

ALCANCE APARENTE DE TRAZAS EN EMULSIONES NUCLEARES*

T. A. Brody

Instituto de Física, Universidad de México

RESUMEN

An approximate correction formula, previously obtained empirically, for the effect of background density on track length in nuclear emulsions is confirmed experimentally.

I

En un trabajo anterior (Brody 1954, citado como I), se utilizó un modelo bidimensional de una emulsión nuclear a fin de obtener una fórmula empírica de corrección para el efecto de varias densidades de granos en el fondo sobre el alcance aparente de trazas de diferentes densidades. El fondo se debe a una variedad de causas, de las cuales las más importantes son el revelado espontáneo de algunos granos (fondo químico, "fog") y el paso de los rayos γ . Berriman (1951) y Coates (1951) mostraron que la distribución de granos en el fondo y en la traza es casual, es decir, es una distribución de Poisson en dos dimensiones y en una respectivamente.

El modelo bidimensional utilizado en I para obtener la fórmula de corrección fué construido bajo esta presuposición, y de él se dedujo la formula:

$$\Delta L = 19.54 + 6.02 d - 0.283 D - 0.087 dD \quad (1,4)$$

En esta ecuación, ΔL es la corrección que hay que aplicar a la medida de un

*Este trabajo se presentó en la Asamblea Conjunta de la Sociedad Mexicana de Física y de la American Physical Society, México, Agosto 1955.

alcance, en μ , d la densidad de granos en el fondo, en granos por $100 \mu^2$, y D la densidad lineal de granos en la traza, en granos por 100μ . En I se admitió un diámetro de 1.2μ para el grano revelado, valor característico para emulsiones reveladas con ID 190 Kodak D 19b: para poder aplicar la fórmula (1,4) también a casos de un tamaño diferente de los granos, se expresa en términos del diámetro del grano s , en μ :

$$\Delta L = 19.54 + 4.18 s^2 d - 0.236 sD - 0.050 s^3 dD.$$

En el presente trabajo se estudiarán los alcances aparentes de partículas α debidas al uranio, superpuestas a un fondo de radiación γ , para obtener una verificación experimental de la fórmula de corrección y una indicación de sus límites.

En lo que sigue, se llamará "densidad del fondo" la densidad, en granos por $100 \mu^2$, de los granos del fondo γ , y "densidad lineal" la densidad, en granos por 100μ , de los granos a lo largo de las trazas. Las dos cantidades son de diferentes dimensiones.

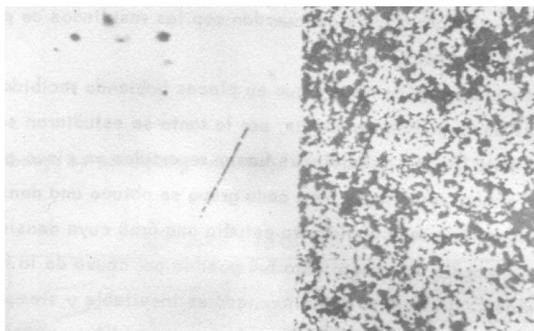


Fig. 1 Partículas α del uranio. Densidad lineal 92 granos/ 100μ . A la izquierda, sin fondo γ . A la derecha, fondo γ de 15.3 granos/ $100 \mu^2$.

II

Placas Ilford de 200μ de espesor se impregnaron con una solución diluída de sulfato de uranilo, llevada a un pH de 5.6 aproximadamente por la adición de citrato sódico, (Rochat 1949, Brody 1950) a fin de minimizar la acción desensibilizadora del ion uranilo. El tiempo de impregnación fué de una hora; después de impregnadas, las emulsiones se enjuagaron con alcohol etílico para quitar el exceso de solución impregnadora y acelerar el secado subsecuente. Una vez secas, las placas se expusieron a una fuente de rayos γ de ^{60}Co durante varios tiempos; el máximo de la exposición correspondió a unos 18 r. Para el revelado se usó el método de las dos temperaturas de Occhialini (Dilworth, Occhialini, Vermaesen, 1950) las temperaturas empleadas fueron 2°C para la penetración y 21°C para el revelado, y el revelador era amidol en una solución de un pH de 7.2. El tiempo de revelado variaba entre 16 y 40 minutos, con el fin de obtener una gama de diferentes densidades lineales en las trazas de las partículas α . Algunas placas se revelaron también con el revelado Kodak D 19 y con un revelador acidificado al amidol (Haenny y Gailloud, 1952); pero en vista de que el tamaño del grano depende fuertemente del revelado, estas placas no podían ser comparadas directamente con las demás. No se presentarán, por lo tanto, resultados con respecto a estas placas; pero cabe decir que cualitativamente concuerdan con los resultados de placas reveladas con el revelador normal al amidol.

El examen microscópico mostró que en placas habiendo recibido una exposición de 5 r o más no se podían ver trazas; por lo tanto se estudiaron solamente placas con menos de este límite. Las placas fueron repartidas en cinco grupos, según la exposición que habían recibido, y para cada grupo se obtuvo una densidad media del fondo. En cada placa se escogió para estudio una área cuya densidad del fondo era igual al valor promedio del grupo; esto fué posible por causa de la falta de uniformidad del revelado. Esta falta de uniformidad es inevitable y siempre es particularmente pronunciada para el fondo. En cada área se midió un cierto número de trazas horizontales, el criterio de "horizontalidad" siendo que ambas extremidades apareciesen afocadas en el microscopio. El objetivo utilizado era un Zeiss 100 x

de inmersión, y este criterio corresponde a una diferencia máxima de aproximadamente 1μ en profundidad. Dado que la mayoría de alcances estaban entre límites bastante estrechos, no se aplicó ninguna corrección para el ángulo sólido así definido (Najar, 1949). Para las densidades de fondo bajas, esta manera de proceder no presentó ninguna dificultad; pero en los dos últimos grupos había que omitir los valores más bajos de densidad lineal. El número total de trazas medido era 2920.

Para ilustrar estos puntos, presentamos en la fig. 1 dos microfotografías, una de una traza α sin fondo, tiempo de revelado 18 minutos, la otra con un fondo de 15.3 granos por $100 \mu^2$ y el mismo tiempo de revelado. (Ambas trazas tienen aproximadamente 21μ de largo; la apariencia tan oscura del fondo se debe a la superposición de granos del fondo a través todo el espesor de la placa).

Las gráficas de la fig. 2 muestran las distribuciones de alcances obtenidas para dos densidades de fondo diferente, y el mismo valor de la densidad lineal. Para la densidad de fondo más baja, la separación de los dos picos es bastante para permitir el cálculo de un promedio independiente para cada uno. Pero para la densidad más elevada, esto resulta imposible por la anchura de los picos, de modo que hubo que tomar las abscisas de los máximos (determinados gráficamente) como valores representativos. Con el fin de tener un procedimiento uniforme, se empleó la determinación gráfica para todos los casos. Esto implica, inevitablemente, errores considerables; es obvio que los picos se acercan mutuamente al traslaparse sus "colas", y sería posible emplear una corrección (Libowitz & Bauer 1955); pero en vista de la poca precisión con que se determinan las otras cantidades, la labor necesaria para tal corrección hubiera sido excesiva. Para tener en cuenta este modo impreciso de determinar los promedios se incluyó un factor 2 en el cálculo de errores.

Las densidades lineales eran, a primera aproximación, las mismas en todas las placas que se revelaron durante el mismo tiempo; pero las variaciones estadísticas eran grandes e irregulares, de modo que pareció preferible admitir que en todas las placas con el mismo tiempo de revelado la densidad lineal fuera la misma; la densidad lineal se calculó, pues, a partir de todas las medidas hechas sobre placas con el mismo tiempo de revelado.

Este procedimiento probablemente hace aparecer demasiado elevadas las densidades lineales en placas con un fondo denso, en las cuales el revelarse muchos granos del fondo en la vecindad ha de empobrecer el revelador que llega a los granos de la traza. Para tener en cuenta este efecto, (parecido al efecto Eberhard), se aumentaron los límites de error proporcionalmente a la densidad del fondo.

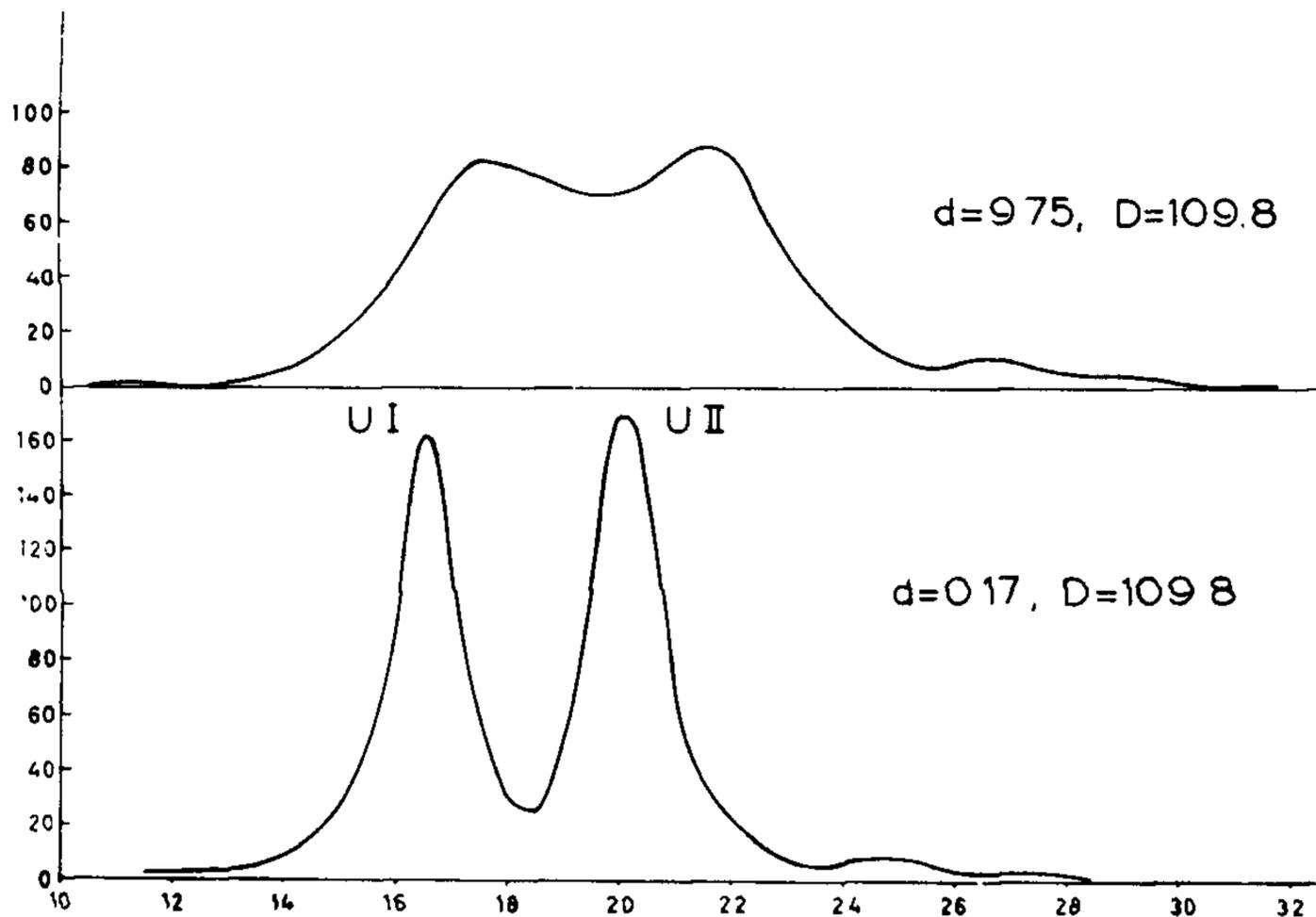


Fig. 2 Distribución de alcances en dos placas. Densidad lineal 109.8 granos/ 100μ . Abajo, densidad del fondo 0.17 granos/ $100 \mu^2$.

III

Los resultados obtenidos se pueden resumir de la manera siguiente:

(i) La densidad del fondo parece aumentar proporcionalmente al tiempo de revelado, mientras las trazas se revelan lentamente al principio, y mucho más rápidamente al aumentarse el tiempo. Esta conclusión no es sino tentativa, aunque los experimentos de Gailloud y Haenny (1952) sobre el subrevelado indican una diferencia en la naturaleza de las imágenes latentes de fondo y trazas. Coates (1951) sin

embargo encuentra un crecimiento lineal no solamente del fondo, sino también de la densidad lineal en las trazas; pero sus resultados experimentales no son muy extensas sobre este punto y, además, se refieren a trazas del mínimo de ionización

(ii) Las cinco gráficas de la figura 3 muestran los principales resultados en cuanto a la corrección de los alcances en función de las dos densidades lineal y del fondo. Las rectas son las calculadas a partir de la fórmula de corrección obtenidas en I. En las regiones centrales que son las interesantes para la mayoría de trabajos con placas nucleares parecen adaptarse bastante bien a los resultados experimentales. Hay una limitación, obvia además a partir de consideraciones elementales: para cualquier densidad de fondo, las trazas pueden parecer más cortas que las trayectorias de las partículas causándolas; pero para cada densidad de fondo hay un límite al aumento aparente del alcance en función de la densidad lineal, después del cual los valores resultan más o menos constantes. Este efecto es evidente sobre todo para la más baja densidad de fondo, donde no se nota ningún alargamiento aparente de las trazas.

Debido a este efecto, quedaron solamente cuatro determinaciones en los dos grupos de baja densidad del fondo, las cuales se podían tomar en cuenta para el cálculo de χ^2 .

(iii) Los valores de χ^2 calculados para las cinco gráficas y las probabilidades que les corresponden son los siguientes:

d	múmero de valores	χ^2	P (χ^2)
0.17 gr/100 μ^2	4	1.01	91 %
2.53 "	4	1.51	83 "
5.71 "	7	3.26	87 "
9.75 "	5	3.12	68 "
15.26 "	4	3.06	55 "

Los primeros tres grupos verifican, dentro de los límites de error bastante anchos, la fórmula de corrección dada en I. Los resultados divergentes para los dos últimos se deben a la falla de linealidad, como se ve en las gráficas; de hecho ambos casos acusan cierta concavidad hacia el eje de las densidades lineales.

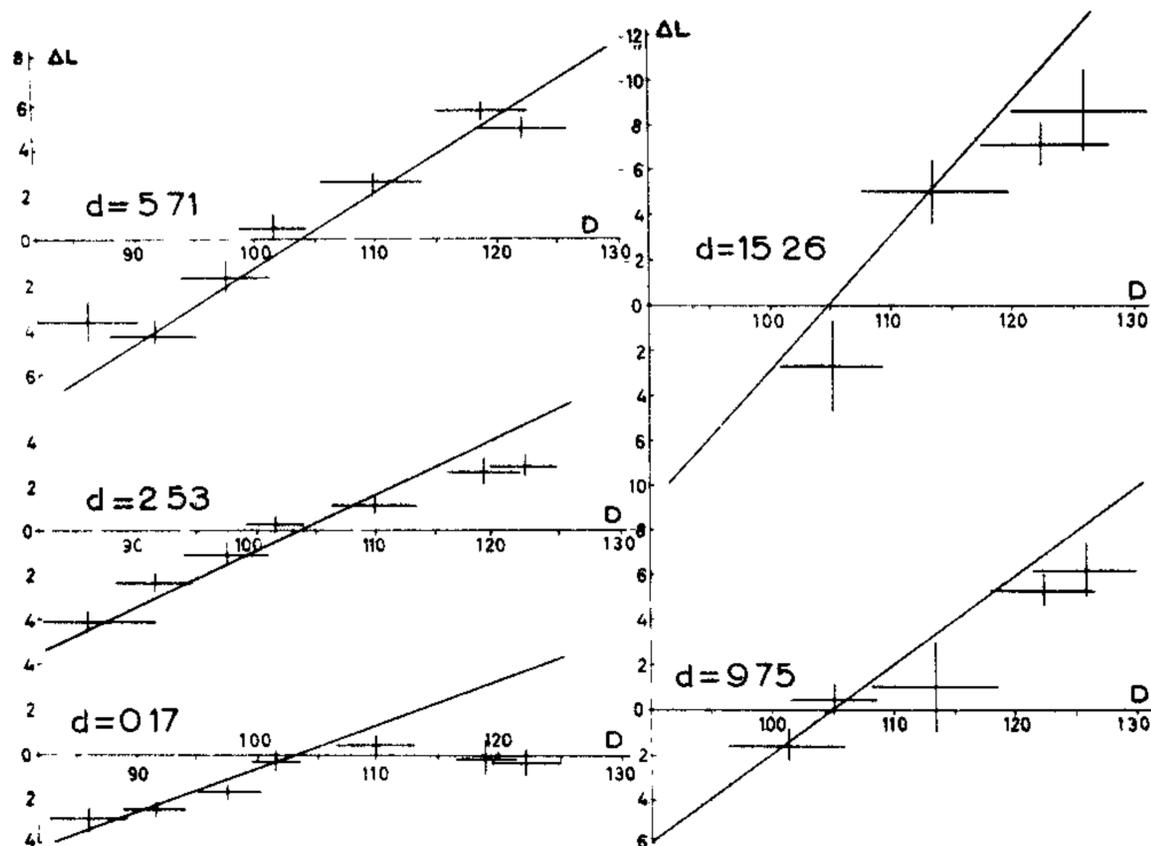


Fig. 3 Correcciones ΔL a los alcances en función de la densidad lineal D para 5 densidades del fondo. Las rectas representan la fórmula empírica obtenida en I.

IV

Se puede concluir que los experimentos aquí presentados verifican en primera aproximación la fórmula de corrección deducida en I. Es deseable, en vista de los límites de error muy amplios, tratar de mejorar estos resultados, y nos proponemos extender los experimentos en los siguientes sentidos: (i) Consideraciones de la cinética del revelado sugieren que a más bajas temperaturas la interferencia mutua entre el revelado y las trazas y él del fondo debe ser menor; se intentará por lo tanto una serie empleando el método de revelado (de Yagoda (1955),) enteramente a baja temperatura. (ii) Usando placas menos gruesas, trazas quedarán visibles para densidades del fondo más elevadas, a las cuales la comprobación se podrá extender de esta manera. (iii) Midiendo un número más importante de trazas, la estadística se puede mejorar y los límites de error se pueden reducir; pero en vista de la naturaleza muy tediosa de estas medidas, extender los experimentos en este sentido mucho más allá de lo que se ha hecho (2920 trazas medidas) representaría un esfuerzo desproporcionado a la utilidad de los resultados obtenidos.

REFERENCIAS

- Berriman, R. W. (1951) : Fundamental Mechanisms of Photographic Sensitivity, (Proceedings of Bristol Symposium) , London, p. 272.
- Brody, T. A. (1950) : Tesis, Ecole Polytechnique de l' Université de Lausanne. (1954) : Rev. Mex. Fís. 3, 217.
- Coates, A. C. (1951) : Fundamental Mechanisms of Photographic Sensitivity, (Proceedings of Bristol Symposium) , London, p. 320.
- Dilworth, C. C. Occhialini, G. P. S. y Vermaesen, L. (1950) : Bull. C. Phys nucl. Univ. Libre Bruxelles, # 13a.
- Gailloud, M. y Haenny, C. B. (1952) : Sci. Ind. Phot. (2) , 23, 221.
- Libowitz, G. G. y Bauer, S. H. (1955) : J. Phys. Chem, 59, 209 .
- Najar, N. (1949) : Bull. Soc. Vaudoise Sci. Nat. , 64, 367.
- Rochat. O. (1949) : Men. Soc. Vaudoise Sci. Nat. , 9, 195 .
- Yagoda, H. (1955) : Rev. Sci. Inst. , 26, 263 .