

# Evaluación de Impacto Aleatorizada

Yasmani Vargas

yasmani.vargas@unap.edu.pe

Unidad de Posgrado  
Facultad de Ingeniería Económica  
Universidad Nacional del Altiplano - Puno

Sesión 4  
Ciclo II - Diseño y Evaluación de Políticas Públicas  
Noviembre, 2025

# Contenido

- 1 Aleatorización y Sesgo de Selección
- 2 Establecimiento del Contrafactual
- 3 Diseño Estadístico de la Aleatorización
- 4 Cálculo de los Efectos del Tratamiento
- 5 Aleatorización Pura y Parcial
- 6 Métodos de Aleatorización en el Diseño
- 7 Preocupaciones Relacionadas con la Aleatorización
- 8 ITT, Instrumentos y Spillovers
- 9 Heterogeneidad de Impactos y Línea de Base
- 10 Dificultades y Rol de Métodos No Experimentales

# Objetivos de la sesión

- Comprender el rol de la aleatorización para corregir el sesgo de selección.
- Distinguir entre ATE, TOT y MTE en el marco de resultados potenciales.
- Analizar la construcción del contrafactual mediante experimentos aleatorizados.
- Diferenciar aleatorización pura y aleatorización parcial.
- Discutir cuestiones éticas, de validez interna/externa, cumplimiento y spillovers.
- Introducir los conceptos de ITT y LATE cuando el tratamiento real difiere de la asignación.

# Contenido

- 1 Aleatorización y Sesgo de Selección
- 2 Establecimiento del Contrafactual
- 3 Diseño Estadístico de la Aleatorización
- 4 Cálculo de los Efectos del Tratamiento
- 5 Aleatorización Pura y Parcial
- 6 Métodos de Aleatorización en el Diseño
- 7 Preocupaciones Relacionadas con la Aleatorización
- 8 ITT, Instrumentos y Spillovers
- 9 Heterogeneidad de Impactos y Línea de Base
- 10 Dificultades y Rol de Métodos No Experimentales

# Aleatorización como solución al sesgo de selección

- El sesgo de selección surge cuando la decisión de participar en un programa está correlacionada con factores observados o no observados que también afectan el resultado.
- **Idea central:** asignar el programa de forma aleatoria para romper la correlación entre tratamiento y factores no observados.

- Condición clave:

$$(Y_i(1), Y_i(0)) \perp T_i$$

- La aleatorización garantiza que, en ausencia del programa, el grupo de tratamiento y el grupo de control tendrían el mismo resultado esperado.

## ATE y TOT: definiciones formales

- Resultados potenciales:

$Y_i(1)$  : resultado de  $i$  con tratamiento,     $Y_i(0)$  : resultado de  $i$  sin tratamiento

- Efecto de tratamiento individual:**

$$\tau_i = Y_i(1) - Y_i(0)$$

- Efecto Promedio del Tratamiento (ATE):**

$$ATE = E[Y_i(1) - Y_i(0)]$$

- Efecto del Tratamiento sobre los Tratados (TOT):**

$$TOT = E[Y_i(1) - Y_i(0) \mid T_i = 1]$$

- En la práctica, muchas evaluaciones aleatorizadas reportan principalmente el TOT.

# Aleatorización pura y parcial

- **Aleatorización pura:**

- ▶ Todos los individuos en una población de interés tienen la misma probabilidad de ser seleccionados y asignados a tratamiento o control.
- ▶ Implica que:

$$E[Y_i(0) \mid T_i = 1] = E[Y_i(0) \mid T_i = 0]$$

- **Aleatorización parcial:**

- ▶ La aleatorización se realiza *condicional* a ciertas covariables observables  $X_i$  (por ejemplo, ingreso, tierra, tamaño del hogar).
- ▶ La asignación al tratamiento es aleatoria solo dentro de estratos definidos por  $X_i$ .

- En ambos casos, si el diseño está bien implementado, se puede obtener una estimación no sesgada del efecto del programa.

# Consideraciones prácticas en la aleatorización

- Cuestiones éticas al excluir áreas o personas con características similares a las tratadas.
- Posibles **efectos de desbordamiento (spillovers)** hacia áreas no objetivo.
- **Atrición selectiva:**
  - ▶ Abandono diferencial del programa o de la muestra de encuesta.
- Aun en un diseño aleatorizado, debe garantizarse:
  - ▶ Heterogeneidad adecuada en la participación.
  - ▶ Variación suficiente en resultados entre tratados y controles.



# Contenido

- 1 Aleatorización y Sesgo de Selección
- 2 Establecimiento del Contrafactual**
- 3 Diseño Estadístico de la Aleatorización
- 4 Cálculo de los Efectos del Tratamiento
- 5 Aleatorización Pura y Parcial
- 6 Métodos de Aleatorización en el Diseño
- 7 Preocupaciones Relacionadas con la Aleatorización
- 8 ITT, Instrumentos y Spillovers
- 9 Heterogeneidad de Impactos y Línea de Base
- 10 Dificultades y Rol de Métodos No Experimentales

# El contrafactual en evaluación de impacto

- Desafío central: ¿qué habría ocurrido con los beneficiarios *sin* el programa?
- No puede observarse:
  - ▶ Cada individuo sólo se observa en una trayectoria: tratada o no tratada.
- La aleatorización crea un **grupo de control** que aproxima el contrafactual.
- En disciplinas como medicina, esto se implementa mediante ensayos clínicos aleatorizados.

## Experimento ideal con grupo de control equivalente

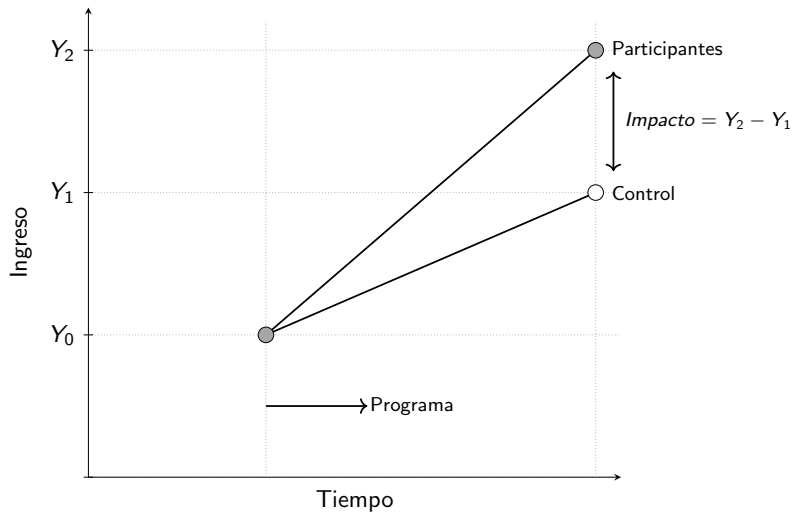


Figure: El experimento ideal con un grupo de control equivalente

# Experimento ideal con grupo de control equivalente

- Antes del programa, ambos grupos tienen el mismo nivel de ingreso:

$$Y_0 \quad \text{para tratados y control}$$

- Después de la intervención:

- ▶ Grupo tratado:  $Y_2$ .
- ▶ Grupo control:  $Y_1$ .

- **Impacto estimado del programa:**

$$\Delta = Y_2 - Y_1$$

- Bajo aleatorización válida:

- ▶  $Y_1$  representa el contrafactual para el grupo tratado.
- ▶  $\Delta$  es un estimador consistente del efecto promedio del tratamiento.

# Contenido

- 1 Aleatorización y Sesgo de Selección
- 2 Establecimiento del Contrafactual
- 3 Diseño Estadístico de la Aleatorización**
- 4 Cálculo de los Efectos del Tratamiento
- 5 Aleatorización Pura y Parcial
- 6 Métodos de Aleatorización en el Diseño
- 7 Preocupaciones Relacionadas con la Aleatorización
- 8 ITT, Instrumentos y Spillovers
- 9 Heterogeneidad de Impactos y Línea de Base
- 10 Dificultades y Rol de Métodos No Experimentales

# Aleatorización en dos etapas: validez externa e interna

- **Primera etapa:** selección de una muestra representativa de la población relevante.
  - ▶ Asegura **validez externa**: capacidad de generalizar conclusiones a la población.
- **Segunda etapa:** asignación aleatoria de la muestra a tratamiento y control.
  - ▶ Asegura **validez interna**: los cambios en  $Y$  se atribuyen al programa.
- Ambas condiciones son deseables pero difíciles de cumplir simultáneamente en la práctica.

# Contenido

- 1 Aleatorización y Sesgo de Selección
- 2 Establecimiento del Contrafactual
- 3 Diseño Estadístico de la Aleatorización
- 4 Cálculo de los Efectos del Tratamiento**
- 5 Aleatorización Pura y Parcial
- 6 Métodos de Aleatorización en el Diseño
- 7 Preocupaciones Relacionadas con la Aleatorización
- 8 ITT, Instrumentos y Spillovers
- 9 Heterogeneidad de Impactos y Línea de Base
- 10 Dificultades y Rol de Métodos No Experimentales

# Formulación de resultados potenciales

- Tratamiento:

$$T_i = \begin{cases} 1 & \text{si el individuo } i \text{ es tratado} \\ 0 & \text{si el individuo } i \text{ no es tratado} \end{cases}$$

- Resultados potenciales:

$$Y_i(1), \quad Y_i(0)$$

- Resultado observado:

$$Y_i = T_i Y_i(1) + (1 - T_i) Y_i(0)$$



# ATE y TOT en la práctica

- En general, sólo observamos:

$$E[Y_i(1) \mid T_i = 1], \quad E[Y_i(0) \mid T_i = 0]$$

- **ATE:**

$$ATE = E[Y_i(1) - Y_i(0)]$$

- **TOT:**

$$TOT = E[Y_i(1) - Y_i(0) \mid T_i = 1]$$

- Sin aleatorización,  $E[Y_i(1)] \neq E[Y_i(1) \mid T_i = 1]$  y  $E[Y_i(0)] \neq E[Y_i(0) \mid T_i = 0]$ .
  - ▶ Aparece sesgo de selección.

# Diferencia simple y sesgo de selección

- Diferencia ingenua entre tratados y controles:

$$D = E[Y_i | T_i = 1] - E[Y_i | T_i = 0] = E[Y_i(1) | T_i = 1] - E[Y_i(0) | T_i = 0]$$

- Descomposición:

$$D = ATE + B$$

donde

$$B = E[Y_i(0) | T_i = 1] - E[Y_i(0) | T_i = 0]$$

- $B$  es el **sesgo de selección**: diferencia en resultados potenciales sin programa entre tratados y controles.
- La aleatorización busca justamente lograr  $B = 0$ .

# TOT bajo aleatorización

- Definimos:

$$TOT = E[Y_i(1) - Y_i(0) \mid T_i = 1]$$

- Podemos escribir:

$$D = E[Y_i(1) \mid T_i = 1] - E[Y_i(0) \mid T_i = 0] = TOT + B$$

- Si la asignación  $T_i$  es verdaderamente aleatoria:

- ▶  $E[Y_i(0) \mid T_i = 1] = E[Y_i(0) \mid T_i = 0]$ .
- ▶ Entonces  $B = 0$  y:

$$D = TOT$$

# Efecto marginal del tratamiento (MTE)

- En la literatura de Heckman y Vytlacil (2005), el **MTE** se define como:

$$MTE(x, u) = E[Y_i(1) - Y_i(0) \mid X_i = x, U_i = u]$$

- Interpreta el impacto del programa para individuos *en el margen* de participar:
  - ▶ Aquellos indiferentes entre entrar o no al programa.
- ATE y TOT pueden verse como promedios del MTE sobre distintos rangos de  $U_i$ .

# Contenido

- 1 Aleatorización y Sesgo de Selección
- 2 Establecimiento del Contrafactual
- 3 Diseño Estadístico de la Aleatorización
- 4 Cálculo de los Efectos del Tratamiento
- 5 Aleatorización Pura y Parcial**
- 6 Métodos de Aleatorización en el Diseño
- 7 Preocupaciones Relacionadas con la Aleatorización
- 8 ITT, Instrumentos y Spillovers
- 9 Heterogeneidad de Impactos y Línea de Base
- 10 Dificultades y Rol de Métodos No Experimentales

# Aleatorización pura y estimación por MCO

- Bajo aleatorización pura:

$$Y_i = \alpha + \beta T_i + \varepsilon_i$$

- $Y_i$ :

$$Y_i = T_i Y_i(1) + (1 - T_i) Y_i(0)$$

- Si  $T_i$  es independiente de  $\varepsilon_i$ :

- ▶  $\hat{\beta}_{OLS}$  es un estimador no sesgado del efecto del tratamiento.

- Condición clave: no debe haber selección en tratamiento más allá del experimento.

# Aleatorización parcial: especificación con covariables

- Supóngase:

$$Y_i^T = \alpha^T + X_i \beta^T + \mu_i^T \quad \text{si } T_i = 1$$

$$Y_i^C = \alpha^C + X_i \beta^C + \mu_i^C \quad \text{si } T_i = 0$$

- Combinando ambas:

$$Y_i = \alpha^C + (\alpha^T - \alpha^C) T_i + X_i \beta^C + X_i T_i (\beta^T - \beta^C) + \varepsilon_i$$

- Si se cumple exogeneidad condicional y  $E[\mu_i^T | X_i, T_i] = E[\mu_i^C | X_i, T_i] = 0$ , MCO produce estimadores consistentes.

# Contenido

- 1 Aleatorización y Sesgo de Selección
- 2 Establecimiento del Contrafactual
- 3 Diseño Estadístico de la Aleatorización
- 4 Cálculo de los Efectos del Tratamiento
- 5 Aleatorización Pura y Parcial
- 6 Métodos de Aleatorización en el Diseño**
- 7 Preocupaciones Relacionadas con la Aleatorización
- 8 ITT, Instrumentos y Spillovers
- 9 Heterogeneidad de Impactos y Línea de Base
- 10 Dificultades y Rol de Métodos No Experimentales



# Tipos de diseños aleatorizados (I)

- **Exceso de demanda (Oversubscription):**

- ▶ Si los recursos son limitados, se sortea quién recibe el programa entre los elegibles.
- ▶ Los elegibles que no reciben el programa constituyen un grupo de control natural.

- **Fase aleatoria (Randomized phase-in):**

- ▶ El programa se introduce gradualmente.
- ▶ Áreas que aún no reciben el programa sirven como grupo de control temporal.

# Tipos de diseños aleatorizados (II)

- **Aleatorización dentro de grupo (Within-group randomization):**

- ▶ Dentro de cada área objetivo se asigna el programa solo a algunos subgrupos.
- ▶ Puede incrementar el riesgo de *spillovers* dentro del grupo.

- **Diseño de estímulo (Encouragement design):**

- ▶ No se aleatoriza el tratamiento, sino un incentivo o información que modifica la probabilidad de participar.
- ▶ El estímulo puede usarse como instrumento para la participación efectiva.

# Contenido

- 1 Aleatorización y Sesgo de Selección
- 2 Establecimiento del Contrafactual
- 3 Diseño Estadístico de la Aleatorización
- 4 Cálculo de los Efectos del Tratamiento
- 5 Aleatorización Pura y Parcial
- 6 Métodos de Aleatorización en el Diseño
- 7 Preocupaciones Relacionadas con la Aleatorización**
- 8 ITT, Instrumentos y Spillovers
- 9 Heterogeneidad de Impactos y Línea de Base
- 10 Dificultades y Rol de Métodos No Experimentales

# Cuestiones éticas

- Negar un programa a un grupo aleatorio con igual nivel de pobreza puede considerarse injusto.
- Los gobiernos pueden resistirse a implementar diseños aleatorizados por razones políticas.
- Contraargumento:
  - ▶ La aleatorización es un método científico para identificar programas que realmente funcionan.
  - ▶ A largo plazo, puede beneficiar a un número mayor de personas.
- Diseños de *phase-in* ayudan a mitigar el problema:
  - ▶ Todos los elegibles reciben el programa, pero en diferentes momentos.

# Validez interna vs validez externa

- **Validez interna:**

- ▶ El efecto estimado puede atribuirse causalmente al programa.
- ▶ Requiere evitar sesgos sistemáticos en la asignación y en la deserción.

- **Validez externa:**

- ▶ El efecto estimado puede generalizarse a otras poblaciones o contextos.
- ▶ Problema típico: pilotos pequeños vs programas nacionales.

- A menudo hay tensión entre maximizar validez interna y externa.

# Cumplimiento imperfecto y efecto Hawthorne

- **Cumplimiento parcial:**

- ▶ No todos los asignados al tratamiento lo toman.
- ▶ Algunos en el grupo control acceden al servicio por otras vías.

- **Efecto Hawthorne:**

- ▶ El solo hecho de ser observados puede cambiar el comportamiento de los individuos.

- **Implicación:**

- ▶ Debe analizarse el impacto en los grupos definidos por la *asignación*, no por la decisión ex post de participar.

# Contenido

- 1 Aleatorización y Sesgo de Selección
- 2 Establecimiento del Contrafactual
- 3 Diseño Estadístico de la Aleatorización
- 4 Cálculo de los Efectos del Tratamiento
- 5 Aleatorización Pura y Parcial
- 6 Métodos de Aleatorización en el Diseño
- 7 Preocupaciones Relacionadas con la Aleatorización
- 8 ITT, Instrumentos y Spillovers**
- 9 Heterogeneidad de Impactos y Línea de Base
- 10 Dificultades y Rol de Métodos No Experimentales

# Intention to Treat (ITT)

- Sea  $Z_i$  la variable de asignación aleatoria (por ejemplo, invitación o incentivo).
- Sea  $T_i$  la participación efectiva en el programa.

- **Impacto ITT:**

$$ITT = E[Y_i | Z_i = 1] - E[Y_i | Z_i = 0]$$

- ITT mide el efecto de *ofrecer* el tratamiento, no de *recibirlo*.
- Es relevante para evaluar políticas donde la oferta es la decisión de política central.



# ITT como instrumento: LATE

- $Z_i$  afecta la probabilidad de que  $T_i = 1$ , pero no el resultado  $Y_i$  directamente (excluyendo su efecto vía  $T_i$ ).
- Entonces  $Z_i$  puede utilizarse como **instrumento** para  $T_i$ .
- **Efecto promedio del tratamiento local (LATE):**

$$LATE = \frac{E[Y_i | Z_i = 1] - E[Y_i | Z_i = 0]}{E[T_i | Z_i = 1] - E[T_i | Z_i = 0]}$$

- LATE mide el efecto del tratamiento en los *compliers*:
  - ▶ Aquellos cuyo estatus de tratamiento cambia cuando cambia  $Z_i$ .

# Spillovers y nivel de aleatorización

- Los beneficios del programa pueden extenderse al grupo control:
  - ▶ Migración hacia áreas tratadas.
  - ▶ Externalidades de redes sociales.
- Si los spillovers son relevantes, el impacto estimado del programa puede subestimar el efecto total.
- Es crucial elegir el **nivel** de aleatorización:
  - ▶ Individuo, hogar, comunidad, municipio, región.
  - ▶ Debe corresponder al nivel en que se esperan los spillovers.

# Contenido

- 1 Aleatorización y Sesgo de Selección
- 2 Establecimiento del Contrafactual
- 3 Diseño Estadístico de la Aleatorización
- 4 Cálculo de los Efectos del Tratamiento
- 5 Aleatorización Pura y Parcial
- 6 Métodos de Aleatorización en el Diseño
- 7 Preocupaciones Relacionadas con la Aleatorización
- 8 ITT, Instrumentos y Spillovers
- 9 Heterogeneidad de Impactos y Línea de Base**
- 10 Dificultades y Rol de Métodos No Experimentales

# Heterogeneidad de impactos

- La aleatorización a nivel agregado (por ejemplo, comunidad) puede ocultar heterogeneidad individual.
- Puede existir selección en la *respuesta* al tratamiento aun con asignación aleatoria.
- Enfoques:
  - ▶ Interacciones entre tratamiento y covariables (por ejemplo, pobreza inicial, género).
  - ▶ Efectos por cuantiles para analizar impactos distributivos.
- Ejemplo: impactos de programas de transferencias condicionadas sobre la distribución del gasto per cápita.

# Valor de una encuesta de línea de base

- Permite:
  - ▶ Verificar que el grupo tratado y el de control sean comparables al inicio.
  - ▶ Analizar cómo los efectos varían según condiciones iniciales.
  - ▶ Detectar programas preexistentes en áreas de control y tratamiento.
- La línea de base también sirve para:
  - ▶ Diseñar y probar los instrumentos de recolección de datos.
  - ▶ Identificar posibles fuentes de spillovers y contaminación.
- Costo y riesgo:
  - ▶ Puede alterar el contrafactual (efecto de la encuesta en el comportamiento).

# Contenido

- 1 Aleatorización y Sesgo de Selección
- 2 Establecimiento del Contrafactual
- 3 Diseño Estadístico de la Aleatorización
- 4 Cálculo de los Efectos del Tratamiento
- 5 Aleatorización Pura y Parcial
- 6 Métodos de Aleatorización en el Diseño
- 7 Preocupaciones Relacionadas con la Aleatorización
- 8 ITT, Instrumentos y Spillovers
- 9 Heterogeneidad de Impactos y Línea de Base
- 10 Dificultades y Rol de Métodos No Experimentales**

# Dificultades con la aleatorización en la práctica

- Costos altos de implementación y de datos.
- Resistencias políticas y sociales.
- Validez externa limitada en ensayos de pequeña escala.
- Contextos institucionales complejos en países en desarrollo.
- Necesidad de combinar:
  - ▶ Evidencia experimental.
  - ▶ Evidencia no experimental (PSM, DD, IV, RDD).

# Complementariedad con métodos no experimentales

- En ausencia de aleatorización, se buscan aproximaciones al experimento ideal:
  - ▶ **Supuesto de no confusión (unconfoundedness)** y **exogeneidad condicional**.
- Herramientas:
  - ▶ Emparejamiento por puntaje de propensión (PSM).
  - ▶ Métodos de doble diferencia (DD).
  - ▶ Variables instrumentales (IV).
  - ▶ Diseño de discontinuidad en la regresión (RDD).
- El objetivo sigue siendo el mismo:
  - ▶ Aproximar el contrafactual y reducir el sesgo de selección.