

CONDICIONES DE DISCRIMINACION ENTRE FONDO Y TRAZAS
EN EMULSIONES NUCLEARES

T.A. Brody

(Recibido: Septiembre 22, 1954)

RESUMEN

La longueur apparente des traces dans les émulsions nucléaires varie en fonction de la densité de grains dans les traces et celle du voile de fond. Pour déterminer la correction nécessaire, des "émulsions artificielles" sont dessinées, avec des points distribués au hasard en deux dimensions pour le fond, en une dimension pour les traces; l'aspect microscopique des émulsions est simulé au moyen d'un fond semblable sur matériel transparent, photographié

de manière à donner une image floue superposée à celle des traces. Une analyse statistique des mesures de longueur faites par plusieurs observateurs donne une formule de correction pour la longueur:

$$\Delta L = 19.54 + 6.02 d - 0.283 D - 0.087 dD$$

où ΔL est en μ , d est la densité du fond en grains par $100 \mu^2$, et D la densité de grains de la trace, en grains par 100μ .

I

Para aprovechar completamente el empleo de las placas nucleares, se pueden determinar cinco cantidades sobre las trazas: (1) El número de trazas, (2) El alcance de las trazas, (3) La densidad de granos, (4) los rayos δ de electrones secundarios, (5) Las desviaciones que sufrió la partícula por colisiones con núcleos en la emulsión.

La determinación de las primeras cantidades se ve afectada por la presencia de un fondo de granos aislados ("fog"). Este fondo se debe a varias causas, de las cuales las más importantes son la irradiación γ que recibe la placa, y la existencia de un cierto número de granos espontáneamente revelables, sin haber recibido imagen latente. Berriman (1950) y Coates (1950) han estudiado el problema de conteo de trazas en función de la densidad de granos en el fondo y en las trazas, el primero con emulsiones artificiales y el segundo usando trazas de ionización mínima en placas Kodak NT4. El pro-

blema de la determinación del alcance y los errores debidos al fondo no parece haber sido estudiado hasta ahora. Además, el trabajo de Berriman se hizo con otros fines.

La determinación de condiciones óptimas y de correcciones para otras condiciones parece importante particularmente en vista de que recientemente se han desarrollado métodos de discriminación entre fondo y trazas de los cuales parece el más satisfactorio el de Haenny et Gailloud (1952), - basado en la diferencia de propiedades de las imágenes latentes superficial e interna. Pero estos métodos reducen también la densidad de granos en la traza, aunque no en la misma proporción.

Es difícil hacer variar de manera independiente la densidad de granos en el fondo y la densidad de granos en la traza en emulsiones nucleares; además, el comportamiento de estas emulsiones es a veces muy errático, y la reproducibilidad sobre todo de condiciones idénticas del fondo puede resultar casi imposible. Por estas razones se eligió construir representaciones artificiales de emulsiones reveladas como lo hizo Berriman (1950), pero usando otro método y condiciones distintas.

Berriman consideró granos de un diámetro medio de 0.4μ , cuyos centros pueden caer de ambos lados de la línea geométrica definiendo la traza. En las condiciones habituales de revelado, en particular empleando el revelador ID 19, lo que parece un grano individual bajo el microscopio, es en realidad un conglomerado de tres o cuatro granos, debido al hecho de que la revelabilidad de un grano puede transmitirse a un grano contiguo. Estos conglomerados tienen invariablemente

sus centros en la línea geométrica de la traza, o a una distancia que se puede despreciar. Por estas razones se admitió en el presente trabajo un diámetro de 1.2μ para el grano, y una distribución de tamaños del grano revelado en las proporciones siguientes:

100 granos de 1.2μ diámetro
25 granos de 2.0μ diámetro
12 granos de 0.6μ diámetro (Mees 1954)

Coates (1950) comprobó que la distribución de granos - tanto en la traza como en el fondo es casual; la distribución en las trazas sigue una ley binomial. Berriman en el trabajo ya citado admite distancias iguales entre los granos de sus trazas artificiales; el error para el problema del reconocimiento y conteo de trazas es probablemente insignificante, pero para la variación del alcance es indispensable distribuir los granos al azar a lo largo de la traza.

II

Las densidades del grano del fondo examinadas varían entre 0 y $9.5 \text{ granos}/100\mu^2$, usando once valores. Estos límites fueron sugeridos por la experiencia, y confirmados por el trabajo de Berriman. Para dibujar los fondos, se escogió un cuadrado de 20 cm. por 20 cm. y un punto de 2 mm. de diámetro para representar un grano de 1.2μ . 1370 puntos representan pues, una densidad de $9.5 \text{ granos}/100\mu^2$. Usando cuatro columnas de una tabla de números casuales (Fisher and

Yates, 1949) para determinar las coordenadas de los puntos, se construyeron las representaciones de los fondos. Estos dibujos se hicieron sobre papel blanco. Para dibujar las trazas, se eliminaron de líneas rectas de 20 cm., divididas en 100 partes de 2 mm., un cierto número de granos, variando de 0 a 80, usando dos columnas de las tablas de números casuales para indicar la coordenada. Las trazas resultantes fueron subdivididas en trozos cuya longitud se determinó con la tabla de números casuales y fueron dispuestas de manera arbitraria en los cuadrados de 20 por 20 cm. Las trazas se dibujaron sobre hojas de material transparente, para permitir la superposición de trazas y fondo. De cada densidad de granos se hicieron tres dibujos distintos, las cuales, dispuestas de varias maneras sobre los once fondos, dan representaciones distintas para cada caso.

En el microscopio se ven no solamente los granos en el plano enfocado, sino también imágenes borrosas de otros planos; para reproducir esta condición, se colocaron dibujos de los fondos sobre material transparente a una distancia de 18 cm. del plano de las trazas y las combinaciones se fotografieron a una distancia de 95 cm. con un diafragma de $f:4.5$ en la lente de la cámara. Así se ve reproducido el aspecto de una placa nuclear con fondo variable (Fig. 1). Las fotografías eran reducidas en tamaño por un factor de 2.5. La serie completa se compuso de 100 representaciones, conteniendo un total de 1141 trazas, mas 10 representaciones sin trazas.

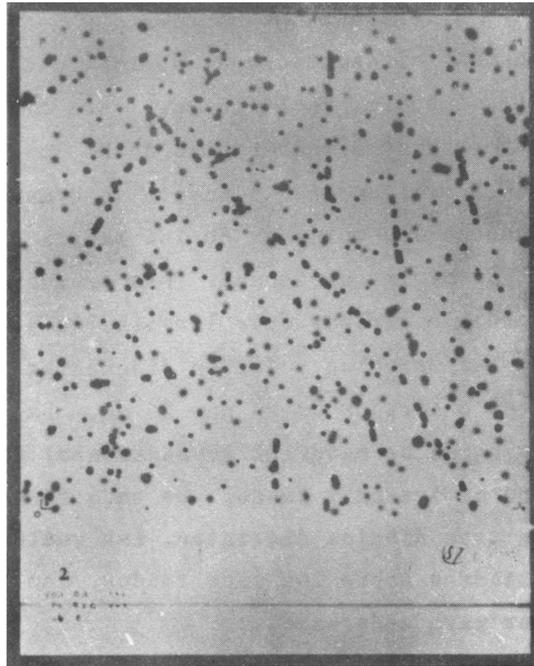


Fig. 1: Representación de una placa nuclear. Trazas: $D = 41.7$ granos/ 100μ . Fondo: $d = 19$ granos/ $100\mu^2$

III

El número de trazas y la longitud de cada una fué determinado por cuatro observadores para la serie completa de fotografías, y por dos observadores para una parte. El criterio de lo que constituye una traza, era el alineamiento de cinco granos o más, pero cierta arbitrariedad en la conside-

ración de las fotografías no se podía evitar, exactamente como cada observador de placas verdaderas juzga según su propio criterio, generalmente más bien intuitivo.

La multiplicación por el factor de reducción de la foto dió la longitud que hubiera sido medida sobre el dibujo original. Se estudió la distribución estadística (1) del error sobre el número de las trazas (2) del error promedio en longitud por traza en función de la densidad de granos en el fondo (d) y la densidad de granos en la traza (D). En el segundo caso se pudieron adaptar líneas rectas para representar el error de longitud por traza (ΔL) en función de D , para cada uno de los once valores de d . La pendiente y el punto de intersección de estas líneas con la abscisa formaron a su vez dos distribuciones estadísticas, a las cuales otra vez se adaptaron líneas rectas para representarlas. Estas líneas dan la pendiente y el punto de intersección con la abscisa del primer grupo de líneas en función de D . Combinando las expresiones se obtiene la fórmula general para la corrección en longitud de una traza de densidad de granos D , observadas sobre un fondo de densidad de granos d :

$$\Delta L = 18.08 + 0.095 d^2 - 0.283 D - 0.087 dD \quad . \quad (1)$$

ΔL es en μ , d en granos/ $100\mu^2$ y D en granos por 100μ . Cabe notar que d y D son de dimensiones distintas. Como D varía generalmente entre 40 (trazas de ionización mínima) y 85 (trazas de partículas pesadas lentas, como α), y como 5 es un valor alto para d , se ve que el término en d^2 se puede despreciar. Una manera más correcta de hacer

esta simplificación se obtiene en la siguiente sección.

Los términos en D y dD no son despreciables.

Se necesita una nota sobre la conversión de unidades - en el caso de D . Generalmente se admite la fórmula de -- Jdanov (1935, 1940) para el número máximo por unidad de longitud tocado por una partícula en su paso a través de la emulsión:

$$N_{\max} = \frac{3 c}{2\rho\delta} \quad (2)$$

donde c es la concentración del haluro de plata en la emulsión, ρ su densidad, y δ el diámetro del grano. Pero si se considera en vez del grano individual una aglomeración de granos como en el caso presente, se puede admitir que tales - aglomeraciones bien alineadas y contiguas se pueden formar - en cualquier dirección. En vez de la fórmula (2), correcta - para el caso de emulsiones revoladas para dar granos individuales, se ha admitido, pues, la fórmula:

$$N_{\max} = \frac{l}{\delta} \quad (3)$$

donde l es la unidad de longitud adoptada, en el presente - caso, 100μ . N_{\max} es pues, de 83.3 granos en cada 100μ .

IV

Los resultados obtenidos como se describe en la sección que precede, eran de una precisión insuficiente para permitir una evaluación en términos numéricos en cuanto a los errores

en el número de trazas observadas. Al adaptarse líneas rectas a algunos de los resultados, se obtuvieron valores de χ^2 cuyas probabilidades correspondientes eran de 30 a 50 por ciento. Los resultados sirvieron, sin embargo, para confirmar que mientras más larga es una traza, más fácil es distinguirla con seguridad. Para trazas menores de 10μ un fondo de 2 granos en $100\mu^2$ es suficiente ya para oscurecer la mitad del número de trazas.

Tomando en cuenta solamente las trazas correctamente identificadas, se pudo obtener una serie de distribuciones de mucho menos dispersión, así que fué posible deducir la fórmula de corrección (1). Como se ve en la figura 2, la dispersión aumenta con la densidad de grano en el fondo, resultado comprensible, pues mientras más grande es la densidad de granos en el fondo, más difícil se hace el juicio sobre el punto exacto de terminación de la traza, y más lugar hay para variaciones individuales.

La intersección con la abscisa de las líneas adaptadas representa las combinaciones de d y D para las cuales el error en la determinación del alcance es nulo. En la figura 2, estas intersecciones vienen marcadas por rayitas verticales. Para una cierta densidad de granos en el fondo, la condición de máxima densidad en las trazas no es pues, la condición más favorable para medir el alcance de las trazas, aunque lo sea para su conteo: granos perteneciendo al fondo tienden a simular granos de la traza, y ésta se ve más larga de lo que era en realidad la trayectoria de la partícula. Se supondría que el valor de la densidad de granos en la traza, i , para el cual es cero el error promedio en longitud, dis-

minuiría cuando la densidad de granos en el fondo aumenta. La figura 3 indica, sin embargo, el resultado opuesto. Pero la variación observada es muy pequeña, y el error estadístico es tal que con un mayor número de observaciones se pudiera tal vez obtener una variación en sentido opuesto. Para tener cuenta de este hecho, se puede substituir el valor promedio de i en la fórmula (1), en vez de usar la ecuación de la línea adaptada. Así se obtiene una fórmula de corrección simplificada:

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

donde las unidades son las mismas que en la ecuación (1).

La variación de la pendiente p , de las líneas adaptadas de la figura 2, de una distribución estadística de menor dispersión, y al adaptarle una línea recta se obtiene un valor de χ^2 cuya probabilidad correspondiente es mayor de 99 por ciento. Esto es muy satisfactorio, ya que la variación de la pendiente influye de manera importante sobre la fórmula de corrección (1) o (4), y en particular sobre el término no lineal en dD .

La corrección así obtenida es de naturaleza estadística; su aplicación a una traza individual es pues de valor dudoso. La presente serie de observaciones no permitió definir con exactitud los límites de error implicados cuando se aplica la corrección para obtener un valor más exacto del alcance de un grupo de trazas. En un trabajo ulterior se tratará de obtener tales límites, y de comprobar las correcciones obtenidas aquí y dadas en las fórmulas (1) y (4) me-

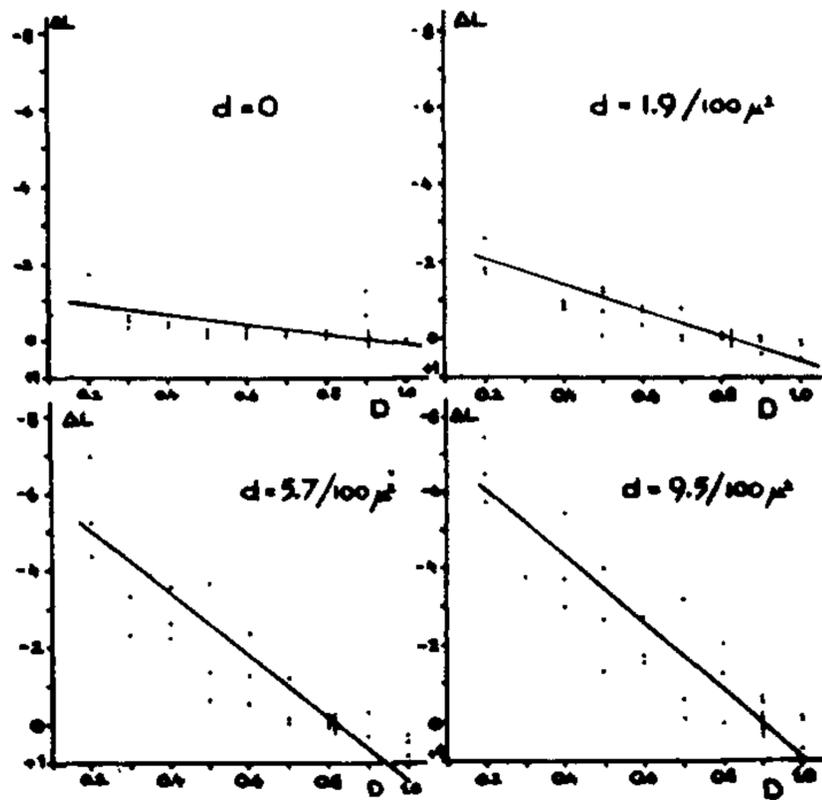


Fig. 2: Errores de la longitud en función de la densidad en las trazas, para cuatro valores de la densidad en el fondo, y líneas rectas adaptadas. Las rayitas verticales indican la intersección de las líneas con el eje $\Delta L = 0$. Escalas de ΔL y D en unidades arbitrarias.

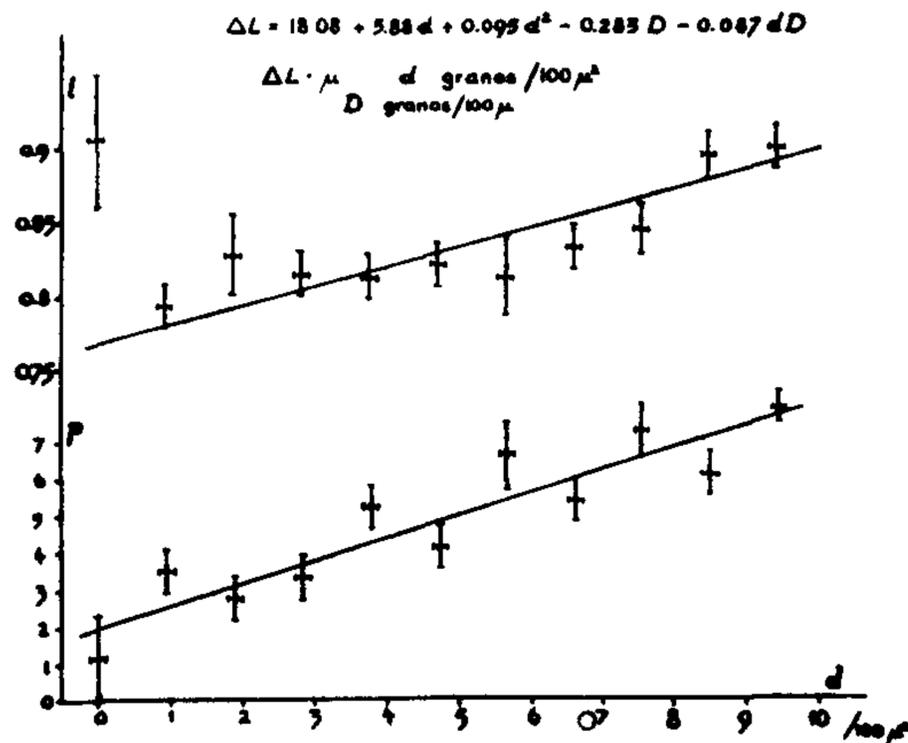


Fig.3: Intersección (i) con $\Delta L = 0$ y gradiente (p) de las líneas adaptadas (Fig.2) en función de la densidad en el fondo. Escalas en unidades arbitrarias.

