



FACULTAD DE
CIENCIAS ECONÓMICAS
Y DE ADMINISTRACIÓN



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

Microsimulación

Docente: Daniel Ciganda

11^{va} Clase

26 de Noviembre de 2025

Hasta ahora hemos trabajado con componentes aislados. El objetivo del modelo actual es integrar procesos para generar **trayectorias individuales completas**.

El Desafío de la Consistencia

Queremos generar una población sintética que sea consistente en dos niveles:

1. **Micro-Consistencia (Mecanicista):** Las historias individuales deben tener sentido lógico (ej. una mujer no puede tener hijos después de morir; el matrimonio precede a la concepción marital).
2. **Macro-Consistencia (Agregada):** Si agregamos las historias simuladas, debemos recuperar las tasas observadas de entrada (tasas específicas de mortalidad y fecundidad por edad).

1. El Proceso de Mortalidad: Inverse Transform Sampling

Para la mortalidad, utilizamos una técnica exacta basada en el Teorema de la Transformada Inversa que vimos la clase pasada.

- **Entrada:** Tasas específicas de mortalidad observadas (m_x).
- **Proceso:**
 1. Construimos la función de riesgo acumulado $H(t)$ a partir de las tasas.
 2. Sorteamos un número aleatorio $u \sim U(0, 1)$ para cada individuo.
 3. Resolvemos numéricamente $H(t) = -\ln(u)$ para encontrar la edad exacta de muerte T_{death} .

Resultado Clave

Al usar este método, garantizamos que la distribución de edades de muerte simulada **replicará exactamente** las tasas de mortalidad observadas (dentro del margen de error de Monte Carlo). No hay parámetros "libres" que estimar aquí.

2. El Proceso de Fecundidad

A diferencia de la mortalidad, la fecundidad se modela como un proceso estocástico paso a paso, gobernado por mecanismos biológicos y sociales:

- **Reloj Social:** Edad al matrimonio ($T_{mar} \sim \text{LogNormal}(\mu, \sigma)$).
- **Reloj Biológico:** Fecundabilidad natural $\phi(t)$ que evoluciona con la edad (parámetros β_1, β_2).
- **Restricciones:** Períodos de no-susceptibilidad tras cada nacimiento (parámetro δ).

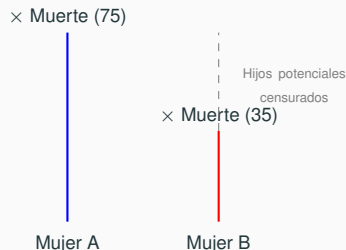
Diferencia con la Mortalidad: Aquí no forzamos las tasas observadas (f_x) directamente. Las tasas agregadas f_x son un *resultado emergente*, no un input directo.

3. Integración: Censura y Competencia de Riesgos

La clave de la microsimulación dinámica es manejar cómo interactúan estos procesos. En este modelo, utilizamos una estructura de **riesgos competitivos**.

- La mortalidad actúa como un **estado absorbente** que censura la fecundidad.
- Definimos el "Tiempo de Riesgo Efectivo" para cada mujer i :

$$\text{Fin}_{\text{riesgo},i} = \min(\text{Edad}_{\text{max}}, T_{\text{death},i} - 9 \text{ meses})$$



Esto genera heterogeneidad realista: algunas mujeres tienen pocos hijos simplemente porque sus vidas fueron más cortas (efecto de composición), no porque su fecundabilidad biológica fuera menor.

El Resultado: Microdatos

El modelo no devuelve tasas agregadas, sino una base de datos de historias de vida. Esto nos permite analizar distribuciones que las tasas ocultan.

ID	Age_Death	Age_Marriage	Birth_1	Birth_2
1	78.4	22.1	24.5	28.1
2	34.2	25.0	29.3	NA
3	5.1	NA	NA	NA
...

- **ID 2:** Tuvo un hijo, pero su fecundidad futura fue truncada por muerte prematura.
- **ID 3:** Nunca se casó (o murió antes de casarse), por lo tanto, paridad 0.

Hemos logrado consistencia en mortalidad (vía Transformada Inversa), pero... ¿qué pasa con la fecundidad?

- Los valores de los parámetros del modelo de fecundidad ($\mu, \sigma, \beta_1, \beta_2, \delta$) que generaron los datos, son desconocidos.
- ¿Cómo encontramos los valores que generan trayectorias compatibles con los datos?

Simulation-Based Inference (SBI / ABC)

1. Simularemos millones de trayectorias con distintos parámetros.
2. Compararemos los resultados agregados simulados (TFR_{sim}) con los datos reales (TFR_{obs}).
3. Nos quedaremos con los parámetros que minimicen la distancia entre simulación y realidad.