

# Interpretación geológica de sismogramas sintéticos. Un ejemplo aplicado al sondeo Río Segura G-1

*Geological interpretation of synthetic seismograms. An applied example to the Rio Segura G-1 well*

W.I. Martínez Cabañas

GESSAL; C/Toronga 21, Local 1, 28043 Madrid.

## ABSTRACT

*Synthetic seismograms are used to obtain an accurate control of the stratigraphy on seismic sections. Detailed study of synthetic seismograms accompanied with the analysis of other well records, have allowed us to know the real origin of seismic responses and to quantify the relevance or not of a given reflector.*

**Key words:** *synthetic seismograms, reflection coefficients, seismic traces, wavelets, interpretation, geological significance.*

*Geogaceta, 20 (1) (1996), 153-156  
ISSN: 0213683X*

## Introducción

El estudio de sismogramas sintéticos en compañía de otras herramientas de pozo permite determinar las relaciones existentes entre la litoestratigrafía de un sondeo y la respuesta sísmica que ella genera, hasta el punto de poder establecer dentro de una traza sintética el origen y significado geológico de las reflexiones que la constituyen. Este control servirá de criterio para determinar que horizontes serán más adecuados para nuestra interpretación sísmico-geológica.

El presente trabajo trata de llamar la atención sobre algunos aspectos relevantes de los sismogramas sintéticos, ya que su conocimiento puede contribuir a una mejor comprensión de los mismos y a una interpretación más completa que la limitada a la correlación entre horizontes sísmicos y la estratigrafía de pozo.

## Fundamento teórico

Los sismogramas sintéticos reproducen a partir de datos de un sondeo, la imagen en forma de traza sintética, de la vertical sísmica sobre la que está situado el pozo. Disponemos así de una correlación entre atributos puramente geológicos (litológicas, estratigrafía, porosidad...) y parámetros geofísicos, tales como reflexiones sísmicas, amplitudes, frecuencias, etc.

El nexo de unión entre ambos tipos de parámetros son los llamados coeficientes

de reflexión ( $R_c$ , que nos dan la relación de amplitudes entre dos medios sobre los que incide un rayo perpendicular) definidos según la ecuación fundamental y/o su forma simplificada cuando las densidades son parecidas (Gardner *et al.*, 1974) que se muestran en la figura 1, donde  $v_1$  y  $v_2$  representan las velocidades de propagación a través de los medios de densidades  $\rho_1$  y  $\rho_2$ . El producto de la velocidad de propagación de un medio por la densidad del mismo, es lo que se denomina impedancia acústica ( $I$ ).

Estos coeficientes ( $R_c$ ) se pueden cal-

cular a partir de dos diagraffas de pozo sónico y densidad, que tras ser asociados a una ondícula (convolución), se transforman en valores de amplitud, que definirán la traza sísmica (Fig 1).

## Relaciones coeficiente de reflexión-ondícula

Las trazas sintéticas se podrían definir como la expresión de un registro continuo de coeficientes de reflexión en forma de ondículas, tal y como se refleja en la figura 2 (apartados a,b y c) donde se

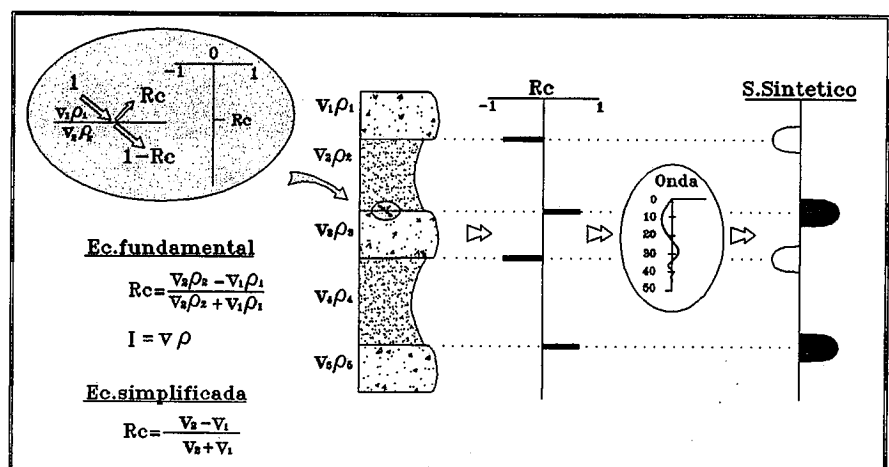


Fig. 1.- Generación de un sismograma sintético.

Fig. 1.- Synthetic seismogram generation.

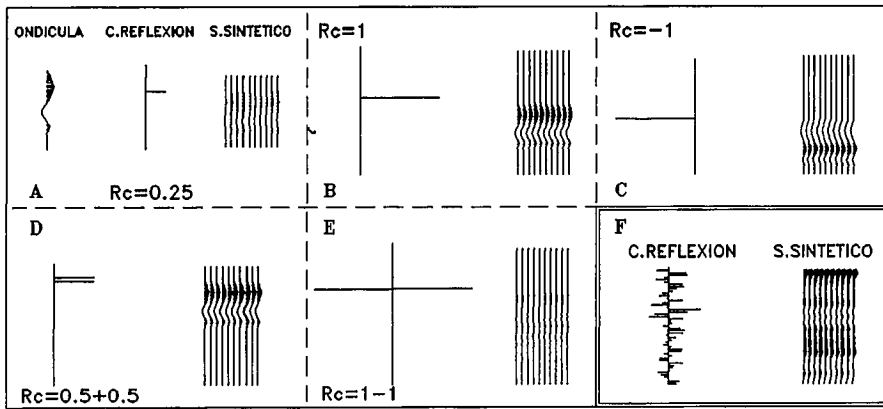


Fig. 2.- Algunas relaciones sencillas coeficiente de reflexión-ondícula.

Fig. 2.- Some easy reflection coefficient-wavelet relations.

exponen algunas relaciones sencillas. En la práctica dichas relaciones son mucho más complejas, debido principalmente a que las ondículas resultantes se producen por la interacción entre varios coeficientes de reflexión próximos (Fig.2 apartados de) lo que origina que varias ondículas quedarán expresadas en una sola, resultado de la adición y sustracción de todas ellas, desapareciendo así la identidad coeficiente de reflexión-ondícula (Fig. 2f).

La magnitud relativa de las ondículas no siempre supone una mayor relevancia del reflector a la hora de su interpretación, puesto que las relaciones entre coeficientes próximos son las que determinan el tamaño de estas. La figura 2d representa dos coeficientes del mismo signo que se combinan para dar otro coeficiente suma [  $R_c(0,5) + R_c(0,5) = R_c(1)$  ]. La ondícula resultante es idéntica a la generada en 2b por un sólo  $R_c$  de magnitud  $R_c=1$ ,

La calidad de una imagen sísmica sintética será tanto mejor cuanto más netas sean las variaciones de velocidad y más distanciadas se encuentren en el tiempo, puesto que de lo contrario las relaciones de interferencia entre ondículas no permiten un registro claro. Este aspecto viene determinado por las características geológicas de la serie en particular, por lo que se entiende que la calidad de definición de los sismogramas sintéticos depende en gran medida de las características geológicas del tramo atravesado. De manera que en general, aquellos tránsitos de carácter gradual pasan desapercibidos o quedan poco marcados en contraposición con los cambios geológicos netos.

Los coeficientes de reflexión reflejan variaciones en la velocidad de propagación y/o de densidad a lo largo de la columna y no deben ser asociadas única-

mente a cambios litológicos, estratigráficos etc., pues se deben además, a toda aquella alteración que afecte internamente al comportamiento mecánico de las rocas atravesadas, sea porosidad, fracturación, contenido en fluidos..., derivadas de la historia geológica de las mismas. Así, coeficientes de reflexión de magnitud diferente podrán ser generados por una misma litología cuyas propiedades varíen a lo largo de la columna. Un ejemplo de ello es el efecto producido por la compac-

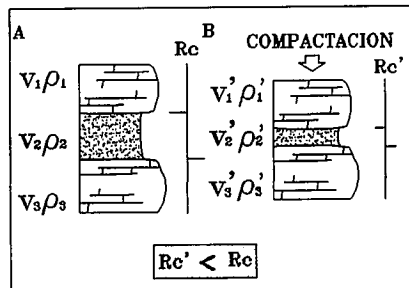


Fig. 3.- Efecto de la compactación en la generación de coeficientes de reflexión.

Fig. 3.- Compactation effect on reflection coefficient generation.

tación. La figura 3, representa un ejemplo de una misma alternancia rocosa formada por dos litologías con potencial de compactación diferente, en dos situaciones de enterramiento distintas, mostrando los coeficientes de reflexión correspondientes a cada caso.

**Convolución**

La representación de los coeficientes de reflexión como trazas sintéticas viene definida por la convolución, en este proceso se establece la relación que existirá entre los coeficientes de reflexión y su

expresión en forma de ondículas (Schoenberger, 1974). El paso más delicado es la elección de la ondícula a emplear en la convolución, para lo que existen multitud de técnicas (Lines y Ulrych, 1977). De la correcta elección de la onda dependerá el aspecto final de la traza sintética y por tanto su semejanza o no con las trazas sísmicas. En la figura 2a aparece dibujada la onda escogida, un valor de coeficiente de reflexión y la ondícula resultante tras la convolución, cuya amplitud será proporcional al valor del coeficiente de reflexión que representa. Obsérvense además las relaciones existentes entre los coeficientes de reflexión y la amplitud de las ondículas generadas para 2a, 2b y 2c.

Sin embargo, la longitud total expresada en tiempo ( $L_o$ ) para cualquier ondícula será la misma independientemente de su coeficiente y vendrá determinada por la ondícula escogida en la convolución. Esto condicionará el grado de resolución de los sismogramas sintéticos, de forma que aquellas capas cuya potencia expresada en tiempo ( $L_c$ ) sea inferior a la longitud en tiempo ( $L_o$ ) de la ondícula empleada, no serán representadas en la traza sintética debido a los procesos de sustracción antes descritos. Un ejemplo de esto puede observarse en la figura 4, donde se

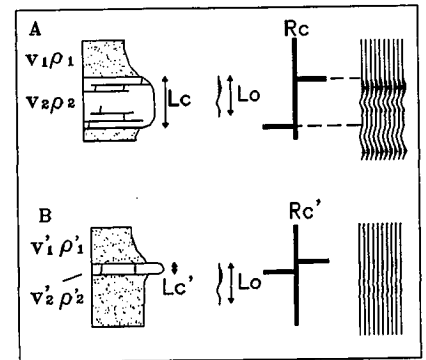


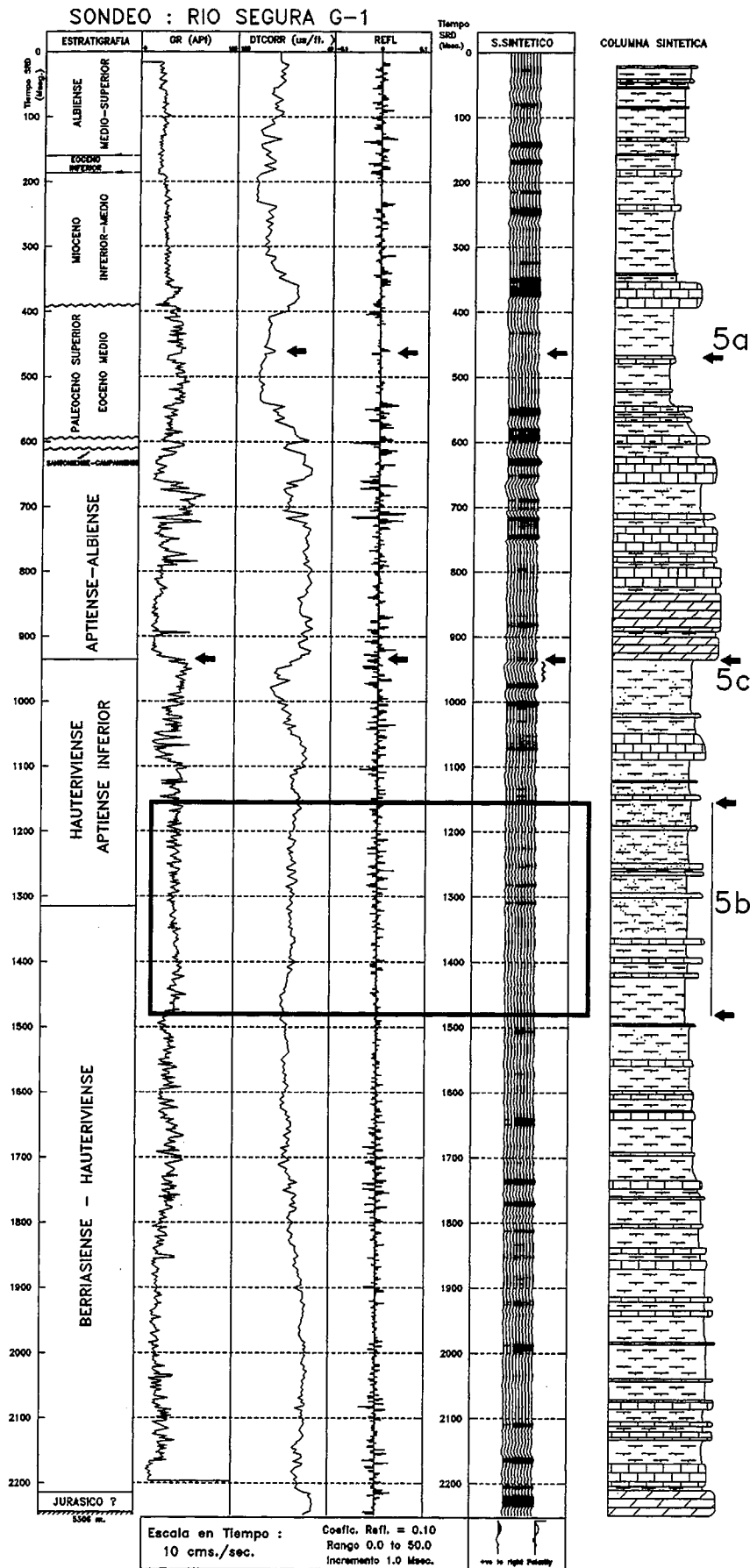
Fig. 4.- Resolución de los sismogramas sintéticos.

Fig. 4.- Synthetic seismogram resolution.

representan dos capas de una misma litología y potencias diferentes, ambas generarán valores de coeficientes de reflexión idénticos, siendo la relación de tamaño entre  $L_o$  y  $L_c$  la que determina la generación de un reflector (Fig. 4a) o la casi nula representación del mismo (Fig. 4b).

**Significado geológico**

Los intervalos geológicos homogéneos poseen un carácter sísmico conti-



nuo, por lo que en ocasiones y apoyándonos en el resto de los registros del pozo, podremos aislar «facies sísmicas» como conjuntos de ondículas con una expresiva continuidad (Fig. 5b) y asociarlas directamente con los intervalos geológicos que representan. Para establecer estos tramos homogéneos deberemos, en ocasiones, valorar la importancia de reflectores aislados que rompan localmente la monotomía.

En muchas ocasiones, las variaciones realmente significativas pueden pasar desapercibidas si estas están expresadas por ondículas blancas (el color de la ondícula viene determinado por la polaridad escogida: se habla de polaridad «normal» cuando los aumentos en la velocidad de propagación vienen representados por ondículas negras y de polaridad «inversa» si ocurre lo contrario). Un ejemplo de ello se observa en la figura 5c. Hacia el metro 950 de la columna la ondícula blanca señalada por la flecha, que está representando un cambio estratigráfico importante, es menos expresiva que otras ondas próximas, aún teniendo ésta una mayor amplitud que las ondículas negras que la rodean. Es por esto por lo que la interpretación de los sismogramas sintéticos conviene realizarla en compañía del registro continuo de los coeficientes de reflexión, del sónico, de otras diagraffas disponibles y de la columna geológica interpretada a partir de las diagraffas. Se podrán entonces establecer las relaciones entre aquellas variaciones de velocidad relevantes, sus coeficientes de reflexión asociados y las ondículas generadas. De esta manera conoceremos el caso particular de cada ondícula y podremos valorar la representatividad de cada una.

### Escala de interpretación

La definición máxima posible de los sismogramas sintéticos está condicionado por la resolución de las herramientas en que se basa. Un perfil sónico suele obtener una medida cada 20 o 30 cm, muy superior a la definición de la sísmica convencional, esto supone que las trazas sintéticas poseen en potencia mucha mayor información que una traza sísmica por lo

Fig. 5.-Sismograma sintético del sondeo Rio Segura G-1, donde se muestran algunos aspectos mencionados en el texto.

Fig. 5.- Rio Segura G-1 well synthetic seismogram, Showing some aspects mentioned in text.

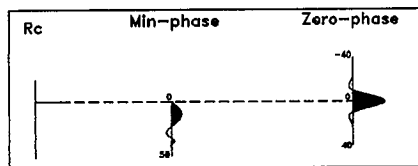


Fig. 6.- Diferencias en la posición adoptada por ondículas en fase cero y en fase mínima respecto a un mismo coeficiente de reflexión.

Fig. 6.- Different position between minimum phase and zero phase wavelets regarding a similar reflexion coefficient.

que a la hora de establecer una correlación entre trazas sísmicas y sintéticas necesitamos equiparar su resolución, para ello la traza sintética es remuestreada de diferentes maneras (Branisa, 1974) para simular la pérdida de información sufrida por la traza sísmica. Dado que la definición de una traza sísmica varía en profundidad como resultado del filtrado de frecuencias a que son sometidas las ondas al atravesar la superficie terrestre, al final nos vemos obligados a comparar trazas con grado de definición diferente, aunque semejante.

Cuando se trata de establecer mediciones de tiempo precisas sobre los sismogramas sintéticos, es necesario conocer el tipo de ondícula empleada en la convolución, ya que estas adoptarán posiciones distintas respecto al coeficiente de reflexión dependiendo de su fase (Fig. 6). Las señales más comúnmente empleadas son la fase cero si la fuente de energía empleada para generar las ondículas es vibrosísmica y fase mínima si la fuente empleada es la dinamita (Ricker, 1953). Conocer la situación del coeficiente de reflexión respecto a la ondícula tiene gran importancia si tenemos en cuenta el gran tamaño de algunas ondas que alcanzan con facilidad varias decenas de metros

### Conclusiones

El estudio en detalle de los sismogramas sintéticos, nos permite obtener una idea bastante fiable sobre el origen y significado de los reflectores que los componen. Estos conocimientos son suficientes para establecer la importancia relativa de unos reflectores respecto a otros y lo que representa cada uno, importante para

la correcta elección de los horizontes que debemos integrar en la interpretación sísmico-geológica del área.

El análisis de un sismograma debe realizarse acompañado de otras diagrfías, pues sólo así podremos establecer relaciones directas entre geología y su expresión en forma de trazas, ya que los reflectores sintéticos no poseen valor interpretativo de forma aislada.

### Referencias

- Branisa, F. (1974): *Geophysics*, 39: 545-549
- Dennison, A.T. (1960): *Geophys. Prospect.*, 8: 231-241
- Dobrin, M.S. (1976): *Introduction to geophysical prospecting*; Mc. Graw-Hill.
- Dupal, L. y Mons, F. (1979): *WST and Geogram*; Schlumberger.
- Gardner, G.H.F., Gardner, L.W. (1974) *Geophysics*, 39: 770-780.
- Lines, L.R. y Ulrych, T.J. (1977): *Geophys. Prospect.* 25, p. 512-540
- Lindseth, R.O. (1981): *Society of Exploration Geophysicists*. Midland, Texas. 77 p. (informe)
- Schoenberger, M. (1974): *Geophysics*, 39: 826-833.