Analítica de los Negocios

Experimentos

Carlos Cardona Andrade

Plan para hoy

1. Causalidad
2. Experimentos
3. Experimentos en Empresas

Causalidad

Causalidad

¿La estrategia/opción/bono logrará un aumento en los beneficios de la empresa?

El problema de los grupos focales

The saying-doing gap in focus groups

Correlación y relaciones espúrias

Una relación espuria es un vínculo aparente entre dos eventos que se demuestra inválido cuando se examina la relación con mayor detalle.

Correlación no implica causalidad

- Excepto cuando si la implica!
- Incluso si no implica causalidad, la frase es inútil y termina la discusión

SCIENCE

The Internet Blowhard's Favorite Phrase

Why do people love to say that correlation does not imply causation?

By DANIEL ENGBER

OCT 02, 2012 • 8:33 AM

Not everyone found the news believable. "Facepalm. Correlation doesn't imply causation," wrote one unhappy Internet user. "That's pretty much how I read this too... correlation is NOT causation," agreed a Huffington Post superuser, seemingly distraught. "I was surprised not to find a discussion of correlation vs. causation," cried someone at Hacker News. "Correlation does not mean causation," a reader moaned at Slashdot. "There are so many variables here that it isn't funny."

¿Es útil la correlación?

- ¡SI! La correlación es importante y se utiliza en la inferencia causal, solo que no de manera aislada
- Una expresión más precisa sería: “La causalidad no puede inferirse solo a partir de la correlación”, o más generalmente, “La causalidad no puede inferirse solo a partir de estadísticas muestrales”
  - Un promedio, una diferencia de promedios

Correlación vs Causalidad

Cómo manejamos la correlación?

- Matemáticas
- Estadística

Cómo manejamos la causalidad?

- Filosofía
- ~~Matemáticas~~

Cómo sabemos si X causa Y?

X causa **Y** si…

…intervenimos y cambiamos **X** sin cambiar nada más…

…y **Y** cambia

Relaciones causales?

- Encender fuegos artificiales causa ruido
- El canto del gallo causa el amanecer
- Obtener un MBA aumenta tus ingresos
- Los resfriados desaparecen unos días después de tomar vitamina C

Causalidad= Correlación

+ orden temporal + relación no espuria

- ¿Cómo saber si estamos en lo correcto?
- Se necesita un modelo filosófico

Modelo causal de Rubin

- Imaginemos un grupo de alumnos para los cuales tenemos una medida de rendimiento académico Y_i para cada estudiante i.
- Además, sabemos si el estudiante fue asignado a un grupo de estudio especial ($D_i = 1$) o a un grupo de estudio normal ($D_i = 0$)

Modelo causal de Rubin

A qué nos referimos cuando decimos esto **causó** aquello?

- Cada estudiante i tiene dos resultados potenciales:
  - Si el alumno es "tratado": Y_{1i}
  - Si el alumno es "no tratado": Y_{0i}

Sólo observamos Y_{1i} o Y_{0i}. Nunca ambos!

- El efecto del grupo especial/tratado para el alumno i se define como:

$$Y_{1i} - Y_{0i}$$

El problema fundamental de la inferencia causal

Cada persona está en el grupo tratado ($D_i = 1$) o en el grupo de control ($D_i = 0$), pero no en ambos al mismo tiempo. Por lo tanto, para cada persona, solo podemos observar uno de sus posibles resultados. Lo que observamos (Y_i) es:

$$Y_i = \begin{cases} Y_{1i} & \text{if } D_i = 1 \\ Y_{0i} & \text{if } D_i = 0 \end{cases}$$

El problema fundamental de la inferencia causal

- Los otros resultados (no observados) son los `contrafactuales`
- Para los individuos en el grupo tratado, el contrafactual es: $(Y_{0i}|D_i = 1)$
- Para los individuos en el grupo de control, el contrafactual es: $(Y_{1i}|D_i = 0)$

El problema fundamental:

Nunca observaremos el efecto causal del tratamiento para el alumno i:

$$Y_{1i} - Y_{0i}$$

El verdadero efecto promedio

Persona	Y_1	Y_0	Diferencia
Juan	130	115	15
María	120	125	-5
Sara	100	125	-25
Carlos	110	130	-20
Pedro	115	120	-5
Media	115	123	-8

Una asignación aleatoria

Persona	Y_1	Y_0	Diferencia
Juan	130	?	?
María	120	?	?
Sara	?	125	?
Carlos	?	130	?
Pedro	115	?	?
Media	121.66	127.5	-5.83

Otra asignación

Persona	Y_1	Y_0	Diferencia
Juan	130	?	?
María	120	?	?
Sara	100	?	?
Carlos	?	130	?
Pedro	?	120	?
Media	116.67	125	-8.33

La revolución causal

Diagramas Causales (DAGS)

- Modelo gráfico del proceso que genera los datos
- Crea un mapa de su modelo filosófico
- Nos ayuda a pensar qué controlar para aislar e identificar la causalidad

Directed Acyclic Graphs (DAGs)

Directed Acyclic Graphs (DAGs)

Directed Acyclic Graphs (DAGs)

NYT Health
@NYTHealth

Want to live longer? Try going to the opera. Researchers in Britain have found that people who reported going to a museum or concert even once a year lived longer than those who didn't.

Another Benefit to Going to Museums? You May Live Longer
Researchers in Britain found that people who go to museums, the theater and the opera were less likely to die in the study period than those who didn't.
nytimes.com

9:19 AM · Dec 22, 2019 · SocialFlow

336 Retweets **1.3K** Likes

NYT Health
@NYTHealth

Want to live longer? Try going to the opera. Researchers in Britain have found that people who reported going to a museum or concert even once a year lived longer than those who didn't.

Another Benefit to Going to Museums? You May Live Longer
Researchers in Britain found that people who go to museums, the theater and the opera were less likely to die in the study period than those who didn't.
nytimes.com

9:19 AM · Dec 22, 2019 · SocialFlow

336 Retweets **1.3K** Likes

Andrew Heiss
@andrewheiss

ooh ooh i can draw the dag for this one!

NYT Health @NYTHealth · Dec 22, 2019
Want to live longer? Try going to the opera. Researchers in Britain have found that people who reported going to a museum or concert even once a year live longer than those who didn't. nyti.ms/2Q9AmZV

2:47 PM · Dec 22, 2019 · Twitter Web App

View Tweet activity

837 Retweets **3.9K** Likes

Experimentos

Experimentos como herramienta

- Los experimentos son una buena alternativa para crear `contrafactuales` ($(Y_{0i}|D_i = 1)$ y $(Y_{1i}|D_i = 0)$) adecuados.
- También nos permiten buscar datos que no están disponibles sobre el terreno.
- Los experimentos (bien diseñados) proporcionan efectos causales

¿Qué es un experimento?

- Un proceso mediante el cual se testea una **hipótesis**.
- Ejemplos de hipótesis que se pueden testear con experimentos:
  - La hidroxicloroquina es un medicamento efectivo contra el coronavirus.
  - Organizar reuniones de brainstorming para innovar en procesos de la empresa, hace sus procesos más eficientes.
  - Pagar por anunciar algún producto en YouTube es beneficioso para las ventas.
  - Un nuevo elemento en la página web hace que las personas sean más propensas a comprar un producto.

Plantear la hipótesis

- El primero paso es `plantear la hipótesis` que queremos testear.
- Debemos `especificar/definir` la variable que analizaremos para saber si la hipótesis se cumple o no, y que dicha variable es la adecuada.
- En ese sentido, los ejemplos anteriores necesitan todavía un poco de trabajo…

Determinar variable(s) a medir

“La hidroxicloroquina es un medicamento efectivo contra el nuevo coronavirus”

- Algunas alternativas:
  - Duración de la enfermedad desde que se presentaron síntomas hasta que desaparecen.
  - % que progresa a estado grave (hospital).
  - % que necesita oxígeno.

Determinar variable(s) a medir

“Organizar reuniones semanales de 1 hora de brainstorming para innovar en procesos de la empresa, hace sus procesos más eficientes.

- Algunas alternativas:
  - Duración de ciertos/todos los procesos.
  - Pasos en el proceso.
  - Procesos que utilizan tecnologías de la información.

Thomke, S. H. (2020). *Experimentation works: The surprising power of business experiments*. Harvard Business Press

The experimentation wheel

Generate Testable Hypotheses

Control y Tratamiento

- Todo experimento debe tener un **control** y al menos, un **tratamiento**.
- Grupo control es aquel que no se interviene o "no tratado" ($D_i = 0$!)
- Grupo(s) tratamiento son los que se intervienen/se les hace algún cambio. ($D_i = 1$!)

10 semillas de chícharo
en cada maceta
+ Agua
- Agua
Macetas idénticas
Variable independiente:
cantidad de agua
+ Agua
- Agua
Grupo
experimental
Grupo
control
Variable dependiente:
fracción de semillas germinadas
9/10 semillas
germinadas
0/10 semillas
germinadas
+ Agua
- Agua

Determinar variable(s) a medir

- Al momento de comparar control y tratamiento, eliminamos ("controlamos") cualquier otro factor que pudiese haber influído en nuestra variable de interés y que no se deba a la intervención / cambio.
- Estos otros factores deberían influenciar a grupos control y tratamiento por igual.
- Es decir, el control nos permite determinar si la intervención verdaderamente CAUSÓ un cambio/efecto en la variable de interés.

Asignación a un experimento

- Supongamos que tenemos 1 control y n tratamientos (donde n puede ser 1,2,…)
- Control y tratamientos serían (normalmente) de tamaño 1/(n+1) por las personas a estudiar.

Ejemplo:

- 1000 personas en mi organización que participan en el experimento (ya sea como control, tratamiento 1 o tratamiento 2).
- Entonces 1/3 de las 1000 personas (333) entrarían al control, 1/3 (333) al tratamiento 1 y 1/3 (334) al tratamiento 2.

Imaginemos el siguiente experimiento

🔬 Contexto

Una universidad quiere evaluar el efecto de diferentes métodos de enseñanza sobre el rendimiento de sus estudiantes y profesores asistentes. Se asignan aleatoriamente a los participantes a uno de tres grupos:

- Control: siguen el método tradicional (clases magistrales).
- Tratamiento 1: usan clases interactivas con tecnología.
- Tratamiento 2: combinan clases interactivas con tutorías personalizadas.

🎯 Resultado

Asignación a un experimento

```r
# Establecer la semilla para poder replicar
set.seed(123)

# Número de personas
n <- 1000

# Creemos unos datos con 1000 personas
data <- data.frame(
  id = 1:n,
  tipo = sample(c("Profesores", "Estudiantes"), size = n, replace = TRUE, p
)

# Veamos cómo quedan distribuidos nuestros datos
aggregate(id ~ tipo, data = data, FUN = length)
```

```
         tipo  id
1 Estudiantes 802
2  Profesores 198
```

La Aleatoriedad

```r
# Asignemos aleatoriamente a la gente a un grupo (control, tratamiento 1, t
data <- data |>
  mutate(
    grupo = sample(c("Control", "Tratamiento 1", "Tratamiento 2"), size = n
  )

# Veamos cómo quedan distribuidos nuestros datos
aggregate(id ~ grupo, data = data, FUN = length)
```

```
          grupo  id
1       Control 325
2 Tratamiento 1 331
3 Tratamiento 2 344
```

```r
# Y al interior de cada grupo?
aggregate(id ~ grupo+tipo, data = data, FUN = length)
```

```
          grupo        tipo  id
1       Control Estudiantes 267
2 Tratamiento 1 Estudiantes 265
3 Tratamiento 2 Estudiantes 270
4       Control  Profesores  58
5 Tratamiento 1  Profesores  66
6 Tratamiento 2  Profesores  74
```

¿Cuál fue el efecto del tratamiento?

La Aleatoriedad

- Es fundamental, para asegurarnos que cualquier diferencia entre control y tratamiento (en la variable de interés) se deba a nuestra intervención que la asignación sea aleatoria.
- La asignación *aleateoria* balancea las características (covariables) entre control y tratamiento
- De lo contrario, si observo una diferencia entre ambos grupos, esto se podría deber a…

¿Cómo determino que el control es distinto al (a los) tratamiento(s)?

- En otras palabras, ¿cómo determinamos que hay un efecto de mi intervención en la variable de interés?
- Cuando queremos saber si dos grupos son distintos en cuanto a alguna variable, hacemos…

PRUEBA DE HIPOTESIS DE MEDIAS POBLACIONALES

- Si p-value es menor al límite de riesgo (1%, 5% o 10%), entonces puedo decir que ambos grupos son distintos en cuanto a esa variable.
- Puedo hacer varias comparaciones, si hay mas de 1 tratamiento, pero siempre entre 2 grupos: control vs tratamiento 1, control vs tratamiento 2, tratamiento 1 vs tratamiento 2, etc…

¿Está balanceado el grupo de profesores?

¿Está balanceada la edad?

¿Están balanceados los ingresos?

Algunos puntos importantes

Los experimentos nos permiten establecer **causalidad**.

- Implemento acción, estrategia, intervención y observo que las personas/divisiones/municipios… se comportan de manera distinta a las del control cuando se les aplica la intervención (importancia del control para establecer causalidad).
- Entonces la intervención está causando el cambio en comportamiento. No es una simple correlación.

Ejercicio 1

1. **Imagina un experimento realista** en el área de negocios, educación o salud. Describe brevemente:
   - Qué intervención o tratamiento se quiere evaluar.
   - Cuál será la variable de resultado (dependiente).
   - Qué covariables serán relevantes (al menos dos).
   - Qué tipo de participantes estarán en el experimento.
2. **Escríbele a ChatGPT la siguiente instrucción**:

> "Escribe código en R para simular un experimento con 100 personas con las características que definimos en el punto anterior."

Ejercicio 1

3. **Luego, pídele a ChatGPT**:

> "¿Cómo puedo graficar las medias de las covariables por grupo con intervalos de confianza en ggplot2?"

4. **Finalmente, analiza el efecto del tratamiento**. Puedes preguntarle a ChatGPT:

> "¿Cómo puedo estimar el efecto del tratamiento sobre el resultado, con y sin controlar por covariables?"

Experimentos en Empresas

¿Por qué usar experimentos en una empresa?

- La incertidumbre es parte inherente del proceso emprendedor.
- Los emprendedores deben tomar muchas decisiones, a menudo con resultados arriesgados o desconocidos.
- Tienen que elegir a qué clientes servir, qué características incluir en el producto y a través de qué canales vender.
- ¿Cuál marco estratégico es el adecuado?

Intuición vs Experimentos

Intuición vs Experimentos

> “[El iPhone es] el teléfono más caro del mundo, y no atrae a los clientes empresariales porque no tiene teclado, lo que hace que no sea una buena máquina de correo electrónico.”

Steve Ballmer, consejero delegado de Microsoft (2007)

> “La gente nos ha dicho una y otra vez que no quiere alquilar su música… no quiere suscripciones.”

Steve Jobs, consejero delegado de Apple (2003)

El reto de la innovación

- La idea es que, al igual que en una fábrica, la variabilidad y la incertidumbre son indeseables y deben eliminarse.
- Aquí radica el **dilema**: por definición, la novedad crea incertidumbre porque no sabemos qué funcionará y qué no. Dicho de otro modo la incertidumbre es necesaria porque crea oportunidades.

Los experimentos como herramienta para la innovación

La experimentación se presenta como un proceso de tres partes:

1. Los emprendedores generan ideas para introducir variación en el número y la naturaleza de las opciones estratégicas.
2. Evalúan la viabilidad de las opciones seleccionadas
3. Deben tomar decisiones basadas en los resultados de las pruebas.

Stock performance of leading experimenters (January 2, 2008 = 100)*

An equally weighted index consisting of Amazon, ETSY, Facebook, Google, Microsoft, Netflix, and Booking Holdings. These companies have spent years building infrastructures and cultures for large-scale experimentation.

Source: Bloomberg 2019.

*Of course, correlation isn't causation—share prices are the result of many factors, and the sample is limited to public companies. But we should still

THE GROWTH OF EXPERIMENTATION AT BING

SMALL CHANGES WITH A HUGE IMPACT

Bing's experiments showed that slightly darker blues and greens in titles and a slightly lighter black in captions improved the users' experience. When rolled out to all users, the color changes boosted revenue by more than $10 million annually.

¿Cómo llevar a cabo un experimento?

1. Desarrollar una hipótesis
2. Diseñar el experimento (A/B por ejemplo)
3. Ejecutar el experimento
4. Analizar los resultados

Un marco de experimentación inclina a los emprendedores hacia el aprendizaje y la adaptación, evitando compromisos prematuros o costosos.

A/B Testing

A
B
vs.
Click rate
23%
Click rate
72%

IMPLEMENTED – May 25, 2020
Experiment A
NETFLIX
Unlimited movies, TV shows, and more.
TRY IT NOW
Enjoy on your TV.
REJECTED
Experiment B
NETFLIX
Unlimited movies, TV shows, and more.
TRY IT NOW

A/B Testing

Longer-headline experiment

Source: R. Kohavi, D. Tang, Y. Xu, *Trustworthy Online Controlled Experiments: A Practical Guide to A/B Testing* (Cambridge, UK: Cambridge University Press, in press).

A/B Testing

Testing a walkability assessment

A. Control
(shows current practice)

B. Treatment
(adds walkability assessment)

Source: S. Thomke and D. Beyersdorfer, "Booking.com," Harvard Business School Case No. 619-015 (Boston: Harvard Business School Publishing, 2018).

Preguntas para realizar buenos experimentos empresariales

Hipótesis

¿La hipótesis se basa en observaciones, ideas o datos?

¿Se centra el experimento en una medida de gestión comprobable?

¿Tiene variables medibles y puede demostrarse su falsedad?

¿Qué se espera aprender del experimento?

Preguntas para realizar buenos experimentos empresariales

Adhesión

¿Qué cambios concretos se introducirían en función de los resultados?

¿Cómo garantizará la organización que no se ignoren los resultados?

¿Cómo encaja el experimento en el programa general de aprendizaje y las prioridades estratégicas de la organización?

Preguntas para realizar buenos experimentos empresariales

Viabilidad

¿Tiene el experimento una predicción comprobable?

¿Cuál es el tamaño de muestra necesario? Nota: El tamaño de la muestra dependerá del efecto esperado (por ejemplo, un aumento del 5% en las ventas).

¿Puede la organización llevar a cabo el experimento en los lugares de prueba durante el tiempo necesario?