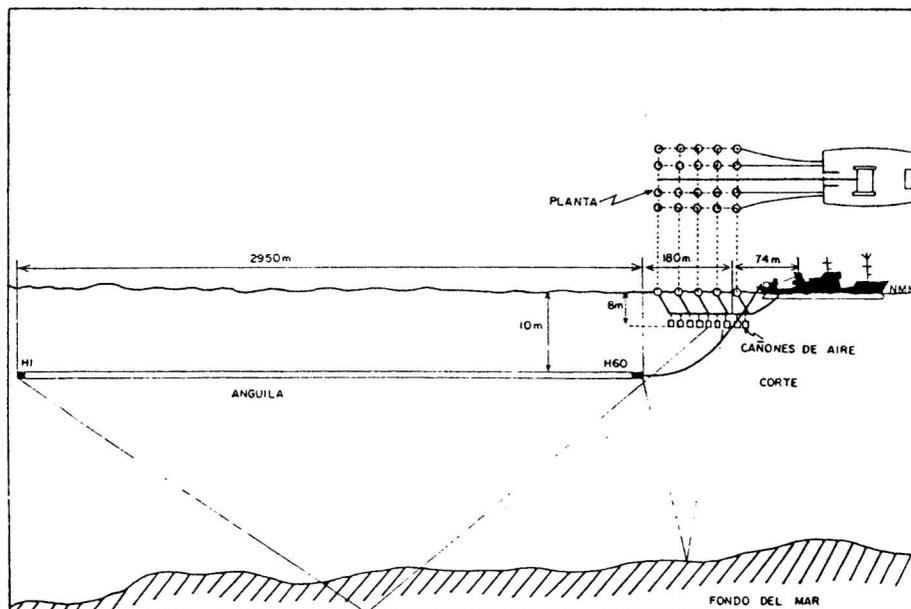


Fig.3: Cable Sísmico

Para complementar la información sísmica registrada, se debe contar con datos de velocidad de Pozos profundos. Dentro del área de trabajo, no se tiene ninguno, por lo tanto para cuantificar el espesor sedimentario en metros, se hizo uso de las funciones de velocidad de procesamiento sísmico.

Las mismas fueron determinadas cada 60 posiciones, es decir planimétricamente son 3000 metros.

El análisis de las funciones de velocidad, proporcionó por un lado, el primer tiempo correspondiente al fondo marino, y además el del basamento sísmico interpretado; que es la última reflexión generalizada más continua. En la sección sísmica se observó el tiempo aproximado, luego se buscó en la función velocidad correspondiente, que velocidad de intervalo le correspondía, verificando un cambio importante de valores; por pasar del paquete sedimentario al basamento sísmico, y surge así el tiempo ida-vuelta de esa interfase, Figura 4.

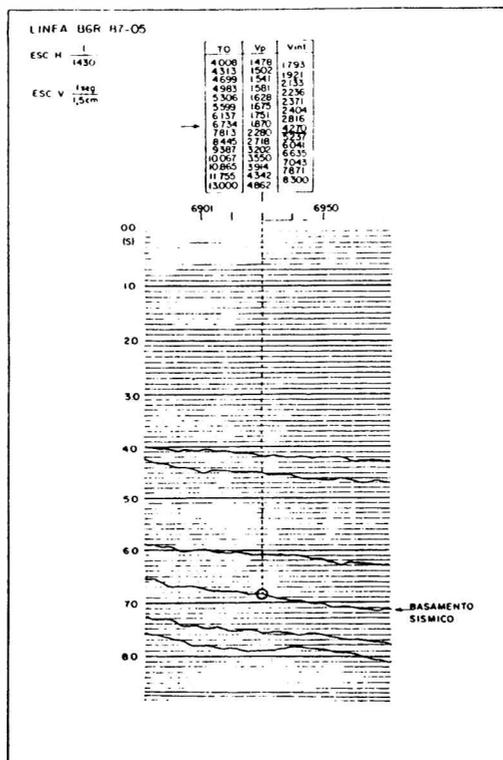


Fig.4: Análisis de Funciones de Velocidad

La calidad de la información sísmica analizada es muy buena.

Las velocidades interválicas son las de mayor interés, pues se relacionan con la realidad geológica. (DIX, 1955).

Estas velocidades aparecen para el mismo tipo de rocas, con una gama de valores que varía según la edad y profundidad de las mismas, además de la conformación litológica, presencia de fluidos intersticiales, etc.

Un valor de velocidad interválica se puede atribuir a varios tipos de roca; por ejemplo 4500m/seg, podría tratarse de arcilla, arena, caliza y hasta una evaporita, es decir toda la gama de rocas sedimentarias. (GIORDANO, 1988).

Las funciones de velocidad, están en las líneas sísmicas calculadas cada 60 posiciones en general, es decir 3000 metros; y han servido para definir el paquete sedimentario como veremos en este ejemplo de cálculo que se muestra de la línea 8704. Tabla I.

Determinación del Limite Exterior del Margen Continental Argentino

To seg	Posición 7280		Posición 7230		
	Vsrm m/seg	Vin m/seg 1480	To seg	Vrms m/seg	Vint m/seg 1480
2.670	1480	1480	2.900	1480	
		1480			1570
2.820	1480	1615	3.070	1485	
		1950	3.240	1500	1750
3.040	1490				2130
3.400	1545	2335	3.630	1580	
		2970	4.220	1700	2305
3.840	1655				2970
4.530	1915	5370	4.650	1855	
		5390	5.000	2235	5060
4.900	2360				5250
5.150	2590	5470	5.270	2480	
		5840	5.750	2840	5390
5.650	2960				5960
6.370	3410	6040	6.410	3300	
		6590	7.210	3720	6120
7.160	3790				6590
7.940	4150	6990	7.940	4070	
					6980
8.810	4510		8.800	4440	

Tabla I. Análisis de las funciones de Velocidad

En La posición 7230, el primer tiempo corresponde al fondo marino, que con la velocidad de intervalo de 1480 m/seg., da la profundidad de 2146 metros. En la información procesada, no se llega a definir con precisión el tiempo del techo del basamento, que está entre 4.6 y 4.7 seg. Por otra parte la velocidad interválica indica un cambio de valores, es decir de 2970 a 5060 m/seg., y es ese tiempo de 4650 seg., el techo del basamento.

Definida esa interfase, queda determinado el paquete sedimentario. Ver Tabla II

Tiempo (seg)	Vel.Int.(m/seg)	Espesor(m)
3.07-2.90=0.170	1570	133.45
3.24-3.07=0.170	1750	148.75
3.63-3.24=0.390	2130	415.35
4.22-3.63=0.590	2305	679.97
4.65-4.22=0.430	2970	638.55

Tabla II. Espesor en función de la Velocidad.

De acuerdo a estos valores, el espesor sedimentario total es de 2016 metros. Para la otra posición 7280; el fondo marino esta a 1976 metros y el espesor sedimentario total es de 2178 metros.

La Figura 5, muestra el fondo marino correspondiente a la línea sísmica BGR87-04, que une los puntos analizados de las funciones de velocidad, y más abajo está el techo del basamento sísmico, que es la última reflexión generalizadamente más continua.

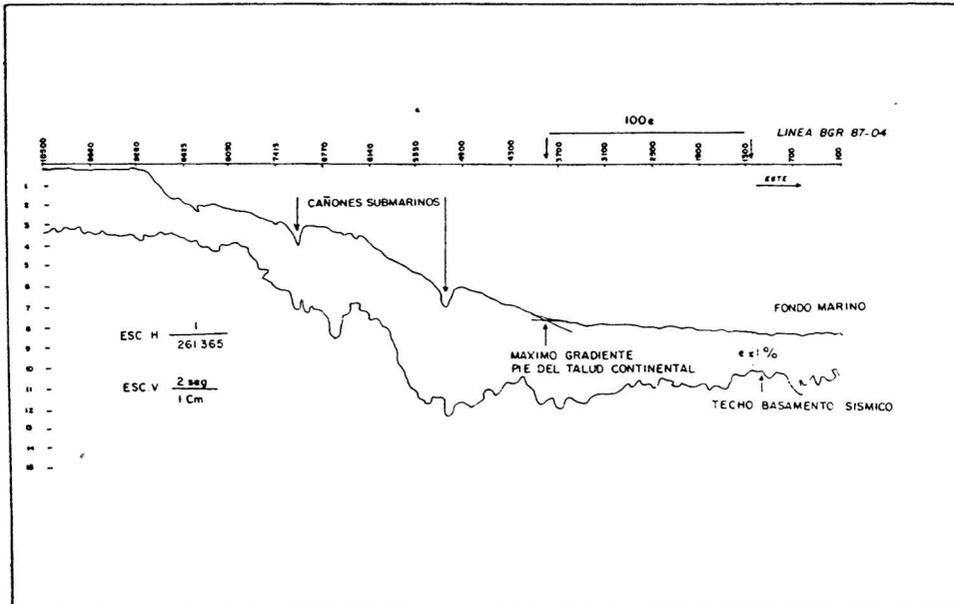


Fig. 5: Fondo Marino y Techo Basamento Sísmico

Esta indicado también, el pie del talud, el espesor sedimentario (e) y la distancia 100(e), desde

Este análisis se efectuó en las líneas de dirección este-oeste, es decir BGR87-01, BGR87-02, BGR87-03, BGR87-04, BGR87-05; permitiendo definir las: zona I: donde el 1% del espesor sedimentario esta ubicado entre las 200 y 350 millas náuticas.

zona II: donde el 1% del e.s. cae fuera de las distancias mencionadas anteriormente.

zona III: donde se carece de datos, por falta de información sísmica en esta campaña. Ver Figura 5a.

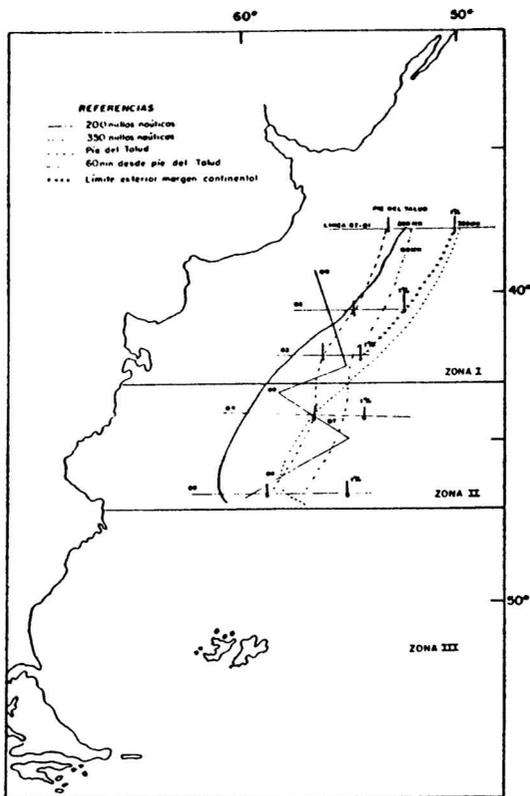


Fig. 5a: Definición de las Zonas I, II y III

4. Proyecto Futuro

La vasta superficie de nuestra plataforma ha sido recorrida a lo largo del tiempo por diferentes campañas, llevadas a cabo por el Servicio de Hidrografía Naval, varias compañías privadas de Servicios y Petroleras, e Institutos de Investigación. Estas líneas sísmicas registradas son de gran interés, y serán analizadas en el futuro a los efectos de ir completando la delimitación del Margen continental con esta técnica.

La Figura 6, muestra las derrotas seleccionadas y los kilómetros de líneas sísmicas disponibles

La Figura 6, muestra las derrotas seleccionadas y los kilómetros de líneas sísmicas disponibles para analizar e interpretar. Hacen un total de 18.915 km.; pero como se puede observar, algunas de las líneas no llegan al talud continental en la zona denominada (I), por otra parte se ven las líneas propuestas para el futuro, que suman 29.200 km., en principio.

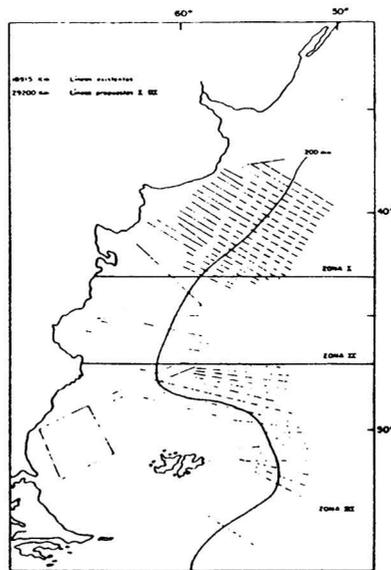


Fig.6: Derrotas Seleccionadas para analizar e interpretar

En referencia a la calidad, no se debe perder de vista el hecho que para hacer la conversión de profundidades en tiempo a metros, lo tradicionalmente realizado es usar un mapa de velocidades derivados de pozos profundos, que son los valores mas confiables.

Aquí no se pudo trabajar así, por la falta de pozos profundos en el área de esta campaña sísmica. Por lo tanto, en la medida que la zona de trabajo alcance lugares con perforaciones profundas, se podrá ir delineando ese mapa de velocidades, y usar como conversión, las velocidades interválicas normalizadas que son las que logran mayor precisión, (CARTER, 1989).

5. Conclusiones

La definición del límite exterior del Margen continental ha sido una cuestión abierta a la discusión de manera permanente y de un modo indisoluble ligado a la problemática misma de la institución del Margen Continental. (BOWETT, 1966).

En otras palabras, el límite fue desde los orígenes, una cuestión neurálgica y así siguió siendo hasta la última Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar. (TERCERA

Las condiciones geográficas que tiene Argentina, aconsejan ir determinando el límite exterior del Margen continental, según la fórmula de la Convención que dé el valor más preciso y mayor hacia alta mar.

Aquí se trabajó con la fórmula de Irlanda, (ver apéndice Artículo 76), que tiene en consideración el 1% del paquete sedimentario.

También se puede definir el límite, con aquel criterio que lo ubica en las 60 millas náuticas a partir del pie del talud, (THAMSBORG, 1974).

Por lo tanto cuando esa densidad de información este ya interpretada y volcada a los planos, mediante estos dos criterios, se sabrá con mayor certeza cuál es la técnica de delimitación más conveniente para nuestro País, y a partir de ahí proponerla a la Comisión, de conformidad al artículo 76 (ver apéndice), con la información científica y técnica de aplicación para la definición.

La gran superficie que abarca el Margen continental en el caso de la Argentina, y el potencial económico de recursos de esa amplia zona, justifican todo esfuerzo que demande, para poder conocerla y delimitar, (YUNG, 1977).

Por último se desea despertar el interés de autoridades y colegas, para que este camino trazado; sea realizado con todo el apoyo posible, sabiendo que siempre será poco el esfuerzo, en comparación a los beneficios que representará para la Argentina.

Agradecimiento. Se agradece en primer término al Servicio de Hidrografía Naval la posibilidad de usar la información sísmica marina de reflexión de la campaña realizada por el buque de investigaciones Alemán S/V EXPLORA 87, además las sugerencias recibidas por parte del personal Científico que fueron consultados para leer este trabajo; se agradece también al Instituto Antártico Argentino por el apoyo en el almacenamiento de datos y proceso de transformación de las funciones de velocidad de procesamiento de todas las líneas sísmicas de la campaña para pasar del tiempo en segundos a metros, y a la Srta. Silvia Damiani que se encargó de todas las figuras de este manuscrito.

Referencia

- Aja Spil J.A., 1973. El Derecho del Mar, las nuevas cuestiones del Derecho Internacional Marítimo, Bogotá.
- Alvarez J., 1969. Consecuencias estratégicas de las plataformas continentales. Tesis de Doctorado.
- Beazley P.B., Jan. 1982. Maritime boundaries. The International Hydrographic. Review. Mónaco Vol.LIX, (p.149 to 159)
- Beazley P.B., June 1987. Maritime baselines. A guide to their delineation. The Hydrographic Society. Spetial Pub.Nr.2 (3er Ed.), pag. 189 to 201.
- Bowett W.T.Burke. 1966. Ciencias Oceánicas, Tecnología y el Futuro Derecho Internacional Marítimo. Columbus, Ohio.
- Carter M.D., January 1989. Depth conversion using normalized interval velocities. Geophysics, EDGE.
- Dix C.H., 1955. Velocities from Surface measurements, Geophysics.
- Ewing M., Lwdwing W., and Ewing J., 1963. Geophysical Investigations in the submerged Argentine coastal Plain Part . Buenos Aires to Peninsula Valdes. Geological Society of America.
- Giordano J.D., Noviembre 1988. Curso de Sísmica de Pozo. Dictado en el I.A.P. Buenos Aires, (p.14 a 29).
- Kerr A.J. and Keen M.J., Jan 1985. Hydrographic and Geological concerns of implementing article 76. The International Hydrographic. Review. Mónaco Vol.LXII.
- Naciones Unidas. 1967. Documento oficiales, vigésimo segundo período de sesiones de la Asamblea General, Nueva York A/6695.
- Naciones Unidas. 1970. Documentos oficiales, vigésimo tercero, cuarto y quinto período de sesiones A/7230, A/7622 y A/8021.
- Rebagliati O.R., 1985. La Plataforma Continental y su límite exterior. Eudeba.
- Special Publication Nr.51, July 1990. Technical aspects of the United Nations Convention on the Law of the Sea 1982, 2nd Ed. The International Hydrographic Bureau. Mónaco.
- Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar. Octubre 21. 1982. A/Conf.62/121.
- Thamsborg M., Jan.1974. Hydrography as related to Maritime boundary problems. The Int. Hydr. Review. Mónaco Vol.LI, (157- 173).

(157- 173).

- Vila F., 1965. Conocimiento actual de la Plataforma Continental Argentina. Informe H-644.

- Yung A.A., 1977. Seminario sobre Exploración de los Recursos no Renovables del Margen Continental. O.E.A., Buenos Aires.

APENDICE Artículo 76 de la Ley del Mar (SPECIAL PUBLICATION N°51, MONACO 1990).

La declaración de Estados Latinoamericanos sobre el Derecho del Mar, celebrado en Lima, consagró el derecho inherente del Estado ribereño a explorar, conservar y explotar los recursos naturales del mar adyacente a sus costas, y del fondo y subsuelo del mar, para promover el máximo desarrollo de sus economías, para elevar los niveles de vida de sus pueblos.

Como consecuencia de varias negociaciones, dentro del ámbito internacional, el artículo 76, correspondiente a la Tercera Conferencia de las Naciones Unidas (1982), quedó finalmente redactado. Algunos de sus puntos principales, dicen: 1ro. La Plataforma Continental de un Estado ribereño comprende el lecho y el subsuelo de las zonas submarinas que se extienden más allá de su mar territorial y a todo lo largo de la prolongación natural de su territorio hasta el borde exterior del Margen continental, o bien hasta una distancia de 200 millas marinas desde las líneas de base, en los casos en que el borde exterior del Margen continental no llegue a esa distancia.

2do. La Plataforma Continental de un Estado ribereño no se extenderá más allá de las 350 millas desde las líneas de base a partir de la cuál se mide el mar territorial; o bien 100 millas desde la isobata de 2500 metros.

3ro. El Margen continental comprende la prolongación sumergida e la masa continental del Estado ribereño y esta constituida por el lecho y el subsuelo de la plataforma, el talud y la pendiente precontinental. No comprende el fondo oceánico ni su subsuelo.

4to. Para los efectos de la presente Convención, el Estado ribereño establecerá el borde exterior del Margen continental, donde quiera que el Margen se extienda más allá de las 200 millas marinas contadas desde las líneas de base a partir de las cuales se mide la anchura del mar territorial, mediante:

4i. Una línea trazada de conformidad con el párrafo 7mo. en relación con los puntos fijos extremos en cada uno de los cuales el espesor de las rocas sedimentarias sea por lo menos el 1% de la distancia más corta desde ese punto, al pie del talud continental.

4ii. Una línea trazada de conformidad con el párrafo 7mo. en relación a puntos fijos, situados a no más de 60 millas marinas, del pie del talud continental. Salvo prueba en contrario, el pie del talud continental se determina como el punto de máximo cambio de gradiente en su base.

5to. Los puntos fijos que constituyen la línea del limite exterior del Margen continental en el lecho del mar, trazada de conformidad con los incisos 4i y 4ii, deberán estar situados a una distancia que no exceda de 350 millas marinas contadas desde las líneas de base a partir de las cuales se mide la anchura del mar territorial o de 100 millas marinas contadas desde la isobata de 2.500 metros.

6to. No obstante lo dispuesto en el párrafo 5to. en las crestas submarinas el limite exterior del Margen continental no excederá las 350 millas marinas desde las líneas de base a partir de las cuales se mide la anchura del mar territorial. Este párrafo no se aplica a elevaciones submarinas que sean componentes naturales del Margen continental, tales como las mesetas, emersiones, cimas, bancos y espolones de dicho Margen.

7mo. El Estado ribereño trazará el limite de su plataforma continental, cuando se extiende más allá de 200 millas marinas desde las líneas de base a partir de las cuales se mide la anchura del mar territorial, mediante líneas rectas, cuya longitud no exceda de 60 millas marinas y unan puntos fijos definidos por medio de coordenadas de latitud y longitud.

8vo. El Estado ribereño presentará información sobre los límites de la plataforma continental más allá de las 200 millas marinas contadas desde las líneas de base, a la Comisión de limites de la plataforma continental, establecida de conformidad con el anexo II sobre la base de una representación geográfica equitativa. La Comisión hará recomendaciones a los Estados ribereños

sobre las cuestiones relacionadas con la determinación del límite exterior de sus plataformas continentales. Los límites que determine un Estado ribereño teniendo en cuenta tales recomendaciones, serán definitivos y obligatorios.

Como se puede apreciar, la mayor parte de los elementos que se requieren para la delimitación mencionada pueden obtenerse mediante la aplicación de técnicas usuales del relevamiento Hidrográfico, una de ellas, usa la interpretación sísmica, que se ejecuta comúnmente en exploración de hidrocarburos.

Sintetizando: Límite exterior del Margen Continental comprende:

A lo largo de la prolongación natural del territorio hasta el borde exterior del Margen continental.

Fórmula Irlandesa

Donde el espesor de las rocas sedimentarias es el 1% de la distancia más corta que va desde ahí, hasta el pie del talud.

Hasta las 200 millas desde las líneas de base, en los casos que el borde exterior del Margen continental no llega a esa distancia.

Fórmula Hedberg

Una línea con relación a puntos situados a una distancia de hasta 60 millas mar afuera desde el pie del talud.

Estos puntos no se deben encontrar más allá de:

100 millas desde la isobata de 2.500 m.

350 millas desde las líneas de base.