

SIMULACION NUMERICA DE LA DISTRIBUCION DE NODULOS DE
MANGANESO EN EL FONDO DEL MAR.

V.M. Silbergleit

Depto. de Física, Facultad de
Ciencias Exactas y Naturales
Universidad de Buenos Aires.

RESUMEN

En este trabajo se realiza un desarrollo de cálculo numérico aplicable a la detección de objetos en el fondo sedimentario, el interés del mismo se centra en los yacimientos de nódulos de manganeso.

Se emplea el método de simulación numérica que distribuye aleatoriamente áreas representativas en un plano, empleando para ello las distribuciones probabilísticas uniforme y gaussiana. A través de esta descripción analítica, es posible calcular los promedios de masa nodular por unidad de superficie para distintos arreglos y compararlos con los resultados experimentales. Para el caso de yacimientos densamente poblados, se observa la bondad del método.

ABSTRACT

In this paper it is developed a numerical simulation that is applied to determine solid objects in sedimentary floors. The main objective is focused in deposits of manganese nodules.

It is used the numerical simulation method that distributes randomly representative areas in a plane, on the basis of the uniform and gaussian probabilistic distribution.

Through this analytical description it is possible to calculate the mean of the nodular mass for unit of covered area and for different nodular sets. The analytical results may be compared with experimental ones, showing good agreements in the case of oreshoot.

1. INTRODUCCION

Los depósitos de nódulos de manganeso, existentes en el fondo del mar, son de gran valor económico. Están localizados en las profundidades marinas entre los 3000 y 6000 metros, siendo su búsqueda costosa y difícil.

Una revisión de los sistemas desarrollados con propósitos de descubrimiento o exploración de nódulos de manganeso, indican que no hay métodos ideales ni equipamientos fácilmente aprovechables para la detección de nódulos, en términos de certeza y economía.

Para estas búsquedas se han utilizado cámaras submarinas y sistemas de TV, obteniéndose fotografías del fondo a lo largo de la trayectoria. También las técnicas acústicas han demostrado que son altamente efectivas para las exploraciones oceánicas brindando información acerca de la naturaleza del fondo oceánico.

Estudios acerca de la abundancia y dimensiones de los nódulos de manganeso, pueden ser comprendidos a través del análisis de la dispersión de ondas acústicas.

Sobre este tópico, (Magnuson, 1983) presenta un análisis simplificado, demostrando cómo puede sintetizarse, a través del estudio de un solo nódulo, la respuesta debida a depósitos nodulares distribuidos sobre el fondo oceánico.

La respuesta acústica para un nódulo simple es calculada a partir de una onda incidente plana. Se elige una onda incidente plana, porque las fuentes de sonido están suficientemente lejos.

2. MODELO DE SIMULACION NUMERICA

A pesar de no existir geometrías predeterminadas que definan la forma y la ubicación de los nódulos en un yacimiento, se resolvió el problema a partir de las siguientes hipótesis:

- 1) El fondo marino es representable por un plano infinito.
- 2) Puede considerarse que la sección nodular es circular.
- 3) Para el cálculo de los radios de las secciones nodulares se utiliza una distribución estadística "normal".
- 4) La posición de cada nódulo se obtiene a partir de una distribución estadística uniforme, no siendo posible que nódulos vecinos se superpongan.

3. CONCENTRACION DE NODULOS EN EL FONDO MARINO

Para caracterizar los yacimientos ferromanganesicos oceánicos, es necesario conocer: la densidad de los mismos, la superficie total cubierta, el número de nódulos, la masa ferrosa por unidad de superficie, etc.

El número de nódulos existentes en un yacimiento se define (de acuerdo con el modelo expuesto) como el cociente entre el área frontal total presentada (A_f) y el área del nódulo medio (su radio coincide con la media "a" de la distribución normal).

$$n = \frac{A_f}{\pi a^2} \quad (1)$$

La masa ferromanganesica del yacimiento estará dada por:

$$m_n = n \cdot m \quad (2)$$

siendo m la masa correspondiente al nódulo de radio "a".

La concentración del yacimiento será entonces:

$$c = \frac{m_n}{A} = \frac{A_f}{A} \cdot \frac{m}{\pi a^2} \quad (3)$$

donde A es la superficie total cubierta (área del rectángulo que delimita cada arreglo nodular).

4. METODO DE CALCULO

Se desarrolló un programa computacional en idioma FORTRAN IV, de acuerdo con el modelo de simulación propuesto, con el fin de obtener arreglos aleatorios, representativos de yacimientos ferromanganesicos densamente poblados.

Para iniciar el cálculo, se construyó un reticulado base rectangular, cuyo espaciado se tomó igual al diámetro del nódulo medio (2a). Para obtener el arreglo aleatorio, se realizaron corrimientos de los vértices, de acuerdo con la distribución uniforme. Con estos valores se armaron las dos matrices, con las coordenadas cartesianas del reticulado final. Para la obtención de círculos de diámetros aleatorios, se utilizó la distribución probabilística Gaussiana. Con los valores así obtenidos se armó la matriz de los radios.

Cada círculo se ubicó en uno de los vértices de la grilla. A través de la comparación de la distancia comprendida entre centros y el ancho del retículo correspondiente, se evitó la superposición.

Para el cálculo de números aleatorios, debió ingresarse un valor inicial o semilla a partir del cual se obtuvo cada arreglo nodular. Las configuraciones cuyos cocientes $\frac{A_f}{A}$ resultaron menores del 35% fueron descartadas.

De acuerdo con (Magnuson, 1983) se consideraron para el cálculo los valores de:

- i) radio nodular medio igual a 4 cm.
- ii) dispersión del radio nodular medio igual a 2 cm.

En la Fig.1 se presenta un conjunto nodular de los aceptados.

5. RESULTADOS

Considerando 10 arreglos nodulares de 625 nódulos cada

uno, se obtuvo un cociente promedio de:

$$\frac{\Lambda_f}{\Lambda} = 0,41 \pm 0,08$$

Aplicando la ecuación (3) y considerando, de acuerdo con (Magnuson, 1983), el valor $m = 259$ gr, se obtiene para la concentración del yacimiento nodular el valor de:

$$c = (2,12 \pm 0,42) \text{ gr/cm}^2$$

el que guarda buen acuerdo con las determinaciones fotográficas obtenidas para la región central del Océano Pacífico, de acuerdo con (Mero, 1965) y con los valores presentados por (Liao, 1988) correspondientes al Pacífico Norte y obtenidos utilizando el sistema MBSP como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1

| Referencia | Valor de la concentración nodular |
|-------------------|-----------------------------------|
| Liao Y. (1988) | 21,8 kg/m ² |
| Mero, J.L. (1965) | 2,5 gr/cm ² |
| Presente trabajo | (2,12 ± 0,42) gr/cm ² |

Tabla comparativa de la abundancia de nódulos de manganeso en yacimientos densamente poblados.

5. CONCLUSIONES

El presente trabajo propone un modelo matemático simple aplicable a la distribución de nódulos ferromanganesicos en el fondo del mar. Los resultados obtenidos para yacimientos densamente poblados, están en buen acuerdo con los valores experimentales publicados por otros autores, Mero (1965), Magnuson (1983), Liao (1988)

Otro campo de aplicación posible, para el modelo de simulación desarrollado, se encuentra en los estudios de abundancia de las especies acuáticas. En este sentido es posible determinar la densidad, la abundancia y las dimensiones de las masas vivas, utilizando los mismos métodos que se han descrito para las masas sedimentarias.

Agradecimientos: al Dr. Daniel Bruno, por sus interesantes discusiones críticas; a la Lic. Diana Otero, por su apoyo en la implementación computacional; al Servicio Naval de Investigación y Desarrollo por permitir el acceso y la utilización de su Centro de Cómputos durante la realización del presente trabajo.

REFERENCIAS

- Liao, Y.; 1988: Multi-Purpose Acoustic System Aids Manganese Nodule Exploration. Sea Technology, pp. 33, Table I.
- Magnuson, A.H.: 1983: Manganese Nodule Abundance and Size from Bottom Reflectivity Measurements. D.A.O.E. Virginia Polytechnic Institute and State University Blacksburg, Virginia 24061.
- Mero, J.L.; 1965: The Mineral Resources of the Sea, Elsevier Scientific Publishing Company. pp. 174. Table XXV, Cap. VI.

Figura 1.
Arreglo nodular obtenido.

