

Actividad I.7 - Experimentos caseros

Objetivo

Diseño y realización de experimentos sencillos con elementos disponibles en una casa de familia e instrumental básico. Análisis gráfico de datos experimentales. Análisis cualitativo y cuantitativo.

Introducción

El propósito de esta actividad es realizar una serie de experimentos sencillos que contribuyan al desarrollo de habilidades en el manejo y análisis de datos experimentales, a la vez que ayuden a apreciar la importancia de las representaciones gráficas. Hemos elegido temas variados y experimentos que requieren poco material y solo instrumental básico (regla, reloj, termómetro de mercurio), aunque todos ellos presentan algún desafío. Si el experimentador ve alimentada su curiosidad y desea proseguir investigando sobre las ideas subyacentes de cada experimento, le ofrecemos algunas alternativas plausibles de ser desarrolladas en una investigación más profunda. Esta serie de experimentos bien puede proponerse a los estudiantes de los cursos básicos de física como *tarea experimental* para la casa.

Proyecto 1.- Crecimiento biológico - Isometría y alometría

Equipamiento básico: Una cinta métrica que mida hasta unos 2 m.

Este es un tema de interés en la biología^[1] y últimamente ha recibido renovada atención en revistas especializadas.^[2,3] La ecuación

$$Y = a X^b \quad (7.1)$$

se conoce en biología como *ecuación alométrica*. Si el exponente b es igual a uno se dice que X e Y crecen isométricamente (*iso* = igual, *métrico* = medida). Si $b \neq 1$, X e Y crecen alométricamente (*allo* = distinto). Los ejemplos son múltiples en el caso en que la variable independiente represente la masa, M , de un mamífero^[2] e Y sea alguna variable biológica. En tal caso, si se correlaciona, por ejemplo, el volumen pulmonar, V , con la masa corporal, de las mediciones se deduce variación isométrica: $V \propto M$; en cuanto para el calor metabólico, Q , en función de la masa se observa comportamiento alométrico: $Q \propto M^{3/4}$.

Podemos recrear este problema de alometría a un nivel más accesible, tratando de determinar la correlación en el crecimiento de dos magnitudes tales como el largo del brazo y la talla de las personas. No será difícil hacerlo si recurrimos a la paciente ayuda de algunos parientes, compañeros de clase y profesores, a quienes mediremos el largo del brazo y la altura.

- Defina las magnitudes largo del brazo, l , y altura, h , de las personas. Mida estas magnitudes en distintas personas usando una regla o cinta métrica que puedan medir directamente hasta unos 2 m.
- Discuta si hay razones para medir el brazo derecho o el izquierdo, o si hay argumentos para no diferenciar los brazos en el experimento.
- Construya un gráfico de l en función de h en escalas lineales y trate de concluir sobre cuál es el tipo específico de crecimiento en el presente caso (isométrico o alométrico). Repita el procedimiento usando escalas logarítmicas en ambos ejes de coordenadas (gráfico log–log).
- Si le parece que las conclusiones que saca están condicionadas por el margen de valores obtenidos de *la muestra* (por ejemplo, si consideró sólo personas adultas), amplíe las mediciones tomando medidas a niños y niñas, es decir, personas de menor edad.

- **El crecimiento de las personas con la edad:** Los médicos pediatras y clínicos tienen gráficos y tablas de crecimiento promedio de las personas como función de la edad para varones y mujeres.^[4] En caso de tener acceso a esos datos (puede solicitarlos a su médico) sugerimos la extensión de este experimento tratando de determinar la tasa de crecimiento de las personas en función de la edad. Observe si la curva de crecimiento es monótona, o si presenta “quiebres” o “saltos”, sobre todo en las edades del comienzo de la adolescencia.

Proyecto 2.- Crecimiento de una especie hipotética

Equipamiento básico: El dibujo de la Fig. 7.1. Una regla que aprecie 1 mm.

La Fig. 7.1 representa la evolución de árboles representativos de una especie hipotética.

- Haciendo mediciones de longitud sobre el papel y usando la escala de longitud indicada, determine la ley de crecimiento de los árboles de esta especie hipotética. Para esto represente gráficamente la altura, H , en función de la edad, E , y de ser posible aproxime la dependencia por una forma potencial:

$$H = H_0 E^n$$

Use gráficos en escalas lineales y logarítmicas. Determine H_0 y el exponente n .

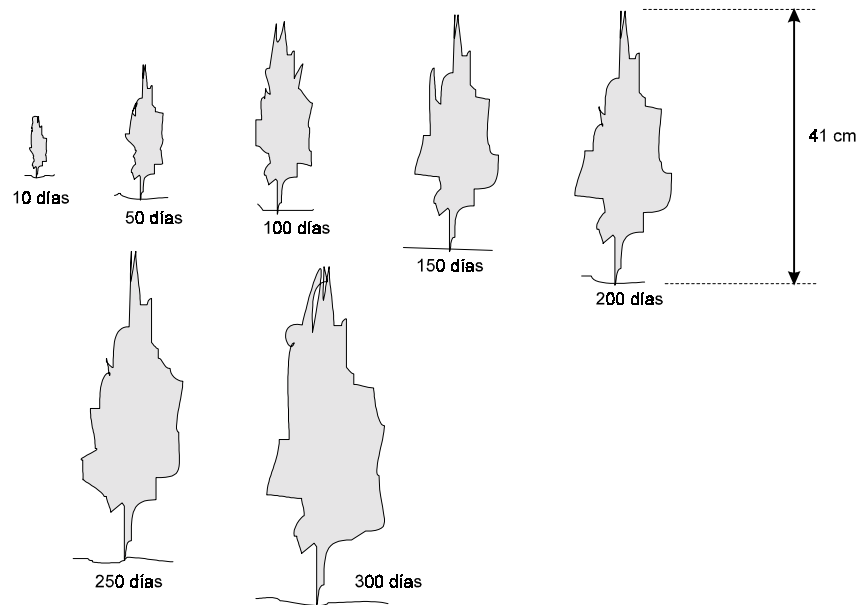


Figura 7.1 Representación del crecimiento de una especie arbórea hipotética. La escala de longitud está indicada.

Proyecto 3. - Un problema ecológico

Equipamiento básico: El dibujo de la Fig. 7.2. Una regla que aprecie 1 mm.

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. 7.2– las que se informan a un centro de control ecológico. Supongamos también que a algunos de nosotros nos contratan para que definamos cómo varía el tamaño de la mancha en función de los días que transcurren, para poder evaluar un pronóstico que ayude a las tareas de prevención.^[5]

La solución del trabajo propuesto requiere acción experimental de nuestra parte, para lo cual debemos seguir una clara metodología.^[5]

- 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.

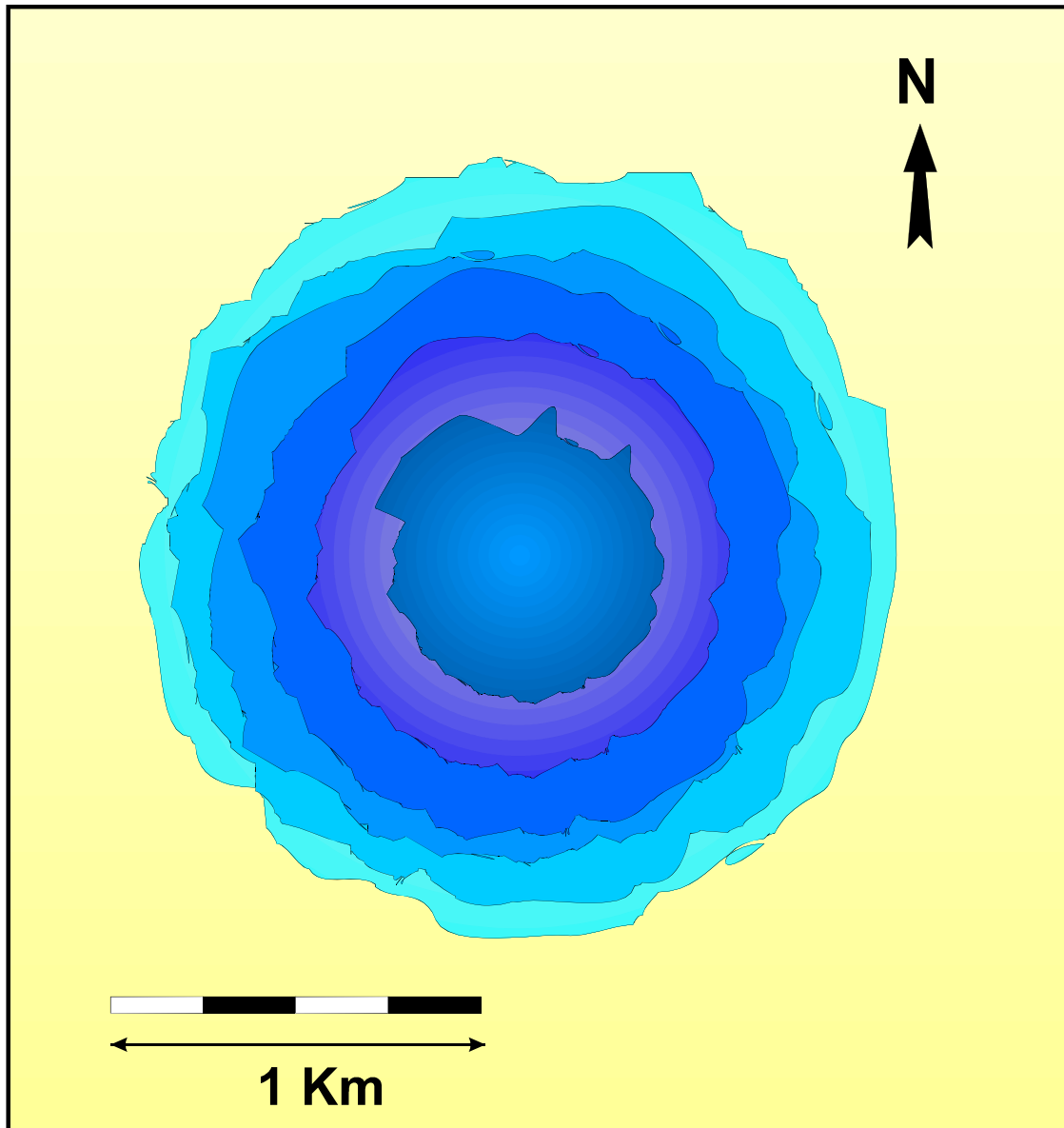


Figura 7.2 Representación de fotografías de una mancha de petróleo en el agua de un mar calmado. Cada tono corresponde a la extensión de la mancha en un día diferente a partir del día del accidente.

- 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 4. - Experimentos en la mesa de la cocina – Gotas de aceite sobre agua

Equipamiento básico: Un recipiente de unos 20 cm de diámetro y profundidad aproximada de 3 cm. Aceite de cocina. Una regla que aprecie 1 mm.

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 fina capa. 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 los parámetros y estime las incertidumbres.
- 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

$$V = A d. \quad (7.2)$$

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 :

$$A \propto N. \quad (7.3)$$

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:

$$D \propto N^{1/2}. \quad (7.4)$$

¿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. (7.4). Discuta si en este experimento podría encontrarse un exponente b mayor que $1/2$.

- 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 de 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 3, que es un caso simulado haciendo dibujos con una computadora.^[5] 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).