



GUÍA DE EJERCICIOS

PARA EL

DISEÑO EXPERIMENTAL

ACLARACIÓN

Esta es una guía de ejercicios que buscan desarrollar algunas herramientas para el pensamiento científico, y en particular para el pensamiento experimental en ámbitos escolares y educativos. Pero valen algunas aclaraciones.

La actividad científica busca generar conocimiento confiable acerca de la realidad. Las herramientas que permiten construir ese conocimiento y a la vez hacerlo confiable son múltiples y variadas. El experimento es una de las tantas que existen. Esta guía, por lo tanto, es de muy acotado alcance.

Lo es en mayor medida porque por otro lado existen experimentos de muy diversa índole y características. Por lo general cómo llevar adelante un experimento depende muchísimo de para qué se hace este experimento y por lo tanto no existen recetas o procedimientos que se apliquen a todas las situaciones. Sin embargo, existen familias de experimentos, ciertas estrategias que se repiten con suficiente frecuencia como para que valga la pena aprender de ellas.

Esta es una guía de ejercicios destinada a enseñar una de esas estrategias. Conviene no perder de vista que no todos los experimentos (quizá ni siquiera la mayoría) se adaptan a los esquemas aquí propuestos.

La guía propone varios pasos o grupos de ejercicios, cada uno de los cuales desarrolla un concepto diferente pero secuencial. Las partes, por lo tanto, no están pensadas para ser usadas separadamente ni como disparadores de temas específicos sino como un todo y en el orden en el que aquí se presentan.

Expedición Ciencia

www.expediciónciencia.org.ar

Versión 2014

La presente guía de ejercicios fue desarrollada por miembros del equipo de Expedición Ciencia, y es propiedad intelectual de los autores y de la Asociación Civil Expedición Ciencia. Expedición Ciencia autoriza la reproducción, total o parcial, de esta secuencia en medios digitales o impresos, como su uso con fines docentes. En todos los casos deberá aclararse el origen del material mencionando explícitamente el nombre de Expedición Ciencia. Los nombres "Expedición Ciencia", "ExpC" y los logos correspondientes son marcas registradas de la Asociación Civil Expedición Ciencia.

PARTE 1

EL ARTE DE LA PREGUNTA INVESTIGABLE

EL OBJETIVO DE UN EXPERIMENTO ES CONTESTAR UNA PREGUNTA O RESOLVER UN PROBLEMA. NO TODAS LAS PREGUNTAS, OBIAMENTE, SON CONTESTABLES MEDIANTE EXPERIMENTOS. EL OBJETIVO DE ESTA PARTE ES BRINDAR HERRAMIENTAS PARA FORMULAR PREGUNTAS DE MODO QUE SEAN ÚTILES PARA UN DISEÑO EXPERIMENTAL.

ÁLVAREZ Y LA EXTINCIÓN DE LOS DINOSAURIOS: BREVE HISTORIA INTRODUCTORIA

Los estratos geológicos tienen diferencias unos de otros en color, composición química y en la presencia de fósiles característicos. Las rocas del Cretácico están llenas de dinosaurios, amonites y otros seres extintos aun a nivel microscópico. Uno de los fenómenos más llamativos de la geología es la transición abrupta entre un estrato y otro. Por encima del Cretácico, hay rocas del período Terciario en la que abundan mamíferos, pero no se encuentra prácticamente ninguno de los fósiles del Cretácico. Estos dos enormes estratos están separados por una delgada capa de arcilla de apenas dos centímetros de grosor en lo que se llama la transición KT. Este fenómeno ha despertado preguntas desde siempre entre los geólogos. ¿Se acabó el período Cretácico de golpe con la extinción repentina de sus especies u ocurrió gradualmente y simplemente el registro fósil es incompleto? ¿Murieron los dinosaurios en una catástrofe o fueron desapareciendo paulatinamente? Walter Álvarez se hacía estas preguntas y como tantos otros, las encontraba a la vez fascinantes e inútiles. ¿Cómo contestarlas? Finalmente decidió concentrarse en la delgada capa de arcilla. La misma se formó por deposición de un material tipo polvillo hace unos 35 millones de años. La capa es delgada, de eso no hay duda. Pero esa delgadez puede deberse a que el polvillo se acumuló por un período de tiempo muy muy corto. O alternativamente puede deberse a que durante un período de tiempo muy largo simplemente cayó muy poco polvillo. La pregunta es entonces: ¿la deposición de la capa arcillosa en la transición KT ocurrió a una tasa normal (tardó muy poco tiempo) o una tasa de gran lentitud (y tardó mucho tiempo)? Álvarez mismo dice: *“La pregunta estaba ahora precisamente formulada: ¿la capa de arcilla representaba unos pocos años o unos pocos miles de años?”*

Álvarez encontró la formulación de la pregunta mucho más adecuada, porque ahora sí podía pensar en algún experimento para ponerla a prueba. Junto con su padre, decidieron medir la cantidad de iridio en la capa de arcilla. El iridio cae del espacio a una tasa constante. Si la capa tardó mucho en crearse, debía contener bastante iridio, mientras que si se había acumulado en poco tiempo, debía tener baja concentración de este raro metal.

La moraleja de esta historia es que muchas buenas preguntas -- esas que son interesantes, importantes—no tienen por qué estar expresadas en términos contestables. Los científicos deben trabajar, a veces muy duramente, para transformar las preguntas y formularlas de tal modo que sean contestables, y contestables mediante el uso de las herramientas que ellos tienen disponibles.

EJERCICIO 1

1. A continuación hay una serie de preguntas. Clasificalas, marcándolas con una X donde corresponda, de acuerdo a si
- a) su respuesta es una cuestión de gustos u opinión, es decir, su respuesta es subjetiva y personal, y b) su respuesta es un dato incuestionable de la realidad (aunque no necesariamente conocido), es decir, es una respuesta pública y objetiva.

PREGUNTA	SUBJETIVA	OBJETIVA
¿De qué color es el cielo?		
¿Es el color del cielo hermoso?		
¿Cuál es la temperatura a la que se funde el plomo?		
¿Quién es mejor jugador: Maradona o Messi?		
¿Cuál es la raíz cuadrada de 15?		
¿Cómo varía la presión de un gas cuando elevo su temperatura?		
¿El virus HIV es el agente causal del SIDA?		
¿El raltegravir es una droga efectiva en el tratamiento del SIDA?		
¿Por qué se extinguieron los dinosaurios?		
¿Está mal matar a un asesino?		
¿Se puede leer la mente?		
¿Cuál es la composición interna del Sol?		
¿Existe la vida en otros planetas?		
¿En qué año nació San Martín?		
¿Fue San Martín positivo para la historia argentina?		
¿Por qué solamente hay dos sexos: masculino y femenino?		
¿Cuál es el nombre científico del ornitorrinco?		
¿La cebra es una única especie o varias especies parecidas?		
¿Qué es un átomo?		
¿Qué es un metro?		

2. ¿Cuál miembro de los siguientes pares de preguntas te parece más fácil (por la manera en que está formulada) de contestar mediante un experimento o determinación empírica?
- a.1. ¿Cuál es la probabilidad de encontrar seres inteligentes en otro planeta?
a.2. ¿En qué planetas del sistema solar hay agua?
- b.1. ¿Influye el peso de un objeto en la fuerza de rozamiento al empujarlo?
b.2. ¿Por qué ocurre el rozamiento?
- c.1. ¿Cómo podemos curar el Alzheimer?
c.2. ¿Retrasa la aparición de síntomas del Alzheimer el resolver rompecabezas?
- d.1. ¿Puede leer la mente la gente?
d.2. ¿Si pienso en un número, podrá una persona adivinarlo sin que yo se lo diga?

- e.1. ¿Cuáles deben ser las posiciones relativas de un observador, el Sol y una nube de agua para que el observador vea un arcoíris?
e.2. ¿Cómo se produce un arcoíris?

EJERCICIO 2

1. Las siguientes preguntas están agrupadas de a pares; los dos miembros del par aluden al mismo problema pero una pregunta es más general y la otra más específica. En cada par, marca la pregunta más específica.

- | | |
|--|---|
| <input type="radio"/> ¿La sal afecta el crecimiento de las plantas? | <input type="radio"/> ¿Las begonias regadas con agua con sal crecen menos en 10 días que begonias regadas con agua sin sal? |
| <input type="radio"/> ¿Aumenta linealmente el volumen de un gas al aumentar su temperatura? | <input type="radio"/> ¿Cuál es la relación entre el volumen y la temperatura? |
| <input type="radio"/> ¿La sal afecta el crecimiento de las plantas? | <input type="radio"/> ¿Las plantas pueden crecer en cualquier tipo de suelo? |
| <input type="radio"/> ¿Qué relación existe entre la proporción de arena en un suelo y el crecimiento de las plantas? | <input type="radio"/> ¿Las plantas pueden crecer en cualquier tipo de suelo? |
| <input type="radio"/> ¿Pueden haberse extinguido los dinosaurios por el impacto de un meteorito? | <input type="radio"/> ¿Por qué se extinguieron los dinosaurios? |

2. Para cada una de las siguientes preguntas, formulá dos preguntas más específicas dentro del mismo tema.

Ejemplo

Pregunta general: ¿Cómo funciona el sistema inmune?

Pregunta específica: ¿Existe algún órgano (como el riñón o el hígado) que al ser extirpado deje a un animal sin sistema inmune?

Pregunta específica 2: ¿Existen enfermedades en las cuales el sistema inmune no funcione?

- a. Pregunta general: ¿Cuál es el efecto del café sobre los seres humanos?

Pregunta específica 1:

Pregunta específica 2:

b. Pregunta general: ¿Existe la telepatía?

Pregunta específica 1:

Pregunta específica 2:

c. Pregunta general: ¿Cómo funciona la mente?

Pregunta específica 1:

Pregunta específica 2:

d. Pregunta general: ¿Qué factores influyen la adicción a la televisión?

Pregunta específica 1:

Pregunta específica 2:

e. Pregunta general: ¿Cuál es el efecto del café sobre los seres humanos?

Pregunta específica 1:

Pregunta específica 2:

EJERCICIO 3

1. Supongamos que estás tratando de diseñar experimentos para dar respuesta a las siguientes preguntas. Elegí dos de ellas y escribí muy brevemente cómo sería el experimento para contestarlas.

a) ¿De qué está hecho el vidrio?

b) ¿Tomar café cura la borrachera?

c) ¿Necesitan luz las flores para abrirse o tienen un reloj interno que les dice cuándo es de día?

d) ¿Qué abriga más, la lana o la seda?

e) ¿Es verdad que si soñás que te morís, te morís de verdad?

f) ¿Qué hace que un niño lea más?

g) ¿Las computadoras en el aula, mejoran la educación?

2. Dados los siguientes temas generales en los cuales podría plantearse un proyecto de investigación, encontrará una pregunta que te parece que pueda ser contestada mediante un experimento.
- a. El crecimiento de las plantas

 - b. La imantación de los metales

 - c. Los efectos del alcohol en las personas

 - d. La elección de pareja por la gente

 - e. El sentido de la vista

 - f. El efecto de la televisión en las personas

 - g. El comportamiento de los insectos

PARTE 2

TRATAMIENTOS

EN ESTOS EXPERIMENTOS SE DESEA EVALUAR EL EFECTO DE UN “TRATAMIENTO”. HAY, POR LO TANTO, COSAS QUE SON MODIFICADAS POR LOS INVESTIGADORES Y OTRAS QUE VARÍAN SOLAS POR EFECTO DE ESTOS CAMBIOS.

BECQUEREL Y LA RADIATIVIDAD: BREVE HISTORIA INTRODUCTORIA

A finales de 1800 varios científicos se pusieron a investigar toda una suerte de misteriosas radiaciones. Entre ellas estaban los rayos X, que podían producir impresiones en papel fotográfico aun cuando éste estuviera aislado de la luz. Se había descubierto la presencia de rayos X asociada a algunas formas de fluorescencia, es decir que cuando se ponía una placa fotográfica cerca de una fuente de fluorescencia (como por ejemplo un tubo de rayos catódicos, pero eso no importa aquí), aparecían manchas negras en la placa cuando se la revelaba en el cuarto oscuro.

Henri Becquerel decidió poner a prueba la idea de que la fluorescencia produce rayos X. Para ello tomó una sustancia (sulfato de uranilo y potasio) que fluoresce cuando es iluminada con rayos ultravioletas (UV). Tomó entonces una placa fotográfica, la envolvió bien en papel negro, puso sobre ella unos cristales de sulfato de uranilo y potasio y dejó todo esto en el alfeizar de la ventana bajo los rayos del sol (que como bien sabemos tienen rayos UV). A las pocas horas reveló la placa fotográfica y encontró manchas en ella correspondientes a las posiciones de los cristales. Concluyó entonces que la fluorescencia del sulfato de uranilo y potasio producía rayos X. Se aprestó a publicar sus hallazgos mientras repetía los experimentos.

Pero hete aquí que en ese día, miércoles 26 de febrero de 1896, el tiempo se puso todo nublado. Becquerel decidió postergar sus experimentos: dejó la placa fotográfica envuelta en papel negro y los cristales en un cajón, bien a oscuras, sabiendo que los cristales no fluorescen en la oscuridad y que por lo tanto nada debería pasar. A los pocos días, por las dudísimas, decidió revelar la placa fotográfica y encontró para su sorpresa que los cristales habían dejado una clarísima marca. O sea que podían producir rayos X o alguna otra radiación aun sin fluorescencia. Esto, claro está, contradecía su hipótesis original. Este resultado lo llevó en nuevas direcciones. Se le ocurrió que la sustancia estaba emitiendo una nueva forma de rayos. Con paciencia, logró descubrir que la fuente de radiación era el uranio de los cristales y de esa forma descubrió la radioactividad espontánea, por lo que compartió el Premio Nobel de Física en 1903 con Pierre y Marie Curie.

Este fragmento de la historia de la ciencia nos muestra dos cosas importantes. Becquerel en el fondo estaba realizando un experimento en el que “exponía” a las placas fotográficas a un agente, los cristales de uranilo fluoresciendo por acción de la luz del sol. En su primer experimento, él atribuyó las manchas en las placas a la acción de la luz ultravioleta en los cristales. Sólo cuando repitió, de casualidad, el experimento sin la acción de la luz de sol, advirtió que los cristales emiten radiaciones todo el tiempo. El experimento completo para poner a prueba la hipótesis de que la luz del sol induce radiaciones en los cristales, implica dos juegos de placas: unas con cristales expuestos al sol y otra sin los cristales expuestos al sol. Este último se denomina con frecuencia “control”. Las conclusiones en este tipo de experimento se extraen al comparar la placa experimental (con luz del sol) con la placa control (sin luz de sol).

La otra moraleja importante de esta historia es que aun genios de la estatura de Henri Becquerel pueden olvidarse de plantear sus experimentos de manera completa y rigurosa.

EJERCICIO 1

1. El jardín es un ámbito que se presta a la experimentación. Juana, una jardinera principiante sabe que las plantas se mueren si uno no las riega, pero que también perecen si se las riega demasiado. Para averiguar cuánta agua toleran sus plantas, decide proceder de la siguiente manera. Riega sus plantas dos veces al día, una a la mañana y otra a la tarde, siempre a la misma hora. Luego divide a todas sus plantas (y tiene muchas) en 10 grupos diferentes. A cada grupo la riega con una cantidad diferente de agua: al primer grupo le pone 1 litro, al segundo 2 litros, al tercero 3, etc. Mantiene este régimen por dos semanas y luego se fija qué plantas han muerto o sobrevivido.
 - a) ¿Qué cosa está variando Juana por decisión propia?

 - b) ¿Qué parámetro usa Juana para ver el efecto de sus cambios?

2. El esposo de Juana (Oscar Fernandino von Lieber Gutiérrez pero mejor conocido en el barrio como el Chincho), sabe hacer muy ricos asados y tiene cierta mente científica por añadidura. Ha notado últimamente que cuando hace asados el perro del vecino se pone con frecuencia a ladrar furiosamente. Pero no siempre. El Chincho sospecha que el olor de las morcillas vuelve loco a Sultán (el perro). Para ponerlo a prueba decide que hará un asado cada sábado por 10 fines de semana consecutivos. A veces pondrá morcillas y otras veces no y en cada caso se fijará si el perro ladra como loco o no.
 - a) ¿Qué varía el Chincho en su experimento?

 - b) ¿Qué observa para ver el efecto?

3. En los experimentos que vimos hasta ahora hay “cosas” o parámetros que pueden variar. Como varían, los científicos llaman a estos parámetros “variables”. Y de esas variables, en estos casos al investigador le importan dos. El experimento consiste en manipular una de las variables y ver qué efecto tiene sobre la otra. Por ejemplo, regamos con o sin fertilizante (variable: presencia de fertilizante) y vemos qué efecto tiene sobre el largo de las plantas (variable: largo de las plantas). O en otro ejemplo, un investigador decide buscar objetos de diversos pesos (variable: peso del objeto) y determinar si esto tiene un efecto en cuánto tarde un objeto en caer (variable: tiempo de caída). Las variables que el investigador controla se llaman “variables independientes” (presencia de fertilizante, peso del objeto). Las variables sobre las cuales el investigador desea evaluar el efecto se llaman “variables dependientes” (altura de la planta, tiempo de caída), justamente porque esta variable depende de la otra. En otras palabras, el experimento consiste en ver si la variable independiente tiene un efecto en la variable dependiente.

A → B

Variable independiente → Variable dependiente

- a) Completá la tabla de las variables dependientes e independientes que aparecen en los experimentos 1 y 2 de este ejercicio.

	Variable independiente	Variable dependiente
Experimento 1:		
Experimento 2:		

EJERCICIO 2

1. A mediados de los 1800s Louis Pasteur formuló la idea de que los microbios están en el polvo. Según su idea, las cosas se pudren cuando les cae polvo que aloja algunos microbios que luego se reproducen. Para poner a prueba esta idea Pasteur construyó frascos en los que puso un líquido nutritivo en el que pueden vivir y prosperar microorganismos. Luego hirvió este líquido y selló los frascos derritiendo el vidrio de sus bocas. Estos frascos podían mantenerse sin pudrirse por años y años (eran estériles). Pero si se los abría en la parte superior, generalmente se volvían turbios por el crecimiento de millares de microbios en su interior. Pasteur llevó 10 de estos frascos al sótano de un observatorio astronómico donde no circulaba nada de aire y no había nada de polvo. Luego abrió otros 10 en un cuarto común en el medio de la ciudad con las ventanas abiertas. También abrió frascos en la alta montaña, donde el aire es límpido y sin polvo. Encontró que en el sótano solamente uno de los diez frascos se volvió turbio. En la casa en la ciudad, todos se volvieron turbios. En la montaña solamente dos.

- a) ¿Cuál es la variable independiente en el experimento de Pasteur?

- b) ¿Cuál es la variable dependiente en este experimento?

- c) ¿Te parece que los resultados apoyan la idea de Pasteur o no?

EJERCICIO 3

1. Supongamos que queremos ver si un medicamento que supuestamente quita el dolor de cabeza realmente funciona o no. Para eso tomamos 20 personas con dolor de cabeza. A 10 personas les damos el medicamento y a otras 10 no. En unas horas, les preguntamos a todos si les duele la cabeza o no. Si el dolor se les pasa a una mayor proporción de gente en el grupo que tomó el medicamento, concluimos que la droga sirve para calmar el dolor de cabeza.
 - a) ¿Cuál es la variable independiente? ¿Qué valores puede tener?

 - b) ¿Cuál es la variable dependiente? ¿Qué valores puede tener?

 - c) ¿Qué concluirías si el dolor de cabeza se le pasara a una mayor proporción de personas en el grupo que no tomó el medicamento (relativo al grupo que sí lo tomó)?

 - d) Supongamos que los experimentadores le dan el medicamento a un grupo de personas, pero nunca se toman el trabajo de compararlo con un grupo que no tomó el medicamento. Escribí claramente por qué las conclusiones de dicho experimento no son válidas. Comparalas con el caso de Becquerel descripto al principio de la sección.

2. La germinación del poroto. Unos estudiantes quieren saber si la temperatura influye en el tiempo que tarda en germinar un poroto. Para contestar esta pregunta, ¿qué deberían variar? ¿Qué deberían observar o medir para evaluar el efecto?

EJERCICIO 4

1. Volvé al caso del experimento de Becquerel.
 - a) ¿Cuál es la pregunta que busca responder Becquerel?

 - b) ¿Cuáles son las variables dependiente e independiente que hay que plantear en este experimento?

- c) ¿Cuáles son las conclusiones de Becquerel cuando no establece el control y cuáles son cuando sí lo hace?
2. Volvé al ejercicio 3 de la Parte 1. ¿Cuáles de esas preguntas pueden ser respondidas mediante experimentos de tratamiento y cuáles no? Para alguna de las preguntas que pueden ser investigadas con experimentos de tratamiento, planteá ahora un experimento tal como los que vimos en esta parte. ¿Cuáles son las variables dependiente e independiente?

PARTE 3

BUENOS CONTROLES: FIJAR VARIABLES

EN UN EXPERIMENTO HAY COSAS QUE PUEDEN VARIAR SIN QUE UNO SE DÉ CUENTA. PARA QUE LAS CONCLUSIONES SEAN VÁLIDAS HAY QUE ASEGURARSE DE QUE LOS EFECTOS EN LA VARIABLE DEPENDIENTE SE DEBEN ÚNICAMENTE A LOS CAMBIOS EN LA VARIABLE DEPENDIENTE Y NO A OTRAS.

LA CONDUCCIÓN DE LA ELECTRICIDAD: BREVE HISTORIA INTRODUCTORIA

Un científico inglés llamado Stephen Gray descubrió allá por el 1720 que la electricidad estática puede moverse de un objeto a otro. Con un amigo suyo, se propuso ver cuán lejos podía la carga estática viajar por un hilo sisal. El hilo sisal era un buen conductor de la estática en experimentos sencillos. En una variación del experimento colgaron los hilos de las vigas de un granero, pero en este caso el experimento dejó de funcionar. Analizándolo con cuidado, los experimentadores notaron que habían colgado el hilo del techo mediante otros segmentos cortos de hilo sisal. Si la electricidad podía viajar por el hilo sisal, entonces debía estar viajando por los trechos cortos hacia las vigas del techo. En otras palabras, la electricidad se iba adonde no debía, se “perdía”. Para solucionarlo, los experimentadores razonaron que el hilo transportaba la carga estática muy bien porque era grueso y decidieron reemplazarlo por finos hilos de seda. El cambio dio resultado: ahora todos sus experimentos funcionaban como ellos querían. Su idea del rol del grosor del hilo en la conducción de la electricidad se veía apoyada por estos resultados.

A los pocos días algunos hilos de seda se rompieron y su estructura se vino al piso. Gray decidió entonces reemplazarlos por algo igual de fino pero más resistente. Se decidió por finos alambres de cobre. Para su sorpresa, cuando el conjunto era sostenido por hilos de cobre, los experimentos dejaban de funcionar de nuevo. Como con el hilo sisal, la carga estática se perdía. Gray entonces cambió su hipótesis. Quizá el hilo sisal conducía bien la electricidad no porque fuera grueso sino por alguna razón yacente en su composición como material. La seda no conducía bien la electricidad y el cobre y el sisal sí. Nuevos experimentos corroboraron esa hipótesis y Gray dio con una nueva idea de enorme poder: hay materiales que son buenos conductores y otros que son malos conductores de la electricidad.

Vemos aquí que Gray desea en principio estudiar por qué al colgar su aparato del techo con hilo sisal la carga estática parece desvanecerse. Hipotetiza que se escapa a través del hilo sisal por su grosor y para poner a prueba esta idea cambia el hilo sisal grueso por un hilo de seda fino. Sin ser consciente, Gray varía dos cosas, el grosor del hilo y su material. Esto lo lleva a la conclusión errónea.

EJERCICIO 1. SUELOS Y MEDICAMENTOS

Lean atentamente y contesten.

Experimento 1. Volvamos al experimento anterior en el que unos científicos estudiaban la eficacia de un supuesto medicamento para el dolor de cabeza. A un grupo de 10 personas le daban el medicamento y a otro grupo de personas no. Pero resulta que el primer grupo está constituido por mujeres de entre

15 y 30 años y el segundo grupo por hombres de entre 45 y 60 años. Los científicos llegan a la conclusión de que la droga es eficaz porque en el primer grupo el dolor de cabeza se pasó más rápido.

- a) Estas conclusiones no son válidas. ¿Por qué no?

- b) ¿Cómo harían para que fueran válidas?

Experimento 2. Un grupo de agrónomos está tratando de estudiar cómo diferentes tipos de suelos afectan el crecimiento de las plantas. Deciden hacer un experimento para probar el efecto en el crecimiento de cinco tipos de suelo, los cuales varían en la proporción de arena y arcilla. Preparan cinco lotes, cada uno con un tipo de suelo diferente. Al primero lo riegan con 5 litros de agua por día, al segundo con 4 litros, al tercero con 3 litros, al cuarto con 2 litros de agua por día y al quinto con un litro de agua por día. Al cabo de 15 días miden el largo de las plantas y descubren que las plantas del primer lote son mucho más altas que las plantas de los otros lotes.

- a) ¿Cuál es el problema con este experimento?

Experimento 3. El grupo de agrónomos del experimento 2 decide repetir el experimento sobre el efecto de suelos y vuelve a plantar plantas en los cinco lotes con diferentes suelos. Riegan todos los lotes con la misma cantidad y frecuencia. En el primer lote plantan brócoli, en el segundo alfalfa, en el tercero trigo, en el cuarto plantines de jacarandá y en el quinto soja. Al cabo de 15 días miden el largo de las plantas.

- a) ¿Está bien hecho este experimento? ¿Es mejor o peor que el experimento 2?

Los experimentos 2 y 3 son muy parecidos pero ambos tienen fallas de diseño. ¿Se imaginan otros tipos de fallas que no hemos nombrado hasta ahora? ¿Cómo harían para corregirlas?

- b) ¿Qué tienen en común las fallas de diseño de los experimentos 1, 2 y 3?

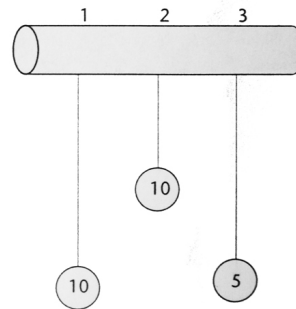
- c) Escriban en una oración una regla que sirva para evitar este tipo de equivocación y que conduzca a pruebas válidas.

EJERCICIO 2. PÉNDULOS Y CIRCUITOS

1. El período de un péndulo es cuánto tarda en hacer una oscilación completa ida y vuelta. Supongamos que quieres saber si el largo de la cuerda del péndulo influye en el período del péndulo. El dibujo muestra una serie de péndulos. Los números en las pesas indican el peso de cada una.

a) ¿Cuáles de los siguientes péndulos elegirías para contestar esta pregunta?

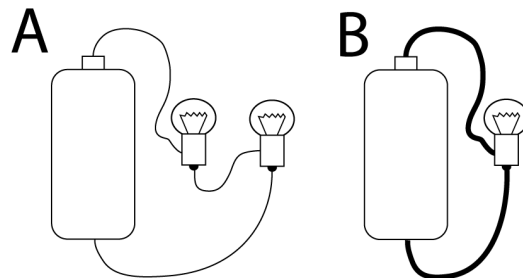
b) ¿Por qué?



2. Un estudiante está viendo cómo se gastan las pilas en diferentes circuitos. Quiere saber si el material con el que está hecho el alambre conductor tiene efecto en cuánto se gasta la pila. Para eso compara los dos circuitos esquematizados más abajo; en el circuito A usa alambre de cobre y en el circuito B alambre de oro. Sus conclusiones, dice un compañero, no son válidas.

a) ¿Tiene razón el compañero?

b) ¿Por qué?



EJERCICIO 3. ¿TODAS, TODAS LAS VARIABLES?

En principio un buen experimento debería variar una sola cosa y dejar todo el resto sin variar (esto no es absolutamente cierto y en muchos casos hay diseños experimentales multivariantes, pero estos presentan otras complicaciones y no vamos a analizarlos aquí). Un problema con esto es determinar cuáles con las cosas que deben cuidarse de que no varíen. En un ejemplo favorito de los físicos, se dice que la masa de un péndulo y el largo del piolín podrían ser variables importantes en el tiempo de oscilación de un péndulo, pero considerar a la fase de la Luna como una variable relevante sería insensato.

1. Volviendo al experimento con los tipos de suelo, ¿cuáles de las siguientes variables te parecen relevantes para ser mantenidas constantes y cuáles no? Agregar dos variables relevantes y dos irrelevantes.

Variable	Relevante	No relevante
Cantidad de fertilizante		
Tipo de fertilizante		
Sexo del investigador		
Cantidad de agua		
Humedad ambiente		
Día de la semana		
Temperatura del aire		
Temperatura del agua de riego		
Temperatura del suelo		
Tipo de planta		
Hora en la que se riega		
Altura desde la que se deja caer el agua		
Color de la regadera		
Material de la regadera		

EJERCICIO 4. INYECCIÓN Y VEHÍCULO.

1. El siguiente es un experimento imaginario. Supongamos que los científicos Marcos Plant y Eduardo Veggie piensan que las hojas del ricino tienen una sustancia que puede curar la presión baja. Un jugo de las hojas de ricino parece tener un efecto levemente favorable. Los científicos deciden entonces inyectar a animales hipotensos con el jugo hecho de hojas maceradas de ricino. El resultado es espectacular: la presión arterial de los animales sube rápidamente y los científicos concluyen que el jugo de hojas de ricino es un éxito. Sus colegas, Pérez y Johnson, son más escépticos. ¿Cómo estar seguros de que el efecto no se debe al pinchazo o a la introducción de un líquido –cualquier líquido—en las venas? Para contestar a esas objeciones Plant y Veggie toman dos grupos de animales: a uno les inyectan el jugo de hojas de ricino y al otro, simplemente agua. Pérez y Johnson objetan que la inyección quizá funciona porque tiene mayor presión osmótica (o sea, tiene sales y sustancias disueltas) y no porque tenga un principio activo. Plant y Veggie les dan la razón. Vuelven a repetir el experimento; a un grupo le inyectan el menjunje y al otro una solución salina (agua con algunas sales) en exactamente la misma cantidad. El jugo de hojas parece tener un efecto. Pero Pérez y Johnson no están conformes. ¿No puede tratarse de algo que está en el machacado de hojas que no está en la solución salina y que no es algo específico de las hojas de ricino? Quizá no se trata de una sustancia en las hojas de ricino sino a los efectos de cosas que se encuentran en cualquier hoja, como la clorofila.
 - a) ¿Qué deben hacer Plant y Veggie para intentar convencer a Pérez y Johnson?
 - b) ¿Por qué inyectan la misma cantidad de solución salina que de extracto de ricino?

- c) ¿Qué tiene en común este caso con el de los problemas anteriores de suelos y medicamentos?
¿Cuáles son los factores relevantes y los irrelevantes en este caso?
- d) Cuando los científicos deben probar el efecto de algo inyectable, siempre comparan sus resultados con otro grupo de animales o pacientes que han recibido un coctel lo más parecido posible al líquido de la inyección experimental. Este “líquido control” recibe el nombre de “vehículo”. ¿Qué habría que hacer si el tratamiento consiste en operar a un animal y ponerle un dispositivo en algún lugar del cuerpo (por ejemplo, un dispensador de droga adentro del cerebro o una constricción de un conducto o la extirpación de una glándula)?
2. En 1921 los canadienses Frederick Banting y Charles Best descubrieron que un machacado de páncreas inyectado a perros diabéticos hacía desaparecer los síntomas de esta enfermedad por varias horas (inyecciones periódicas parecían hacer desaparecer los síntomas indefinidamente). La hipótesis aceptada era que el páncreas produce y secreta en la sangre una sustancia capaz de revertir los síntomas más importantes de la diabetes; esa sustancia recibía el nombre de insulina y supuestamente estaba presente en los machacados de páncreas.
- a) Para averiguar si la idea de que el páncreas produce una sustancia anti-diabetes era correcta, ¿qué es lo que los investigadores deben variar y qué deben evaluar?
- b) ¿Qué es lo que no deben variar?
- c) ¿Cómo tendría que ser un buen experimento para mostrar que la sustancia propuesta está en el páncreas y solamente en el páncreas y no por ejemplo en otro órgano?

PARTE 4

MEJORES CONTROLES: ALEATORIZACIÓN

MUCHAS VECES AQUELLO QUE INVESTIGAMOS ES MUY VARIABLE Y RESULTA CASI IMPOSIBLE ARMAR DOS GRUPOS IDÉNTICOS ATENDIENDO A LAS VARIABLES UNA POR UNA. ESTO ES EL CASO CON POBLACIONES HUMANAS Y DE OTROS ANIMALES Y PLANTAS. EN ESOS CASOS CONVIENE ASIGNAR A LOS INDIVIDUOS AL TRATAMIENTO O AL CONTROL DE MANERA ALEATORIA.

CÓLERA: BREVE HISTORIA INTRODUCTORIA

El cólera es una enfermedad que mata por deshidratación a través de vómitos y diarreas violentas. Hasta 1830 fue una aflicción típica de regiones subdesarrolladas como la India, pero en 1831, 1849 y 1854 aparecieron epidemias devastadoras en Londres y otras ciudades europeas. Los médicos de la época pensaban que la enfermedad era causada por los malos olores. John Snow, en cambio, sostenía que se transmitía al beber agua en contacto con materia fecal. En la gran epidemia que asoló al Soho londinense en 1854, Snow advirtió que las muertes que concentraban en ciertas casas, muchas veces sin afectar a edificios vecinos. Conjeturó que se trataba de una diferencia en el abastecimiento de agua corriente. Para probarlo, decidió concentrarse en ciertos distritos de Londres que eran abastecidos simultáneamente por dos compañías. S&V tomaba agua del Támesis cerca del sitio de descarga cloacal; Lambeth tomaba agua río arriba. Las cañerías eran, por razones históricas, un intrincado laberinto. Una misma manzana podía recibir agua de las dos compañías. Snow vio en esta situación una oportunidad científica:

“No menos de trescientas mil personas de los dos sexos, de toda edad y ocupación, y de todo rango y posición, desde nobles a muy pobres, fueron divididos en dos grupos sin su elección, y en la mayoría de los casos, sin su conocimiento; un grupo era abastecido por agua contaminada por los desechos cloacales de Londres [...], el otro grupo recibía agua libre de dichas impurezas.”

Encontró que en un período de cuatro semanas entre julio y agosto de 1854, entre los bebedores de agua de S&V habían muerto de cólera 286 personas, mientras que entre las que recibían agua de Lambeth, solo habían muerto 14.

Casi al mismo tiempo, el médico William Farr, en ese entonces defensor de la idea de que el cólera era difundido por los olores del aire, llevó adelante una contabilización de muertes en lugares a diferentes alturas sobre el nivel del mar. La lógica de su estudio era que a mayores alturas el aire es más puro y libre de olores y toxinas. Dividió a Londres en “terrazas” sucesivas y determinó la mortalidad por 10 mil habitantes para cada una de ellas. La tendencia fue un decrecimiento constante de la mortalidad con la altura (por ejemplo, de 102 en la marca 0-19 pies hasta 8 en la marca más alta de 340-359 pies, pasando por 5 terrazas intermedias). Pero puede criticársele que barrios a diferentes alturas están poblados por personas de diferentes clases sociales, con diferentes dietas y costumbres, y, sobre todo, con diferentes fuentes de agua (los barrios más altos recibían agua preferentemente de los tributarios del Támesis, río arriba de las aperturas cloacales). De modo que las diferencias en mortandad observadas por Farr podían deberse a toda otra suerte de factores.

Podemos ver, al comparar los estudios de Farr y de Snow, que el segundo puede establecer con menor ambigüedad la relación probablemente causal entre la muerte por cólera y el factor estudiado. Y esto se

debe a que el grupo experimental y el grupo control son más parecidos debido a que son asignados a uno u otro en forma casi azarosa.

EJERCICIO 1. ESTUDIOS OBSERVACIONALES Y CONFOUNDERS

El estudio de William Farr probó sin lugar a dudas que existía en Londres una asociación entre la elevación en la que vivía una persona y la probabilidad de que contrajera cólera. El problema con el estudio es que no puede descartar que el incremento en la mortalidad al elevarse no se deba al efecto de otro factor que también cambia con la altura. Algunos factores que cambian con la altura son: pureza del aire, presión atmosférica, temperatura ambiente, clase social, movilidad hacia y desde el trabajo, fuente del agua potable. Quizá existan otras que no estamos teniendo en cuenta aquí. De hecho, Farr mismo observó una relación entre la mortalidad y la fuente de agua y también el grado de pobreza en un barrio. Estos otros factores que pueden afectar un estudio como el de Farr, se llaman confounders. El problema principal del trabajo de Farr, que impone limitaciones pero no disminuye su rigor científico, es que el investigador no puede decidir quién se alojará a una altura u otra; esto viene dado y el investigador no puede cambiarlo. Es decir, no hay una variable independiente que uno pueda variar experimentalmente. Este tipo de investigaciones se llaman con frecuencia “estudios observacionales” a diferencia de los experimentos, en los que el investigador controla la variable independiente a voluntad.

1. Si uno observa en grandes grupos de personas la relación entre beber café y la esperanza de vida, encuentra que los grupos que beben café tienden a vivir un poco menos. Médicos y epidemiólogos saben que este dato, tomado de forma cruda, no necesariamente indica que el café sea malo, porque la ingesta de café está fuertemente asociada a otros aspectos de la vida de las personas que también afectan fuertemente la esperanza de vida. El ejemplo más obvio es el cigarrillo: las personas que fuman tienden a tomar café y las personas que toman café tienden a fumar. Cabe preguntarse si la **disminución** de la esperanza de vida se debe al café o al cigarrillo. Otros factores asociados a beber café pueden no afectar la mortandad, como por ejemplo, leer mucho. Pensá al menos tres otros factores que pueden estar asociados a la ingesta de café y que puedan afectar la esperanza de vida.
2. Un estudio observacional mostró que los padres que limpian los chupetes de sus bebés con la boca (en vez de con una servilleta o agua) tienden a tener hijos con menos asma y otras afecciones alérgicas. Esto podría indicar que las bacterias de la boca de los padres brindan cierta protección contra las alergias a los hijos. Pero la menor alergia en esos chicos puede deberse a otras características de sus padres. Quizá los padres que limpian los chupetes con la boca son también más cariñosos con sus hijos y esto tiene un efecto profundo en el desarrollo psíquico del infante (se sabe que las condiciones alérgicas están muy influenciados por factores psíquicos). Imaginá al menos tres otros factores que pueden estar asociados con personas que limpian sus chupetes con la boca y que puedan afectar la alergia en sus hijos.
3. Existe una relación muy estrecha entre el fumar cigarrillos y el cáncer de pulmón. Esto puede querer decir que el cigarrillo es un factor causal del cáncer de pulmón o que está de alguna manera relacionado con otros factores causales. Uno de estos puede ser un ritmo de vida muy estresante, puesto que el estrés puede provocar enfermedades y también conducir a la gente a fumar. Mencioná al menos otros dos confounders.
4. Existen estudios que muestran que las personas que tienen una dieta rica en vegetales y pobre en proteínas animales gozan de una mejor salud. Por supuesto, existen muchos confounders, es decir,

muchas características de las personas que prefieren verduras que las pueden hacer gozar de mejor salud (y no son su dieta). Por ejemplo, los vegetarianos son por lo general muy conscientes de su salud y tienden a no fumar y a hacer ejercicio. ¿Qué otros factores podrían explicar la buena salud de vegetarianos?

EJERCICIO 2. VARIABLES INVISIBLES.

1. Supongamos que deseamos determinar si una crema cicatrizante funciona o no y decidimos usar ratas como modelo experimental. A cada rata se le afeita un pedacito de piel y se le provoca un pequeño raspón superficial, sobre el cual se coloca la crema una vez por día durante varios días. Se usan dos grupos de ratas, a uno se le coloca la crema con el ingrediente anticicatrizante (extraído de una bella planta exótica), y al otro grupo se le aplica un vehículo. Para formar estos grupos se toman ratas de una jaula con 20 animales. Los primeros 10 van a al grupo experimental y los otros al control. Después de haber hecho el experimento, los investigadores descubren que dentro de una jaula las ratas establecen sistemas de jerarquías sociales, de modo que algunas están más estresadas que otras, algunas comen más que otras, otras duermen menos, etc. Cuando uno mete la mano en la jaula para sacar una rata, las de mayor jerarquía social se escabullen más rápido y las que uno termina atrapando tienden a ser las de menor rango social. El resultado del experimento puede deberse al efecto de la crema o a uno de varios confounders incluidos estrés de la rata, falta de nutrición o sueño o factores genéticos varios. Muchos de estos confounders pueden incluso ser totalmente desconocidos. ¿Cómo harías para producir dos grupos de ratas lo más parecidas posibles sabiendo que los individuos en cada jaula pueden ser muy diferentes?
2. Volvamos al problema de una posible droga para curar el dolor de cabeza crónico. Imaginemos que tomamos 200 personas con dolor de cabeza crónico y las dividimos en dos grupos, uno de los cuales recibirá la droga y otro una pastilla exactamente igual pero sin el principio activo. Tomarán esas pastillas por seis meses e informarán con qué frecuencia tienen accesos de dolor de cabeza. Ya vimos que si uno de estos grupos está formado por mujeres adolescentes y otro por varones adultos las conclusiones sobre la droga no podrán ser válidas. Advertidos de este problema dos astutos científicos consideran varias estrategias para armar sus dos grupos:

Estrategia 1: Ponen un aviso en un diario. Se abre la inscripción y cada persona que llega se le deja elegir si quiere estar en el grupo con principio activo o en el grupo con placebo.

Estrategia 2: A las primeras 100 personas que responden al laboratorio se las asigna a un grupo y a las siguientes 100 al otro.

Estrategia 3: Se divide al mapa de la ciudad en dos. A la gente que vive de un lado de la ciudad se la asigna a un grupo y a los que viven del otro lado a otro.

Estrategia 4: Uno de los investigadores mira la lista y los divide en dos grupos tratando de poner gente parecida en un grupo y en otro: varones y mujeres, gente de la misma edad, etc.

- a) ¿Cuáles son los problemas de cada una de las estrategias?

- b) Describí una manera de armar dos grupos iguales aun para variables que uno ni siquiera puede imaginarse.

EJERCICIO 3. EXPERIMENTOS NATURALES.

Los estudios del ejercicio 1 no son considerados experimentales sino observacionales. Si volvemos a la viñeta histórica y comparamos el estudio de Farr con el de Snow, notaremos que los resultados del último son más convincentes. Snow logra desembarazarse de varios confounders, como la clase social, la localidad del barrio, la ocupación de las personas afectadas y posiblemente otros factores como la dieta. Logra esto por una vicisitud histórica: existían en Londres ciertos barrios en los que las casas eran servidas por dos compañías de agua sin ningún patrón en particular. De modo que podía decirse que los grupos servidos por una u otra compañía eran en efecto iguales. Si bien Snow no asigna a gente al azar a una compañía de agua u otra, la historia del lugar parece haberle ofrecido justamente esa situación. Este tipo de estudios se llaman con frecuencia “experimentos naturales” (porque es la naturaleza y no uno la que hace el experimento) y son muy valiosos en los casos en los que no pueden hacerse experimentos en sentido estricto.

1. Un estudio buscaba conocer el efecto de haber servido en las fuerzas armadas sobre la capacidad de encontrar trabajo en EEUU. Para eso se valió del hecho de que para la guerra de Vietnam el gobierno norteamericano realizó un reclutamiento de ciudadanos al azar (se usó una lotería para todos los varones nacidos entre 1944 y 1950). ¿Qué tipo de confounders pensás que este estudio logró controlar?

EJERCICIO 4. PLACEBO.

1. Retornemos a un experimento para determinar si una droga es eficaz en eliminar un determinado dolor. Para lograrlo la estrategia básica consiste en tener dos grupos, uno al que se le aplica el tratamiento y otro al que no se le aplica, y luego comparar los resultados. Si la droga es eficaz debe producir un alivio del dolor mayor que el que se produce naturalmente en el grupo que no recibe la droga. El problema con este tipo de experimentos es que está demostrado que el solo hecho de que un paciente perciba que está bajo tratamiento tiene efectos benéficos sobre su salud, especialmente cuando se trata de dolor. En otras palabras, si un médico o investigador le dice a un paciente que está recibiendo una droga, el paciente muestra mejoría aunque en realidad no reciba ninguna sustancia activa (se le administra, por ejemplo, agua o azúcar). Este tratamiento “sin nada” se llama placebo y la mejoría que otorgan, “efecto placebo”.

¿Cómo hay que hacer un experimento que ponga a prueba una droga para saber si los efectos se deben a la acción bioquímica de la droga y no al efecto placebo?

EJERCICIO 5. RATAS Y MEMORIA.

Pedro Bekinschtein es un investigador argentino que estudia la memoria usando ratas. La memoria se evalúa observando el comportamiento de las ratas frente a una situación que pueden o no conocer de antes. Las ratas son animales curiosos y cuando ven algo novedoso lo investigan, tocándolo y oliéndolo. Frente a un conjunto de objetos, dedican más tiempo a aquellos que son nuevos y tienden a prestar

menos atención a los que ya conocen, siempre y cuando se acuerden de ellos. Su respuesta a objetos a los que ya fueron expuestas es una medida de cuánto los recuerdan (los investigarán activamente si no los recuerdan). En los experimentos de Pedro las ratas se exponen a dos objetos que están en determinadas posiciones en una arena circular. Inmediatamente después se inyecta una droga en el cerebro (las que él está poniendo a prueba son sustancias que bloquean el crecimiento neuronal) y al otro día se evalúa la memoria. Para esto, ahora uno de los objetos se cambia de lugar y otro queda en la misma posición. Si la rata se acuerda de la posición en la que estaba ese objeto el día anterior, va a explorar más la posición nueva, si no se acuerda, explora ambos objetos por igual.

- a) ¿Cuál es la variable independiente y cuál la variable dependiente en estos experimentos?

Uno de los problemas con estos experimentos es que las ratas, como los seres humanos (y todos los seres vivos al fin y al cabo), son diferentes las unas de las otras. Esta variabilidad surge de diferencias genéticas y también en las formas en que crecen (alimento, agua, espacio, luz, etc.). De modo que un buen experimento debe usar no una sino muchas ratas. Se toma un conjunto grande de animales y se los divide en dos grupos, a uno se le hace el tratamiento con la droga y al otro no. El problema es cómo hacer que los dos grupos de ratas sean esencialmente iguales.

- b) ¿Qué tratamiento hay que hacerles a las ratas que no reciben la droga cuyo efecto se está evaluando?
- c) ¿Cómo se puede hacer para que las ratas de los dos grupos sean lo más parecidas posibles tanto genéticamente como en las condiciones en que crecieron y viven?
- d) Una posibilidad es usar ratas para ambos grupos (experimental y control) que hayan crecido todas en la misma jaula. El problema es que dentro de una jaula las ratas establecen sistemas de jerarquías sociales, de modo que algunas están más estresadas que otras, algunas comen más que otras, otras duermen menos, etc. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de usar ratas de la misma jaula?
- e) Otra posibilidad es usar una jaula entera como grupo experimental y otra jaula entera como grupo control. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de esta estrategia?
- f) Además de los problemas delineados en los puntos anteriores, un experimento típico usa unas 10 ratas para cada grupo (20 en total). En cada jaula hay normalmente 5 ratas. ¿Cómo puede idearse un método que resuelva todos los problemas anteriores y que produzca dos grupos (experimental y control) básicamente equivalentes y comparables?

EJERCICIO 6. CHUPETES.

La Asociación Pediátrica de Villa Noni quiere saber si el chupete hace que los bebés duerman mejor. ¿Cómo sería un experimento para determinarlo? ¿Qué deben variar y qué deben observar para ver el efecto de sus cambios? ¿Cómo te podés asegurar de que no hay ninguna influencia de variaciones entre bebés y/o sus familias?

PARTE 5

CÓMO MEDIR

PARA TOMAR RESULTADOS HAY QUE ESTABLECER MÉTRICAS O INDICADORES CUANDO SE TRATA DE RESULTADOS CUANTITATIVOS Y DE DESARROLLAR CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DE RESULTADOS CUALITATIVOS.

EJEMPLO. EL REBOTE DE LAS PELOTAS.

Un grupo de amigos juega con dos pelotas hechas de materiales plásticos diferentes. Se preguntan cuál de ellas rebota más pero no pueden ponerse de acuerdo y deciden realizar un experimento para dirimir la cuestión. Para eso necesitan comparar dos pelotas que varíen solamente en el material del que están hechas. Luego harán rebotar las dos pelotas y evaluarán cuál de las dos rebota más. “Un momento”, dice uno de ellos, “¿cómo vamos a darnos cuenta cuál rebota más?” Después de pensar y discutir un rato uno de ellos propone dejar caer las pelotas de alturas idénticas y dejarlas rebotar sobre el mismo tipo de suelo y luego fijarse hasta qué altura llega cada una de las pelotas. La que llegue más alto rebota más. Propone usar una regla para medir. Otro propone dejar caer las pelotas de alturas idénticas, dejarlas rebotar sobre el mismo tipo de suelo y luego contar cuántas veces rebota la pelota hasta quedar inmóvil. La que rebote más veces rebota más. Propone simplemente contar. Otro propone lo mismo que el segundo pero en vez de contar los rebotes, sugiere tomar el tiempo en que dejan de rebotar. La que tarde más en detenerse rebota más. Propone usar un cronómetro.

Esto es lo que se llama un problema de métrica, es decir, de decidir cómo voy a medir lo que quiero medir. No existen los “rebotómetros”; para construir uno hay que decidir previamente qué significa para uno el rebotar y cómo se lo puede medir.

¿Cuál usarías vos y por qué?

EJERCICIO 1. MÉTRICAS OBIAS Y MÉTRICAS COMPLEJAS

En algunos experimentos los objetivos están establecidos de tal manera que la medición de una variable es básicamente directa y obvia. Por ejemplo, si yo quiero saber el efecto de la temperatura en el largo de un objeto, basta con medir la temperatura con un termómetro y el largo con una regla. En otras ocasiones las mediciones se hacen por medios indirectos, y pueden ser difíciles de concebir y requerir buenas dosis de imaginación. Si por ejemplo queremos evaluar el efecto de un determinado texto en el nivel de deseo sexual, nos veremos en la dificultad de medir el deseo sexual (esto puede hacerse preguntándole a los sujetos experimentales cuán excitados están, o midiendo el grado de erección o incluso cuánto sudan las manos mediante la conductividad eléctrica de la piel, o analizando la actividad cerebral).

Clasificá las siguientes variables de acuerdo a si su medición resulta obvia o si requiere un trabajo más imaginativo.

Variable a medir	Obvia	Desafiante
Peso de una planta		
Velocidad de un auto		
Atención puesta en una tarea		
Duración de una llamada telefónica		
Grado de maduración de una fruta		
Eficiencia de un trámite		
Complejidad de un dibujo		
Intensidad de la luz		
Salud de un animal		
Temperatura corporal		
Memoria		

Para los siguientes variables, marcar la forma de medición que te parece más adecuada

Crecimiento de una planta

- a) Peso de la planta
- b) Cambio de peso de la planta
- c) Cambio del peso de la planta en un determinado tiempo
- d) Altura máxima alcanzada por la planta

Felicidad de una persona en un día dado

- a) Respuesta a la pregunta “¿sos feliz hoy?”
- b) Cantidad de veces que sonríe durante el día
- c) Velocidad a la que camina
- d) Tolerancia a estímulos molestos

EJERCICIO 4. PROBLEMAS METODOLÓGICOS.

A veces está claro qué se quiere medir, pero medirlo no resulta técnicamente sencillo. Existe una vieja idea de que el pelo crece más rápido cuando es corto y que a medida que se vuelve más largo, va disminuyendo la velocidad con la que aumenta de largo. ¿Cómo podrías hacer para determinar si esta conjetura es verdadera o no? Explicá claramente cuál sería el procedimiento y qué medidas tomarías y con qué instrumentos.

EJERCICIO 5. MEDIR VERSUS DETERMINAR ESTADOS

A veces en un experimento no se necesita medir algo “con número” sino determinar si algo sucede o no, o en qué estado se encuentra un sistema. Por ejemplo, si se prende o no una lamparita, o decidir si un insecto está vivo o muerto, o si el semáforo está en verde o en rojo. Pero muchas veces esto es más difícil que lo que parece a simple vista.

1. Una investigadora en la Fundación Instituto Leloir en Buenos Aires estudia los ritmos biológicos (períodos de sueño y vigilia, hambre, descanso, etc.). Para esto usa unas pequeñas moscas y en

ocasiones debe determinar la actividad de las moscas. Éstas pueden estar “activas” o “tranquilas”. ¿Se te ocurre alguna manera de determinar si una mosca está activa o tranquila?

2. Queremos investigar si las bananas maduran más rápido en el racimo que solas. ¿Cómo nos damos cuenta si una banana está madura?

EJERCICIO 6. LA IMAGINACIÓN AL PODER

Un grupo de chicos quiere saber si los perros ladran más los días de lluvia que los días soleados. a) ¿Cómo cuentan los días que está parcialmente nublado? b) ¿Cómo miden cuánto ladra un perro?

Una compañía vende platos promocionados por su dureza. ¿Cómo harías para averiguar si los platos de esa marca son más duros que los de otra marca? Describí el procedimiento, observaciones o mediciones y con qué criterios concluís que una marca es más dura que otra.

Se fabrican dos cristales con metodologías diferentes. ¿Son igual de transparentes o uno es más transparente que el otro? Contanos cómo harías para medir el grado de transparencia de un cristal.

Se realiza un estudio del efecto del jugo de naranja sobre el cansancio. ¿Cómo medirías el cansancio?

Se quiere saber si hablar por teléfono celular afecta la atención de la gente. ¿Con qué métricas medirías la atención?

CODA

El texto que sigue en el recuadro es el resumen (*abstract*) de un *paper* publicado en la revista con referato *Pediatrics*. Leelo con atención y contestá las preguntas abajo.

[Pediatrics](#). 2011 Jun;127(6):e1392-9. Epub 2011 May 23.

La leche fermentada con *Bifidobacterium lactis* DN-173 010 en la constipación infantil: un ensayo controlado, aleatorizado y a doble ciego.

[Tabbers MM](#), [Chmielewska A](#), [Roseboom MG](#), [Craustes N](#), [Perrin C](#), [Reitsma JB](#), [Norbruis O](#), [Szajewska H](#), [Benninga MA](#).

Fuente

Departamento de gastroenterología y nutrición pediátrica, Centro Médico Académico del Hospital de Niños Emma, Amsterdam, Holanda. m.m.tabbers@amc.nl

Resumen

INTRODUCCIÓN:

La constipación es un síntoma frustrante que afecta al 3% de los niños en todo el mundo. Un producto lácteo fermentado diario conteniendo la cepa DN-173 010 de *Bifidobacterium lactis* fue efectivo en incrementar la frecuencia de deposiciones en mujeres estreñidas. Nuestro objetivo fue evaluar el efecto de este producto en niños estreñidos.

MÉTODOS:

En este estudio prospectivo, aleatorizado, doble ciego, 159 niños estreñidos (con una frecuencia defecatoria < 3 veces semanales) fueron aleatoriamente asignados a recibir tanto un producto lácteo fermentado diario conteniendo *B. lactis* DN-173 010 (n = 79) o un producto control (n = 80) dos veces al día durante 3 semanas. El objetivo primario fue medir el cambio en la frecuencia defecatoria desde el punto de partida hasta tres semanas después de consumir el producto. Los análisis fueron hechos por intención de tratar.

RESULTADOS:

Once niños no regresaron a la visita de seguimiento (5 en el grupo al que se administraba probióticos, 6 en el grupo control) y fueron por lo tanto excluidos del análisis final. Por lo tanto, 74 niños en cada grupo fueron analizados. El cambio en la frecuencia evacuatoria desde el punto de partida hasta después de tres semanas de consumir los productos aumentó en los dos grupos, pero la diferencia no fue estadísticamente significativa (2.9 ± 3.2 en el grupo probiótico versus 2.6 ± 2.6 en el grupo control, $P = 0,35$). No se registraron efectos adversos serios.

1. ¿Cuál es la pregunta que buscan responder los autores de este trabajo?
2. ¿Cuáles son las variables dependiente e independiente en este estudio?
3. ¿Cómo miden la variable dependiente los investigadores?
4. ¿Qué quiere decir que el estudio sea aleatorizado? ¿Cómo serían las conclusiones si el estudio no hubiese sido aleatorizado?
5. ¿Por qué se hace el estudio doble ciego?