

# RED *Creativa* de CIENCIA

## Métodos de análisis gráfico

### Ley de crecimiento de una mancha de aceite

#### Objetivos

Representación gráfica de resultados experimentales y análisis de datos. Obtención de una ley experimental.

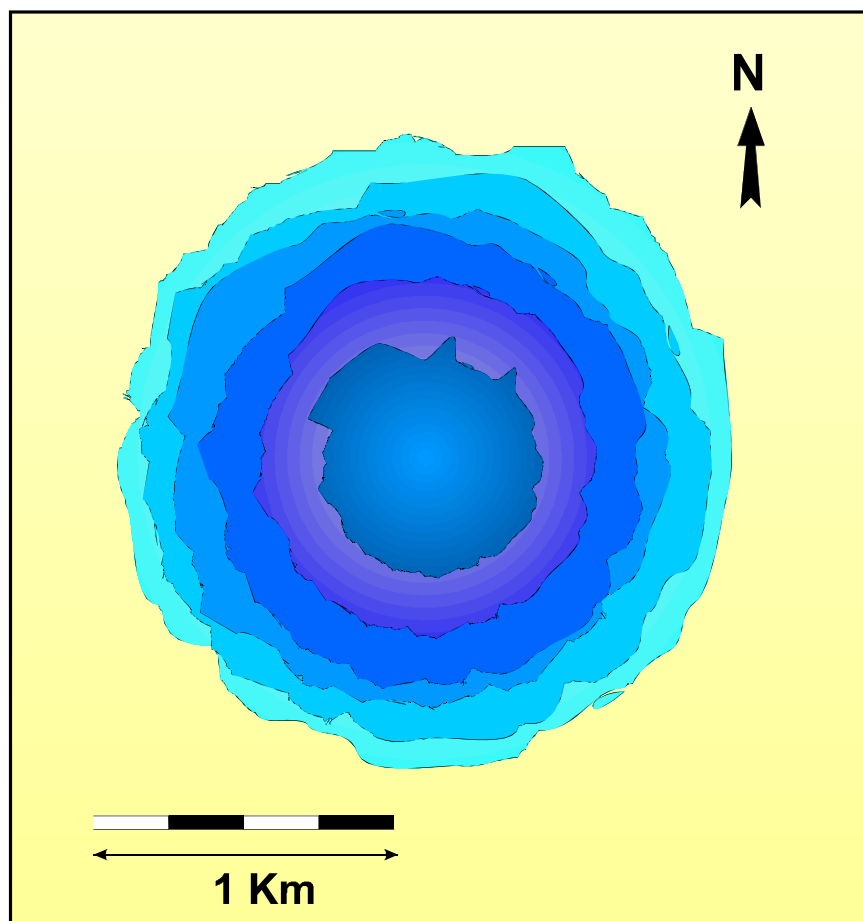
#### Proyecto 1. - Un problema ecológico

Supongamos que un oleoducto se rompe en el mar y el derrame de petróleo se extiende mientras la rotura no se arregla. Podemos imaginar que la rotura está cerca de la superficie. Dado que el petróleo es menos denso que el agua salada de mar, se genera una capa dañina de petróleo que flota y se extiende día a día. Imaginemos también que la evolución del derrame se sigue atentamente y que desde un avión se toman fotografías cada día –representadas en la Fig. 1– las que se informan a un centro de control ecológico. Supongamos también que cierta oficina gubernamental nos contrata para que definamos cómo varía el tamaño de la mancha en función de los días que transcurren, para poder así evaluar un pronóstico que ayude a las tareas de prevención.<sup>[1]</sup>

La solución del trabajo propuesto requiere acción experimental de nuestra parte, para lo cual debemos seguir una clara metodología.<sup>[1]</sup>

- Defina con un criterio razonable lo que llamará la extensión o “diámetro” de la mancha,  $D$ .

- Mida el diámetro de la mancha. Es claro que la fuente de error más importante en la medición de  $D$  proviene de la definición imprecisa de los contornos. Compare con las incertidumbres asociadas al instrumento de medición.
- Represente en escalas lineales y logarítmicas el diámetro de la mancha en función del tiempo y trate de aproximar una “ley de crecimiento” de la mancha sobre el agua. En particular, proponga una forma de crecimiento del tipo  $D(t) = a N^b$ , donde  $N$  es el número de días pasados desde la rotura, y encuentre los parámetros  $a$  y  $b$ . Defina las unidades de medición de los parámetros.



**Figura 1** Representación de fotografías de una mancha de petróleo en el agua de un mar calmo. Cada tono corresponde a la extensión de la mancha en un día diferente a partir del día del accidente.

- Una variante viable es pesar con una balanza sensible las figuras que representan el derrame cada día y de esa manera tener un dato representativo del área de la mancha. En este caso la ley de crecimiento puede deducirse a partir de los datos del área del derrame en función del tiempo.

## Proyecto 2.- Experimentos en la mesa de la cocina: Gotas de aceite sobre agua

Usando un cuentagotas o una pipeta, vierta, una a una, gotas de aceite de cocina sobre la superficie del agua contenida en un plato hondo. El aceite es menos denso que el agua, por lo tanto flota en la superficie y forma una mancha. El propósito del experimento es encontrar la tasa de crecimiento de la mancha de aceite que se va formando.

- Una parte importante del experimento tiene que ver con la estrategia a seguir. Pregúntese si es conveniente registrar los diámetros de la mancha que flota, gota por gota, o si será más práctico medir luego de derramar  $N = 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, \dots$  gotas. Discuta estas posibilidades pensando si el gráfico más representativo será uno con escalas lineales o uno con escalas logarítmicas.
- Mida el diámetro  $D$  de la mancha a medida que agrega gotas. Para esto será suficiente el empleo de una regla graduada en milímetros. Represente gráficamente  $D$  en función de  $N$ , el número de gotas vertidas.
- A partir del gráfico trate de definir una función  $D(N)$ . ¿Es posible aproximar una relación potencial entre las variables, es decir,  $D(N) \approx a N^b$ ? ¿A partir de qué gráficos obtiene los parámetros  $a$  y  $b$ ? Obtenga esos parámetros e indique sus unidades.

- Luego de arrojar  $N$  gotas, el volumen  $V$  de aceite vertido es  $V = N v$ , donde  $v$  es el volumen de cada gota. Para simplificar, suponga que el volumen vertido se acumula en una capa que ocupa una superficie de área circular  $A$  y espesor  $d$  uniforme, de modo que

$$V = A d. \quad (1)$$

Suponiendo que el aceite se esparce sobre la superficie y que sólo crece el área, sin que crezca el espesor ( $d = \text{constante}$ ), entonces podemos esperar que  $A$  sea proporcional al número de gotas  $N$ :

$$A \propto N. \quad (2)$$

Esto es así puesto que  $V \propto N$  y en la situación con  $d = \text{constante}$ ,  $A \propto V$ . Ya que el área crece como el diámetro al cuadrado,  $A \propto D^2$  ( $A = \pi D^2/4$ , si la mancha fuese circular) podemos ver también que el diámetro cumplirá con la siguiente proporcionalidad:

$$D \propto N^{1/2}. \quad (3)$$

¿Se satisfacen estas condiciones en su experimento? O sea, ¿el espesor de la capa se mantiene aproximadamente constante? Para esto, analice el valor del exponente  $b$  hallado y compárelo con el valor  $1/2$  que predice la Ec. (3). Discuta si en este experimento podría encontrarse un exponente  $b$  mayor que  $1/2$  y a qué situación corresponde.

- Una pregunta admisible es si los parámetros  $a$  y  $b$  tienen valores únicos o si pueden cambiar según las condiciones experimentales. Analice este punto experimentalmente repitiendo el experimento con un aceite más (menos) denso, o arrojando el aceite con goteros de distinto tamaño, con lo cual lo que varía es el

tamaño de la gota. Observe que  $a$  representa el diámetro de la mancha flotante cuando se ha arrojado la primera gota.

En caso de observar que el aceite se dispersa rápidamente sobre el agua, es aconsejable espolvorear sobre la superficie del agua un poco de polvo de tiza, talco o canela, para que actúen como contenedores del aceite. Esto también puede ayudar a definir mejor los bordes de la gota si el aceite es de color muy claro. Como medida precautoria es recomendable no golpear la mesa de trabajo mientras se ejecuta el experimento.

Del análisis del experimento podemos distinguir analogías y diferencias entre este caso real y el presentado como "problema ecológico" en el Proyecto 1, que es un caso simulado haciendo dibujos con una computadora.<sup>[1]</sup> Una alternativa interesante de estos experimentos es la observación de la sección transversal de la capa de aceite que se acumula en la superficie del agua (se forma una especie de lente convergente). La forma de la mancha acumulada depende de la relación de entre las densidades del aceite y el agua (que definen la fracción del aceite que emerge del agua) y de la relación entre las tensiones superficiales (que define los radios de curvatura).

## Referencias

- [1] E. E. Rodríguez, "A proposal for experimental homework," *Phys. Teach.* **36**, 435 (1998).
- [2] S. Gil y E. Rodríguez, *Física re-Creativa*, Cap. 4, Prentice Hall, Buenos Aires, 2001.