

# RADIOLOGIA SEDIMENTARIA

POR

ALFONSO ASCASO LIRIA\*

## INTRODUCCION

El método de investigación por medio de los rayos X en el amplio campo de la Geología no es tan antiguo como en los campos de la medicina o metalografía en los que se conocen desde tiempo inmemorial. Sin embargo nos tenemos que remontar a fines del siglo pasado, para encontrar al parecer, el primer trabajo en el campo que nos ocupa. BRUHL (1896) según HAMBLIN (1962) fue aparentemente el primero en utilizar el método de radiografías en estudios paleontológicos, procedimiento que fue acogido con entusiasmo y perdura hoy en éste tipo de trabajo.

Hasta principios del presente decenio no aparece un trabajo de aplicación de los rayos X sobre el estudio de estructuras en sedimentos homogéneos. Se deben a HAMBLIN (1962) los primeros resultados hallados por medio de este método. Es muy significativo que en los pocos años que tiene de vida, este método de trabajo haya tenido ya seguidores como CALVERT y VEEVERS (1962) y BOUMA (1963-1964) RIOULT y RIBY (1964) y BOUMA y MAR-

---

(\*) Cátedra de Geología. Universidad. Zaragoza.

SHALL (1964). Es de esperar que este método pueda extenderse a diversos campos en los cuales el problema de la estructura inalterada es digna de tener en consideración. Sin embargo hay que tener en cuenta que no es la "panacea" sino un método más que viene a confirmar o a aclarar, a presentar, a hacer visible características de la muestra que por otros procedimientos no sería demasiado fácil encontrarlas. Es un método que ha nacido, que en el momento actual se está desarrollando y que por tanto está formando su carácter; tiene todavía muchos problemas que resolver, algunas suposiciones que comprobar y ante todo hay que encontrar aquellos detalles experimentales que permitan una óptima obtención de radiografías. Es un campo que está todavía sin explorar como en sus comienzos pasó en medicina y metalurgia pero que día a día va perfeccionándose y actualmente es imprescindible en un sin fin de estudios. Es de esperar que los rayos X lleguen a darnos la "anatomía" de las muestras objeto de estudio ayudadas con la técnica de visión estereoscópica a la que también se debe a HAMBLIN la primacía.

Es nuestro objeto hacer una exposición del método, de los resultados obtenidos y de los ensayos experimentales realizados en el Departamento de Sedimentología de Zaragoza para dar a conocer las posibilidades de esta nueva técnica para el estudio de las estructuras, en especial, para el conocimiento de éstas en calizas y areniscas.

### EL METODO

El procedimiento para obtener las radiografías de las muestras es análogo a aquel empleado en medicina o industria. Se coloca la muestra sobre el cliché y se irradia procediendo al revelado del negativo y obtención del positivo si se desea.

### LA MUESTRA

Todos los autores que han trabajado con esta técnica coinciden en que la muestra tiene que ser inferior a dos centímetros (Ham-

blin, 1962) aunque predominan aquellos en que el espesor a estudiar lo cifran inferior a un centímetro. Sin embargo no debe ser demasiado delgada pues en tales casos perderíamos la visión en la tercera dimensión y nos limitaríamos al estudio de una lámina delgada. El espesor mínimo adecuado parece ser el de dos milímetros. No obstante y a nuestro juicio el espesor de la muestra dependerá de la complejidad estructural de la muestra a estudiar. Si ésta es muy compleja la superposición de estructuras hará prácticamente imposible interpretar la radiografía y por tanto se deberá emplear espesores pequeños, lo contrario sucederá cuando la muestra sea simple. RIOULT y RIBY (1964) en sus estudios radiográficos sobre el Ordoviciense normando consideraron como óptimo el espesor de tres milímetros. Sin embargo CALVERT y VEEVER (1962) en estudios de sedimentos submarinos emplearon muestras de 5 milímetros de espesor y BOUMA (1964) también con sedimentos marinos emplea muestras de espesores de doce milímetros. Este mismo autor presenta dos radiografías sobre la misma muestra, una realizada sobre un espesor de 20 milímetros y la otra para un espesor de 5 milímetros. Se observa perfectamente la pérdida de caracteres correspondientes al espesor perdido pero por otra parte se aprecia un aumento notable en la nitidez de la radiografía pudiéndose interpretar con mayor facilidad.

La superficie de las muestras deben estar lo más paralelas posibles pues la diferencia de espesor de unas partes a otras puede influir en un mayor o menor ennegrecimiento de la radiografía según que haya habido una menor o mayor absorción, provocando falseamientos a la hora de enjuiciar los resultados.

Es conveniente pulir las caras, en general bastará con un pulido inicial, con el fin de eliminar las señales producidas al cortarlas y los arañazos y hendiduras. Las muestras no consistentes pueden endurecerse por impregnación en plástico, plexiglas, celuloide, etc., sustancias que son isótropas a los rayos X, asimismo la presencia de agua no influye la calidad de la radiografía (BOUMA 1964).

## OBTENCION DE LA RADIOGRAFIA

La calidad de la radiografía, además del espesor y de la naturaleza de la muestra depende:

- a) del kilovoltaje y miliamperaje
- b) del tiempo de exposición
- c) del tipo de película
- d) de la distancia del foco emisor y la muestra

a) El Kilovoltaje y miliamperaje.

En los tubos Coolidge regulando la corriente de calefacción del filamento se modifica el número de electrones y por consiguiente la intensidad del haz de rayos X, mientras que variando la alta tensión cambian su poder de penetración. El espectro de un tubo de rayos X en función del kilovoltaje viene representado en el esquema de la Fig. 1. Conforme aumenta el kilovoltaje ( $V^0 < V^1 < V^2$ ) la intensidad máxima de onda se desplaza hacia el origen de coordenadas, es decir, se desplaza hacia las radiaciones de onda más corta, aumentando, como es lógico, el poder de penetración. Para una muestra de un sedimento, de un suelo o de una roca, puesto que en general son sustancias poco absorbentes a la radiación Röntgen será preciso disminuir el kilovoltaje puesto que para altos valores la radiografía se "empastaría" perdiendo nitidez la imagen.

La intensidad de corriente, el miliamperaje, tiene como misión intensificar la onda sin desplazarla a zonas de otra longitud de onda lo que hace posible variar el tiempo de exposición en la obtención de la radiografía para un mismo kilovoltaje.

La absorción de la muestra a los rayos X depende del tipo de partículas, de la cantidad y del espesor de la muestra.

b) El tiempo de exposición es a su vez dependiente de la intensidad de radiación por tanto habrá que realizar un ensayo previo; a título informativo los autores mencionados anteriormente emplearon tiempos de exposición de medio segundo a dos segundos: no obs-

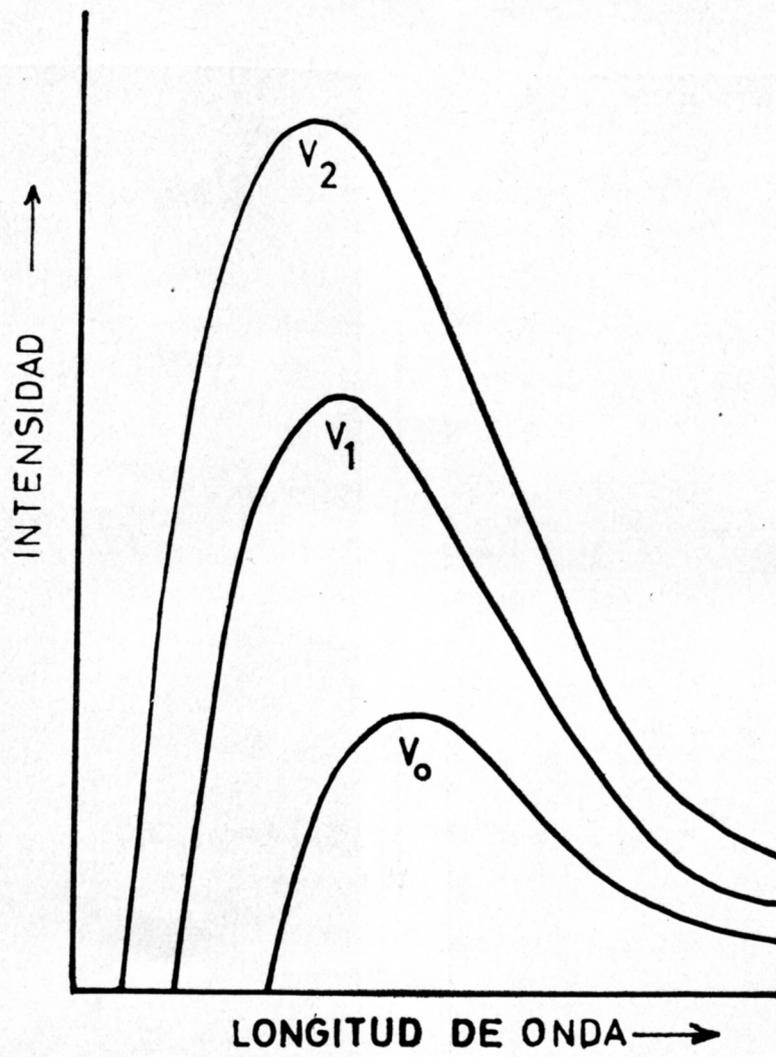


Fig. 1

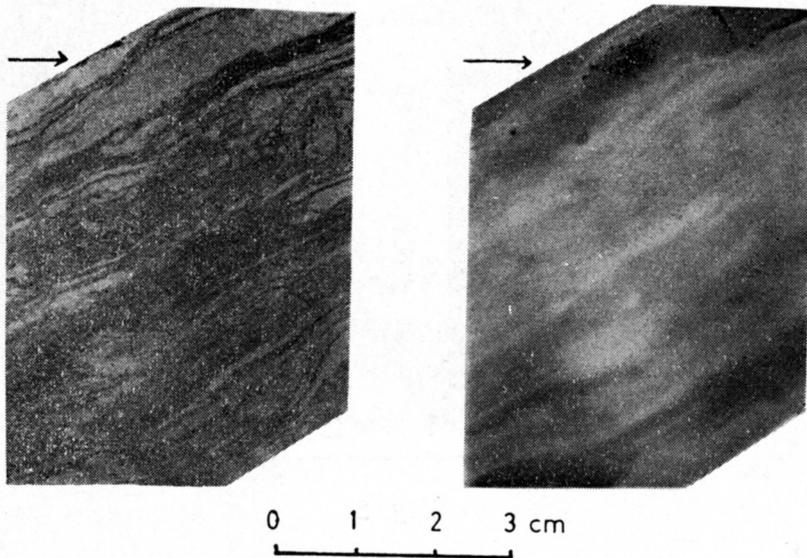
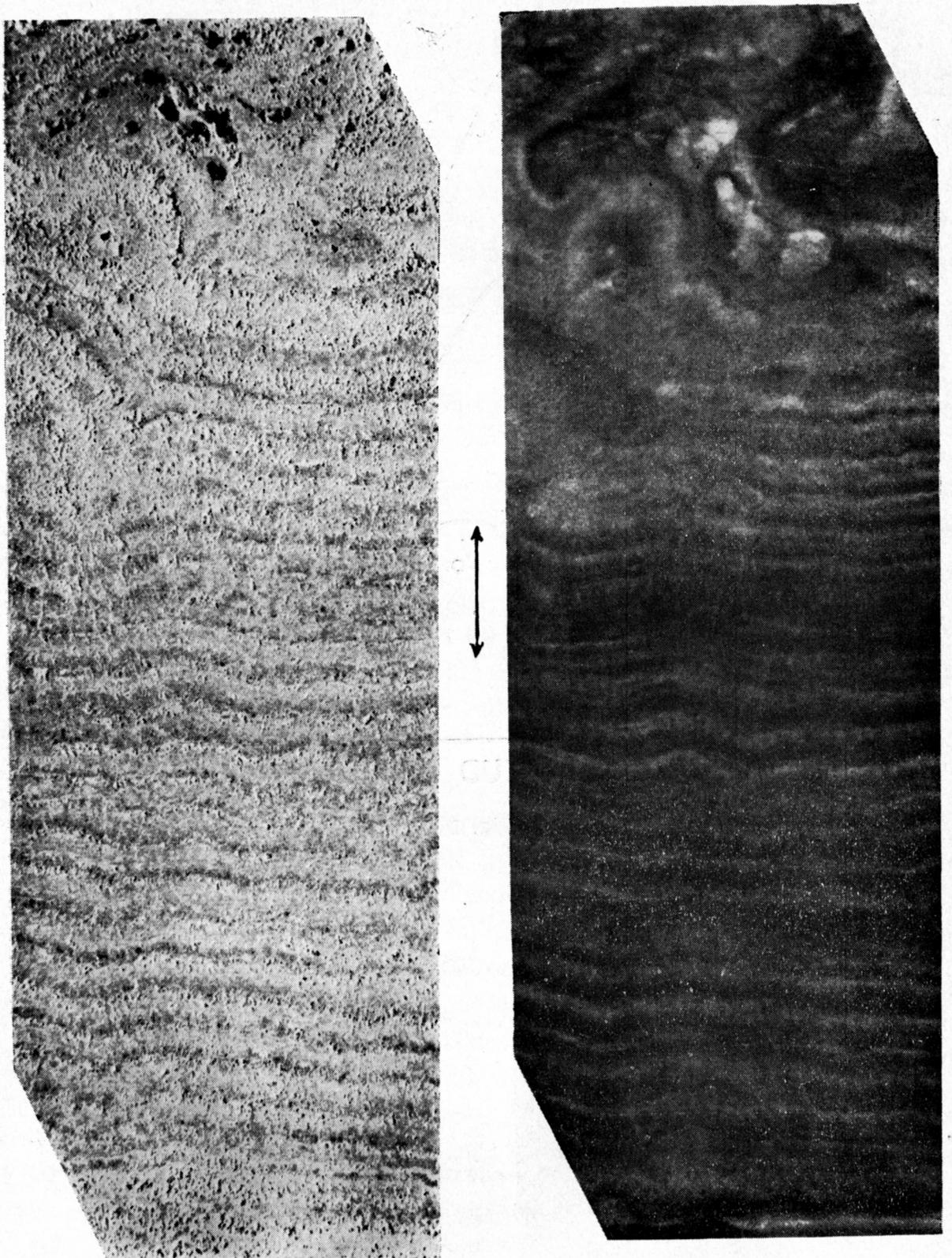


Fig. 3



0 1 2 3 cm

Fig. 2

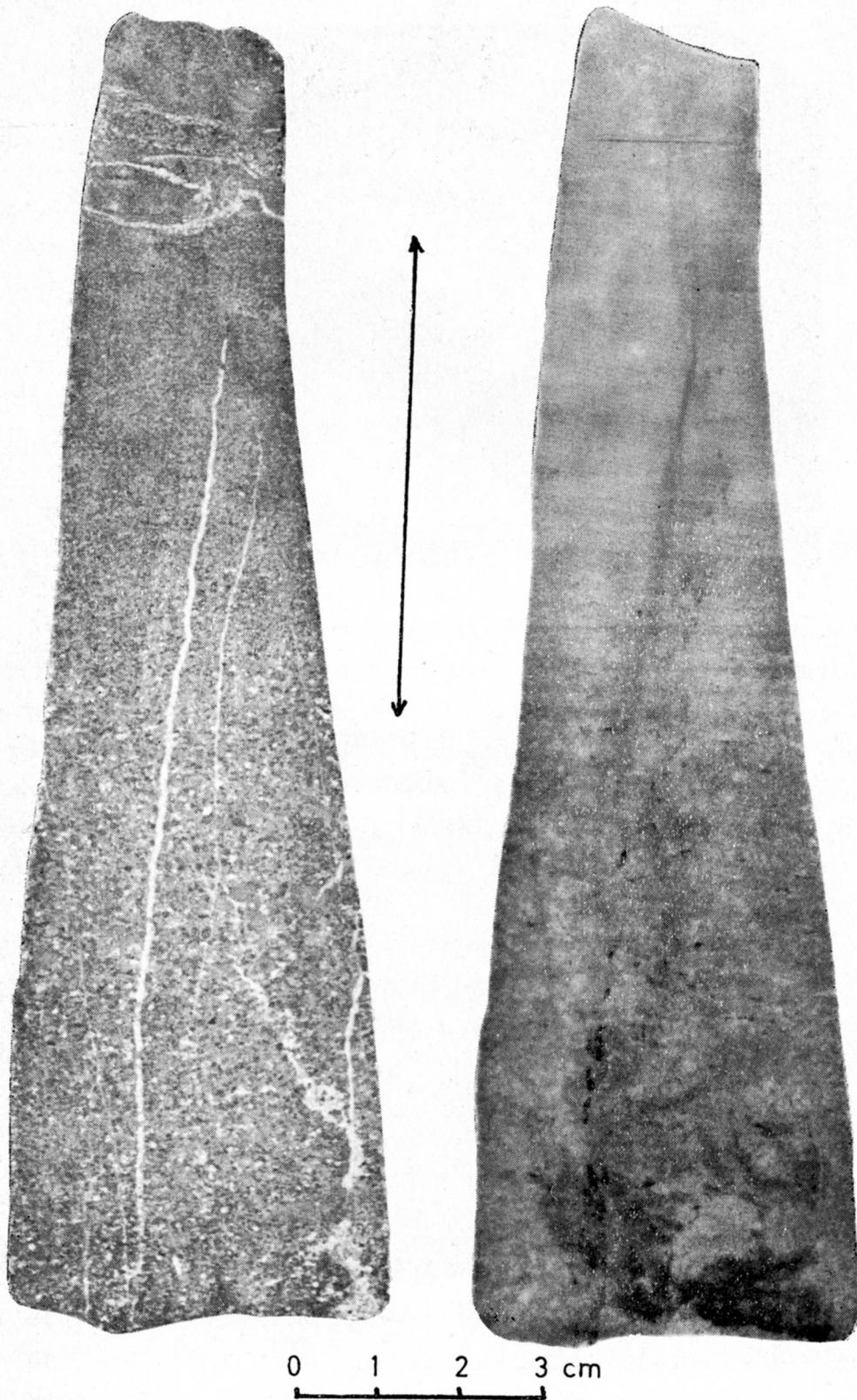
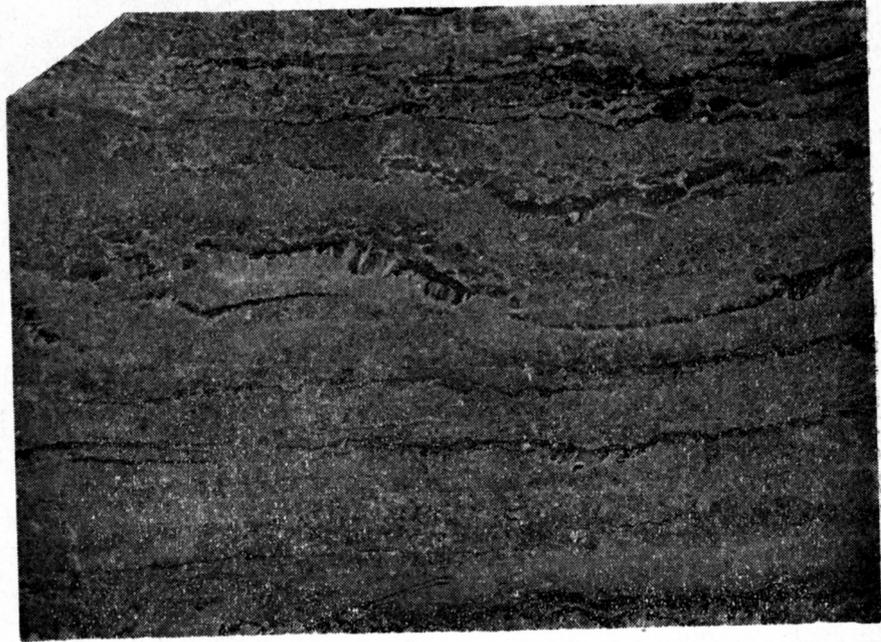


Fig. 4



0 1 2 3 cm

Fig. 5

tante no es este un problema grande ya que pueden darse exposiciones largas sin perjuicio de la imagen.

c) El tipo de película a emplear es conveniente que sea de alto contrastes y de grano fino, cuanto más fino mejor pues en tal caso permite la ampliación y por tanto mejor definición de algunos detalles, CALVERT y VEEVERS (1962) emplearon película Kodak Blue Brand Medical y Kodak M Industrial, RIOULT y RIBY (1964) películas "Kodirex" y BOUMA y MARSHALL (1964) la Kodak industrial A A.

d) La distancia entre el foco emisor y la muestra puede oscilar entre los sesenta centímetros y 100 cms. en esto están de acuerdo los investigadores consultados.

Para una mejor determinación de las variables necesarias para obtener una buena radiografía proponen RIOULT y RIBY (1964) radiografiar primeramente una muestra cuyo borde esté biselado desde 10 mm. hasta 2 mm., por ejemplo, obteniendo de esta forma un negativo con una gama de contrastes que permite la elección del espesor adecuado de la lámina o variar el tiempo de exposición o la intensidad de la radiación.

### APARATO

Según HAMBLIN (1962) y RIOULT y RIBY (1964) es suficiente con un generador de rayos X de tipo médico y utilizan respectivamente voltajes de 35 KV y de 50-100 KV para intensidades de 30 mA y 60 mA. CALVERT y VEEVERS, (1962) y BOUMA y RIBY (1964) emplean un equipo móvil de la General Electric mod. 90-II trabajando con 90KV 15 mA y 40 KV, 50 mA. BOUMA (1964) emplea un aparato Philips-Müller Macro B con 40-100 KV y 0-15 mA. Hay que hacer constar que las radiografías obtenidas con los distintos aparatos y procedimientos han resultado ser satisfactorios para los trabajos realizados.

## ANALISIS REALIZADOS

Como consecuencia de estos trabajos ensayamos el procedimiento con diversas muestras de materiales sedimentarios aprovechando el aparato de rayos X de tipo industrial que la Facultad de Ciencias de Zaragoza ha instalado recientemente.

El equipo empleado es un aparato de rayos X Philips Müller Macrotanque H-300 de 300 KV y 5 mA. La distancia a la que se colocaron las muestras fue de 70 cm. en todos los casos y se empleó la película radiográfica Gevaert D-7.

La fig. 2 muestra la fotografía de la cara pulida de un travertino de Aguas Cándidas (Burgos) de 8 mm. de espesor y su radiografía correspondiente realizada con 60 KV y 5 mA durante un minuto de exposición. Los poros que se ponen de manifiesto en la masa escoriácea superior no van perpendiculares a la cara según se muestra en la radiografía. No obstante lo más saliente de esta radiografía es la revelación de la distinta sedimentación en la estratificación en la zona señalada con la doble flecha, hecho sin embargo que no se presenta en la fotografía de la muestra.

La fig. 3 es un corte vertical de un testigo del sondeo de Añastro a 2287 m. de profundidad. La estructura turbillonaria de la probeta queda en parte aclarada por la radiografía en la que se ve una estructura más laminar. En la parte superior y en la zona marcada por la flecha aparece un nódulo con una estructura punteada, no visible a simple vista y que no obedece a la forma general. La radiografía de la muestra de 5 mm. de espesor se realizó con 60 KV, 5 mA durante 5 minutos.

La fig. 4 presenta una muestra recogida en la boca E del túnel de Cotefablo; el corte tiene 9 mm. de espesor y se realizó la radiografía con 60 KV, 5 mA durante 2 minutos. Además de la estructura interna que se nos muestra en la parte inferior de la radiografía, se nos manifiesta en la zona comprendida en la doble flecha la polaridad de la sedimentación.

La fig. 5 es una estratificación de yeso de San Millán de Yécora (Burgos). La muestra de 9 mm. de espesor se radió con 60 KV 5 mA durante 4 minutos. En este caso la radiografía nos muestra con mayor claridad la ordenación laminar.

## BIBLIOGRAFIA

BERMUDEZ DE CASTRO, J. M. (1963). Los Rayos X en su aplicación industrial. Editorial *Montecorvo*. Madrid.

BOUMA, A. H. (1963) A graphic presentation of the facies model of salt marsh deposits. *Sedimentology*, volumen 2 n.º 2 pp. 123-129.

BOUMA, A. H. (1964) Ancient and recent turbidites. *Geologie en Mijnbouw*, n.º 8, pp. 375-371.

BOUMA, A. H. (1964) Turbidites. *Developments in sedimentology*, n.º 3, Turbidites, Elsevier, pp. 247-256.

BOUMA, A. H. (1964) Notes on X-Ray interpretation of marine sediments. *Marine Geology*, volumen 2, n.º 4, Pp. 278-309.

BOUMA, and MARSHALL, F. (1964). A method for obtaining and analysing undisturbed oceanic sediment samples. *Marine Geology*, vol. 2, n.º 1/2, Pub. Published Montly, pp. 81-91.

BRUHL, (1896). Ueber Verwendung von Röntgenschen X-Strahlen zu paleontologisch-diagnostischen Zwecken. *Verh Berliner Physiol Ges in the Arch f. Anat n. Physiol*.

CALVERT, S. E. and VEEVERS, J. J. (1962) Minor structures of unconsolidated marine sediments revealed by X-Radiography. *Sedimentology*, vol. 1, n.º 4, pp. 287-295.

CRAIG, D. R., JOHN, E. G. St (1957). Log Etrouography: *Amer J. Roentgenology, Radium Therapy and Nucl. Med.* Vol. 78, n.º 1, pp. 122-24.

HAMBLIN, W. K. (1962). X-Ray radiography in the study of structures in homogeneous sediments. *Journal of Sedimentary Petrology*, Vol. 32 n.º 2, pp. 201-210.

HAMBLIN, W. K. (1965), Internal Structures of "Homogeneous" Sandstones. *Kansas Geol. Survey Bull*, 175, part 1 pp. 1-37.

RIOULT, M. et RIBY, R. (1964). Examen radiographique de quelques mineraux de fer de l'Ordovicien Normand. Importance des rayons X en sedimentologie. *Bull. Soc. Geol. Franc.* 7.<sup>a</sup> serie T. V, n.º 1, pp. 59-61.

SCHMIDT, R. A. M. (1948). Microradiography of microfossils with X-ray diffraction equipment. *Science* 115 (2978) p. 94.