

“Introducción a la Estadística, Probabilidad e Inferencia”

Maestría en Estadística Aplicada
Facultad de Ciencias Económicas y Estadística
UNR

Unidad 1

- Clasificaciones de los estudios de investigación.
- Estudios Observacionales y Experimentales
- Estudios observacionales. Muestreo. Sesgos
- Experimentos. Principios de la experimentación.

Consideremos el ejemplo : ¿Cuán seguros son los celulares para la salud?

Los celulares emiten radiaciones electromagnéticas y las antenas de estos teléfonos son la principal fuente de esta energía. Mientras más cerca está la antena de la cabeza del usuario, mayor exposición a la radiación.

Con el incremento en el uso de los teléfonos celulares ha habido una creciente preocupación acerca del riesgo en la salud. Varios estudios han explorado la posibilidad de tales riesgos.

Consideremos el ejemplo:

¿Cuán seguros son los celulares para la salud?

- **Estudio 1:** Un estudio alemán (Stang et al., 2001) comparó 118 pacientes con una forma rara de cáncer ocular con 475 pacientes sanos que no tenían dicho cáncer. El uso de celular de los pacientes fue evaluado mediante un cuestionario. **En promedio, los pacientes con cáncer utilizaban celular con mayor frecuencia.**
- **Estudio 2:** Un estudio británico (Hepworth et al., 2006) comparó 966 pacientes con cáncer cerebral con 1716 pacientes sin dicho cáncer. El uso de celular de los pacientes fue evaluado mediante un cuestionario. **El uso del celular de ambos grupos fue similar.**

Consideremos el ejemplo:

¿Cuán seguros son los celulares para la salud?

- **Estudio 3:** Un estudio norteamericano (Volkow et al., 2011) indicó que el uso de celulares acelera la actividad cerebral. Como parte de este estudio, a 47 participantes se les colocó un dispositivo con un teléfono celular en cada oído. Seguidamente, los participantes fueron sometidos a dos escaneos de emisión de dos tipos de partículas para medir un tipo específico de actividad cerebral. Durante uno de los escaneos ambos dispositivos estaban apagados. Durante el otro escaneo, se realizó una llamada al dispositivo de la oreja derecha. El orden en el que se realizó la llamada (para el primer o el segundo escaneo) fue aleatorizada. **La comparación de los escaneos mostró un incremento significativo en la actividad cerebral en la parte del cerebro más cercana a la antena durante la transmisión de la llamada.**

Consideremos el ejemplo:

¿Cuán seguros son los celulares para la salud?

- Los estudios 1 y 3 mostraron respuestas físicas al uso del celular. El estudio 2 no.
- Esto provoca algunas interrogantes...
 - ¿Por qué los resultados de estos estudios discrepan?
 - ¿Cuál es el mejor diseño de estudio para recolectar datos para explorar si el uso de celulares está asociado con varios tipos de actividades físicas en nuestro cuerpo?
 - ¿Puede un diseño de estudio establecer vinculación causal directa entre uso de celulares y potencial riesgo de salud?

Lo que veremos...

- El conocimiento de diferentes diseños de estudios para recolectar datos ayuda a comprender como pueden ocurrir resultados contradictorios en estudios de investigación científica y determinar cuales estudios merecen nuestra confianza.
- El diseño de un estudio puede tener un gran impacto en sus resultados. A menos que el estudio esté bien diseñado y ejecutado, los resultados pueden no tener sentido, o peor aún, no ser correctos.

Lo que veremos...

- Para que los análisis estadísticos sean útiles, debemos tener «buenos datos». Pero, ¿cuál es la mejor manera de recolectar datos para asegurar que estos son «buenos»?
- Los estudios descriptos en el ejemplo utilizan dos tipos de diseños. Los primeros dos estudios meramente observan sujetos mientras que el tercer estudio conduce un experimento. Esto conduce a la principal clasificación de los estudios que pueden llevarse a cabo y veremos en breve.

Repasemos...

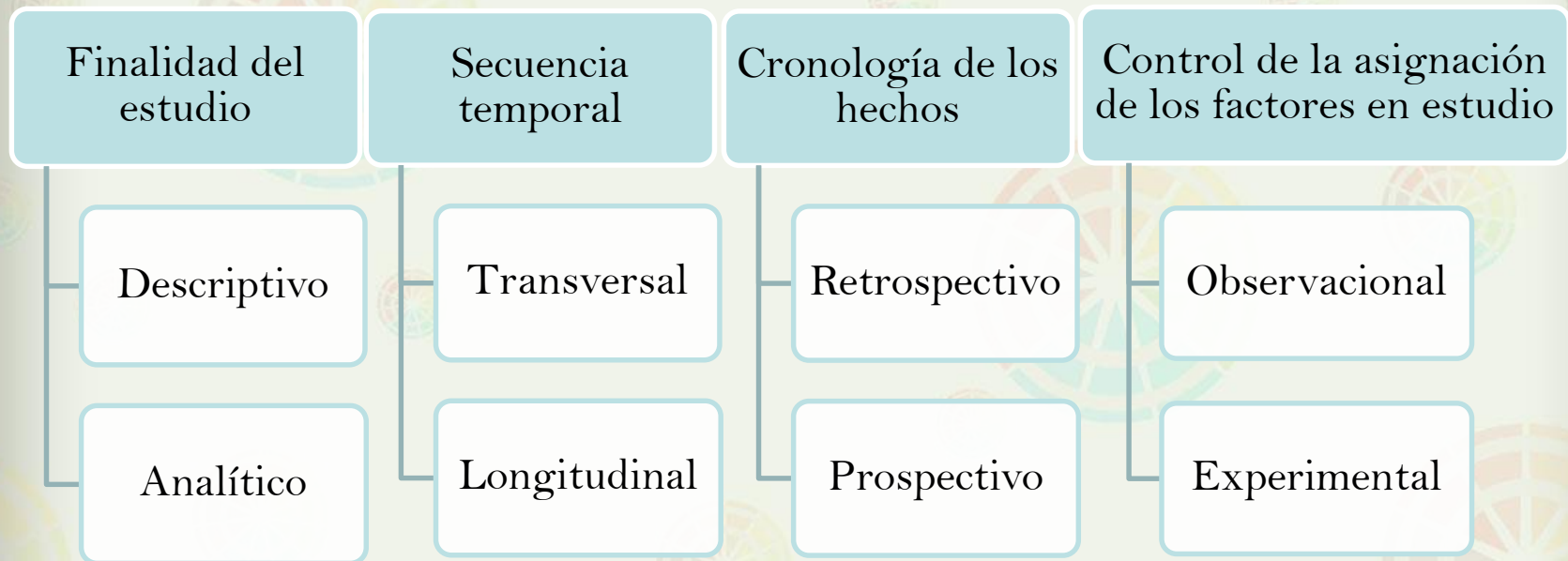
- Previo a su definición, recordemos algunos conceptos:
 - La **población** es el conjunto de todas las unidades en las que estamos interesados.
 - La **muestra** es un subconjunto de la población del cual se observan u observarán datos.
 - La **variable respuesta** es la característica de interés.
 - En general, los estudios investigan como la variable respuesta depende de otras **variables** denominadas **explicativas**.

Clasificaciones de los estudios de investigación

- En la literatura no existe una clasificación de estudios universalmente aceptada. Y además se encuentran distintas clasificaciones según el área de aplicación.
- Sin embargo, en términos generales, los estudios de investigación pueden agruparse de acuerdo a 4 ejes:
 - Finalidad del estudio
 - Control de la asignación de los factores de estudio
 - Secuencia temporal
 - Inicio del estudio en relación a la cronología de los hechos.

Clasificaciones de los estudios de investigación

- De acuerdo con cada eje, los estudios pueden ser:



Clasificaciones de los estudios de investigación:

Finalidad del estudio

- Los estudios **descriptivos** son aquellos cuyos objetivos son describir características de una población determinada, y por lo tanto, son útiles cuando se conoce poco acerca de lo que se quiere estudiar. Normalmente sirven como inicio de posteriores investigaciones analíticas ya que pueden generar hipótesis. En estos estudios no se analizan asociaciones de tipo causa-efecto.
- Los estudios **analíticos** son aquellos cuyos objetivos son evaluar una presunta relación causa-efecto entre un factor y una respuesta.

Clasificaciones de los estudios de investigación:

Secuencia temporal

- Los estudios **transversales** son aquellos en los que las variables son medidas simultáneamente y en un momento dado. Así, permiten examinar las relaciones entre las mismas en una población determinada y en un momento dado. Esto dificulta la interpretación causa-efecto. Por esta razón los estudios transversales son por definición descriptivos.
- En los estudios **longitudinales** las variables se miden con respecto a diferentes momentos temporales (aún cuando la información se recoja de forma simultánea). Por esto, estos estudios permiten establecer una secuencia temporal entre las variables. Este tipo de estudio puede ser tanto descriptivos como analíticos.

Clasificaciones de los estudios de investigación:

Cronología de los hechos

- Los estudios **prospectivos** son aquellos cuyo inicio es anterior a los hechos estudiados y los datos se recogen a medida que van sucediendo.
- Los estudios **retrospectivos** son aquellos cuyo diseño es posterior a los hechos estudiados y los datos se obtienen de archivos o de lo que los sujetos refieren.

Clasificaciones de los estudios de investigación: Control de la asignación de los factores en estudio

Estudios Experimentales.

Estudios en los cuales las unidades son asignadas a ciertas condiciones experimentales y luego se observan los valores de la variable respuesta en dichas unidades. Las condiciones experimentales, que corresponden a valores de las variables explicativas, son llamados *tratamientos*.

- En el ejemplo presentado inicialmente, se llevó a cabo un experimento ya que los sujetos fueron asignados a una de dos condiciones por vez: ambos dispositivos apagados o el izquierdo prendido y el derecho apagado.

Clasificaciones de los estudios de investigación:

Control de la asignación de los factores en estudio

- Acerca del estudio 3:
 - Incluyó 47 sujetos
 - Cada sujeto fue asignado a 2 tratamientos: ambos dispositivos encendidos o sólo un dispositivo encendido.
 - Estos tratamientos son las categorías de una variable explicativa: dispositivo: encendido o dispositivo apagado
 - Objetivo: examinar la asociación entre uso del dispositivo (variable explicativa) y actividad cerebral (variable respuesta)

Clasificaciones de los estudios de investigación: Control de la asignación de los factores en estudio

Estudios Observacionales

Estudios en los cuales se observan los valores de la variable respuesta y de las variables explicativas en las unidades incluidas en la muestra, sin intervenir de forma alguna sobre los individuos.

- En estos estudios se observan y registran los valores de la variable respuesta y de las variables explicativas para una muestra de sujetos sin realizar otra acción.

Para pensar...

- Ya vimos que el estudio 3 del ejemplo es experimental:
 - Cada sujeto fue asignado a dos tratamientos (ambos dispositivos apagados o uno encendido). Los investigadores no sólo observaron la actividad cerebral de los sujetos sino que también expusieron a los sujetos a dos tratamientos y decidieron en que orden los recibirían.
- ¿Qué tipo de estudio son los estudios 1 y 2? ¿Experimentales u observacionales?
 - En los estudios 1 y 2 la información acerca de cuánto usaba el celular cada participante fue recolectada utilizando un cuestionario. Cada participante estableció cuánto utilizaba el celular. Los estudios sólo observaron esta exposición (no se realizó experimento alguno). Los estudios 1 y 2 son observacionales.

Estudios Observacionales: Muestreo

- Un tipo de estudios observacionales son los denominados estudio por muestreo. Estos estudios recolectan información a través de entrevistar a una muestra de sujetos.

Estudios por muestreo

Los estudios por muestreo seleccionan sujetos de una población y recolectan datos a partir de dichos sujetos.

- Los sujetos proveen datos de las variables medidas en el estudio. Los sujetos no son asignados a tratamiento alguno.

Estudios Observacionales: Muestreo

- A su vez, un tipo particular de estudios por muestreo es el que intenta incluir a todos los individuos de una población.

Censos

Los censos son los estudios por muestreo que intentan contar el número de sujetos en una población y medir ciertas características acerca de ellos.

- A pesar de que, al realizar un censo, la intención es muestrear a todos los sujetos de una población, en la práctica esto no es posible. Usualmente es más práctico seleccionar una muestra en lugar de intentar encuestar a toda la población.

Muestreo

- El primer paso para llevar a cabo un estudio por muestreo es definir la **población objetivo** del estudio, es decir, el conjunto de todos los sujetos de los que se desean conocer ciertas características de interés.
- El segundo paso es realizar un listado completo de los sujetos en la población a partir del cual se seleccionará la muestra. Este listado se denomina **marco muestral**.
- Idealmente, este marco lista a la población de interés completa. En la práctica, puede ser difícil identificar cada sujeto en la población.

Muestreo

Ejemplo: supongamos que queremos encuestar estudiantes en esta facultad. Un posible marco muestral es el listado de estudiantes. Sin embargo es necesario tener en cuenta que dicho listado puede incluir a los alumnos activos como a los dados de baja. Si nos interesan sólo los alumnos activos, hay que solicitar el listado que sólo contenga alumnos bajo esta condición.

- El paso siguiente es especificar un método para seleccionar los sujetos. Dicho método es denominado **diseño muestral**.

Un posible diseño muestral para el ejemplo es muestrear a todos los estudiantes de una clase. Sin embargo, esa muestra ¿representaría bien a todos los estudiantes de la facultad (ingresante y estudiantes avanzados; hombres y mujeres, estudiantes que trabajan y que no trabajan, etc.)? Dudoso....

Muestreo

- Los resultados provistos por una muestra seleccionada sólo por conveniencia no serán representativos de la población. Algunas respuestas pueden ocurrir más frecuentemente que en la población y otras menos.
- Para que un estudio por muestreo sea informativo, es importante que la muestra refleje la población correctamente. La *selección aleatoria* es clave en la obtención de una buena muestra. Es más probable obtener una muestra representativa si la muestra es determinada por aleatoriedad en lugar de por conveniencia.

Muestreo

- Además, el analista debe poder determinar cuan probable es que una estadística (por ejemplo la media), caiga cerca del correspondiente valor poblacional acerca del que queremos realizar inferencias.
- Por estas razones debemos utilizar *muestreo aleatorio*.
- En este contexto, se encuentran distintos diseños muestrales. El más sencillo es:

Muestreo Aleatorio Simple

Una muestra aleatoria simple de n sujetos de una población es una muestra en la cual cada muestra posible de ese tamaño tiene la misma chance de ser seleccionada.

Muestreo Aleatorio Simple

Un ejemplo sería seleccionar n estudiantes a partir del listado de estudiantes activos de la facultad.

- Este diseño puede ser extendido para que sea aún más potente.

Supongamos que en el ejemplo, lo que queremos es estimar el número de horas semanales que trabajan los estudiantes de esta facultad y se desea analizar como dicho número se comporta para estudiantes ingresantes, intermedios y avanzados de grado y de posgrado. Para esto se selecciona una muestra aleatoria simple de 40 estudiantes. Sólo debido a la aleatoriedad, en la muestra quedan incluidos unos pocos estudiantes de posgrado haciendo difícil estimar bien la media en este grupo.

Muestreo Aleatorio Estratificado

Si en el marco muestral se puede incluir información acerca de si los estudiantes son ingresantes, intermedios, avanzados, de grado o de posgrado, el diseño muestral puede consistir en seleccionar aleatoriamente 10 estudiantes de cada uno de los grupos de interés. Este tipo de muestreo es llamado:

Muestreo Aleatorio Estratificado

En el muestreo aleatorio estratificado la población es dividida en grupos llamados **estratos**, y luego se selecciona una muestra aleatoria simple de cada estrato.

- Una limitación de este diseño es que el marco muestral debe contener información acerca del estrato al que pertenece cada sujeto.

Muestreo por Conglomerados

- En algunos casos, no se dispone de un listado de todas las unidades de la población sino un listado de grupos de las mismas que se denominan conglomerados.

Por ejemplo, supongamos que tenemos que encuestar a un número dado de familias de una ciudad. Difícilmente exista un listado de las familias. Alternativamente, podríamos utilizar a las manzanas como conglomerados. Así, a partir de un mapa, numerar las manzanas de la ciudad, seleccionar aleatoriamente manzanas y luego encuestar a familias de esas manzanas.

- Este tipo de muestreo es llamado:

Muestreo por Conglomerados

Muestreo Aleatorio de Conglomerados

En el muestreo aleatorio de conglomerados, la población es dividida en grupos llamados **conglomerados**, y luego se selecciona una muestra aleatoria simple de algunos estos y todos las unidades en los conglomerados seleccionados son incluidas en la muestra.

- En general, el costo de realizar este tipo de muestreo es menor que el de muestreo aleatorio simple. La desventaja es que requieren mayor tamaño de muestra para alcanzar el mismo margen de error.

Otros diseños muestrales. Y algunos diseños «pobres»

- En la literatura existen otros diseños muestrales como por ejemplo el **muestreo sistemático**. Y más aún, los diseños pueden ser más complejos de modo de abordar problemas más complicados como por ejemplo los **muestreos multietápicos**.
- Un muestreo que puede ser necesario pero no es ideal es el llamado muestreo por *conveniencia*. Dos ejemplos de este muestreo son las encuestas realizadas en la calle o las realizadas en internet. Este tipo de muestreo provee datos de manera fácil y relativamente económica. Pero los resultados que arrojan pueden ser erróneos ya sea por la ubicación y el momento de realización, porque el encuestador selecciona a ojo a quien preguntarle, entre otras.

Sesgos en Estudios por Muestreo

- Se dice que hay **sesgo** en los resultados de un estudio si, debido a la manera en que el estudio fue diseñado o implementado, algunas respuestas ocurren con mayor frecuencia en la muestra que lo que ocurren en la población. Los resultados no serán representativos de la población sino que contendrán sesgo (o serán sesgados). Los tipos de sesgos se pueden clasificar en 3 grupos.
- El **sesgo muestral** es el que resulta del método de muestreo. Es decir, ocurre por utilizar muestreo no aleatorio o seleccionar a partir de un marco muestral que no contiene a ciertos grupos de la población. Las respuestas de aquellos sujetos que no se encuentran en el marco muestral pueden ser distintas de aquellos que si se encuentran.

Sesgos en Estudios por Muestreo

- El **sesgo de respuesta** es el que resulta si las respuestas dadas por los sujetos no son verdaderas. El entrevistador puede realizar las preguntas de una forma tendenciosa o los sujetos pueden mentir porque sus respuestas no son socialmente aceptables.
- El **sesgo de no respuesta** es el que resulta si los sujetos seleccionados para la muestra no pueden ser localizados o se niegan a participar o responder ciertas cuestiones. Los sujetos que acceden a participar pueden ser distintos de los que no acceden con respecto a las cuestiones medidas en el estudio.
Si la tasa de no respuesta es alta, los resultados del estudio tendrán dudoso valor.

Algunas observaciones.

- Un buen diseño puede prevenir el sesgo muestral. No puede prevenir los sesgos de respuesta y no respuesta pero si se puede intentar reducirlos.
- Algunas personas creen que mientras que la muestra sea de tamaño grande, no importa cómo sea seleccionada. **Esto es falso**. La mayoría de las veces, es mejor tener una muestra aleatoria de 100 sujetos a una muestra de miles de voluntarios.
- A partir de una muestra seleccionada aleatoriamente, se pueden realizar inferencias acerca de la población de interés. Por el contrario, a partir de una muestra por conveniencia, los resultados sólo se aplican a aquellos sujetos observados.

Otros estudios observacionales

- Los estudios observacionales puede ser transversales o longitudinales. Los primeros observan a la población en un momento particular. Los segundos lo hacen retro o prospectivamente. En este contexto:
- Un estudio de **casos y controles** es un estudio retrospectivo en el cual sujetos que tienen una respuesta de interés (casos) y sujetos que tienen otras respuestas (controles) son comparados con respecto a las variables explicativas.
- Un estudio de **cohorte** es un estudio prospectivo en el cual un grupo de sujetos es identificado y observado a lo largo de cierto tiempo.

Estudios experimentales

- Recordemos...
...en un experimento a cada unidad se le asigna un tratamiento y luego se observan los valores de la variable respuesta.
- El objetivo de un experimento es investigar como los tratamientos afectan la respuesta.

Consideremos un ejemplo: es sabido que fumar es un hábito difícil de dejar. Algunos estudios han reportado que, sin importar lo que hagan los fumadores para dejar, la mayoría recae al año.

Consideremos un ejemplo: antidepresivos para dejar de fumar.

Algunos científicos han sugerido que es menos probable que los fumadores recaigan si toman antidepresivos regularmente después de dejar el hábito. ¿Cómo habría que diseñar un experimento para estudiar si los antidepresivos ayudan a los fumadores a abandonar el hábito?

Para este tipo de estudio, como muchos experimentos en medicina, no es factible seleccionar aleatoriamente una muestra de sujetos de la población, en el ejemplo serían todos los fumadores que quieren dejar de fumar. Se debe utilizar una muestra no aleatoria.

Elementos de un buen experimento: grupo control

Siguiendo con el ejemplo: supongamos que un centro médico anuncia el experimento para atraer voluntarios logrando conformar un grupo de 400 fumadores. ¿Cómo procederíamos con el experimento?

- Les podríamos pedir que dejen de fumar a partir de hoy y que comiencen a tomar un antidepresivo. Dentro de un año controlar cuántos recayeron.
- Supongamos que un 42% recayeran. ¿Qué nos dice este resultado? Si bien esta información nos dice algo, no es suficiente. Necesitamos poder comparar este resultado al porcentaje de sujetos que recaerían si no hubiesen tomado el antidepresivo.

Elementos de un buen experimento: grupo control

- En muchos experimentos se tiene un tratamiento de interés. Pero además se debe tener un segundo tratamiento para comparar y ayudar a analizar la efectividad.

En el ejemplo: un grupo recibiría el antidepresivo y otro grupo podría recibir un tratamiento placebo.

- Este segundo grupo es llamado **grupo control**.

El placebo debería ser una pastilla que luzca exactamente igual al antidepresivo pero que no contenga ingredientes activos.

Elementos de un buen experimento: grupo control

¿Por qué es recomendable dar esta pastilla al grupo control si no tiene ingrediente activo?

- Los individuos no deben saber que tratamiento reciben.
- Las personas que reciben placebo tienden a responder mejor que aquellos que no reciben nada. Esto es llamado efecto placebo.
- En algunos experimentos, el grupo control puede recibir un tratamiento existente en lugar de un placebo.

En el ejemplo, el estudio puede investigar si el antidepresivo funciona mejor que el parche de nicotina.

Elementos de un buen experimento: aleatorización

- ¿Cómo deberíamos asignar aleatoriamente el tratamiento a cada uno de los individuos? ¿Deberíamos elegir personalmente que tratamiento recibe cada individuo?
- Esto podría resultar en sesgo.

Si estamos llevando a cabo el estudio para probar que el antidepresivo es efectivo, podríamos inconscientemente asignar a los fumadores que creemos no recaerán, el tratamiento de interés.

Es mejor usar aleatorización para asignar los tratamientos: asignar aleatoriamente 200 de los 400 individuos para que reciban antidepresivo y que los 200 restantes reciban el tratamiento control.

Elementos de un buen experimento: aleatorización

- La aleatorización ayuda a evitar sesgos que pueden surgir por conformación de los grupos tratamiento y control, por ejemplo: que los individuos del grupo tratamiento sean más saludables o más jóvenes, etc.
- Al utilizar aleatorización, intentamos balancear los grupos con respecto a variables de confusión (hacerlos similares con respecto a la distribución de dichas variables). Esto permite atribuir cualquier diferencia en la respuesta al tratamiento que recibieron y no a variables de confusión o sesgos de la investigación.

Elementos de un buen experimento: replicación

- En todo experimento aleatorizado, existe variación que ocurre por azar. Las diferencias que se esperan debidas a esta variación son menores a medida que el tamaño de muestra aumenta. Lógicamente, no vamos a poder concluir mucho si se utiliza sólo una unidad experimental para cada tratamiento.
- El proceso de asignar varias unidades experimentales a cada tratamiento se denomina **replicación**.

Otros diseños experimentales.

- El diseño de un experimento también puede complejizarse de modo de que sea más potente o que permita abordar problemas más complicados. Una de las formas es introduciendo variables de bloqueo.
- En la literatura existen otros diseños experimentales como por ejemplo los **diseños apareados** o los **diseños** que consideran factores **anidados**.

Experimentos versus Estudios Observacionales

- En un estudio observacional, las variables de confusión pueden afectar los resultados. En un experimento, la aleatorización reduce el riesgo de que las variables de confusión afecten los resultados.
- Una de las razones por las cuales los resultados de distintos estudios a veces discrepan es que los estudios no son del mismo tipo. **Los estudios experimentales y los observacionales no son comparables.**

Experimentos versus Estudios Observacionales

- El establecimiento de causa y efecto es de central importancia. Pero no es posible establecer causa y efecto de manera definitiva en los estudios observacionales. Existe siempre el riesgo de que alguna/s variable/s de confusión sean las responsables de la asociación. Dado que es más fácil ajustar por variables de confusión en un experimento, el mejor método para determinar causalidad es realizar un experimento.

¿Qué tipo de estudio es posible?

- Si los experimentos son preferibles, por qué llevar a cabo estudios observacionales?
- Algunos motivos:
 - En algunos casos no es ético exponer un grupo de sujetos a algún tratamiento que se sospecha es dañino.
 - En la práctica, es difícil asegurar que los sujetos se comportan como son indicados
 - Quién quiere esperar muchos años para obtener una respuesta?
 - Por último, en muchos estudios las preguntas de interés no involucran evaluar causalidad.