

• •
• •
• •
• •
• •
• •

SIMULACIÓN DE EVENTOS

DEMOGRÁFICOS:

USA

• •
• •
• •
• •
• •
• •



OBJETIVOS DEL TRABAJO Y SELECCIÓN

DE DATOS

ESTADOS UNIDOS, 2015

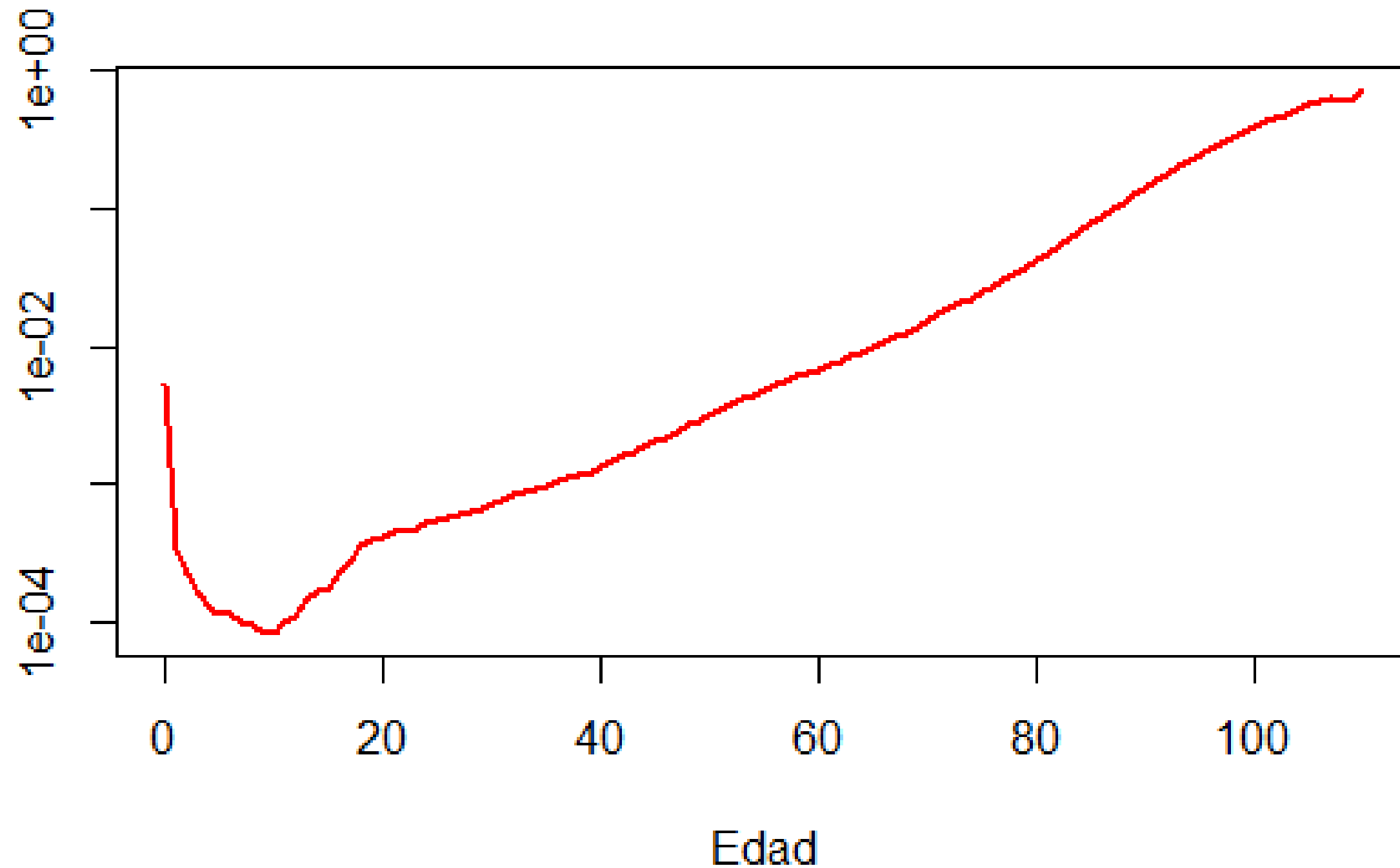
Eventos Analizados:

- Mortalidad Femenina: Evento universal.
- Primer Hijo (Fecundidad Condicional): Evento no universal.



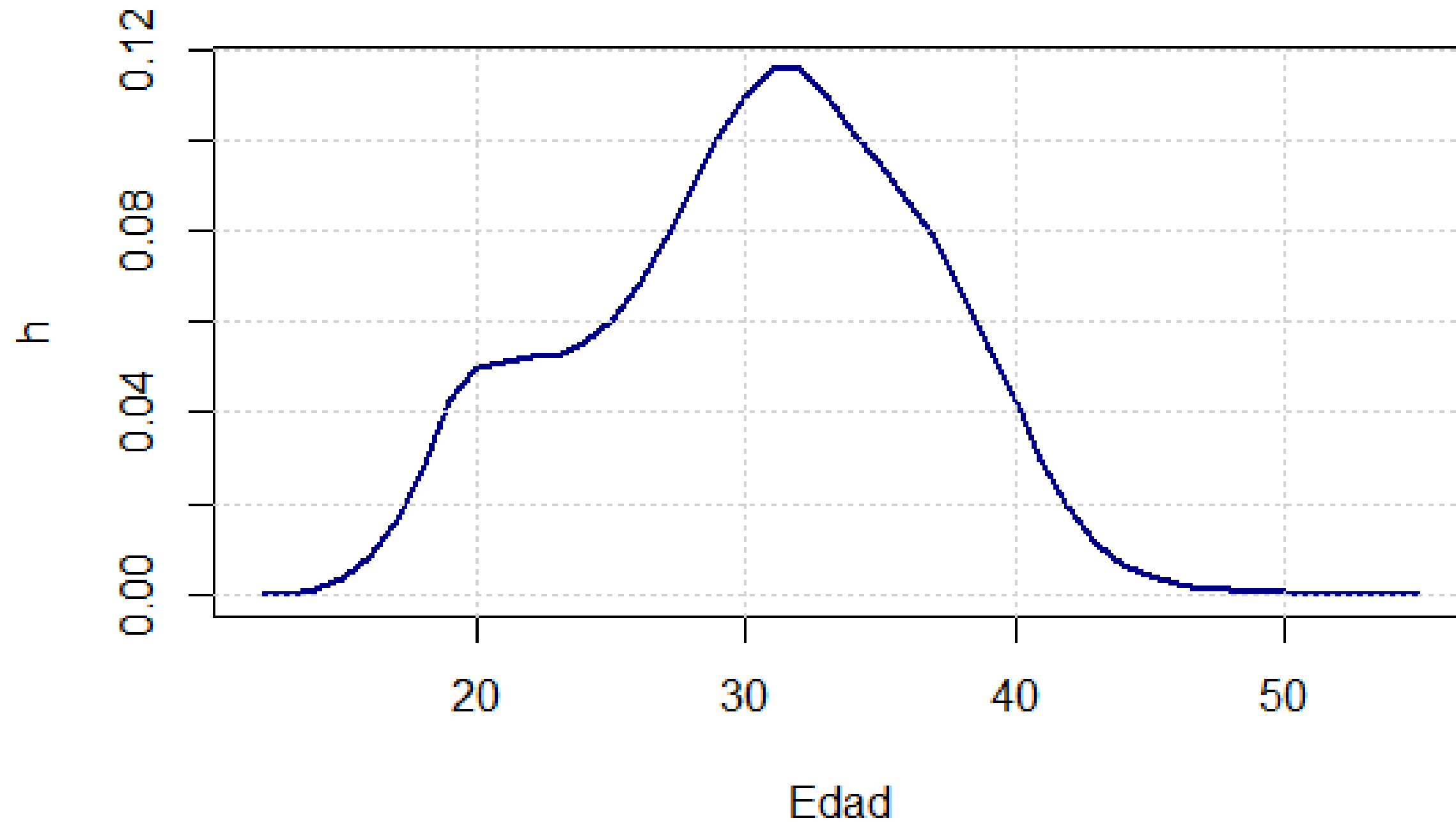
TASAS UTILIZADAS COMO INSUMO (INPUT)

1. Tasas Mortalidad (Mx) USA, 2015



TASAS UTILIZADAS COMO INSUMO (INPUT)

2. Tasas Condicionales 1er Hijo (m1x) USA, 2015



FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL MÉTODO DE SIMULACIÓN

SUPUESTO DE RIESGO CONSTANTE A
INTERVALOS (PIECEWISE-CONSTANT
HAZARD)

1

RELACIÓN RIESGO-SUPERVIVENCIA

$$S(t) = e^{-H(t)} = e^{-\int_0^t h(u)du}$$

2

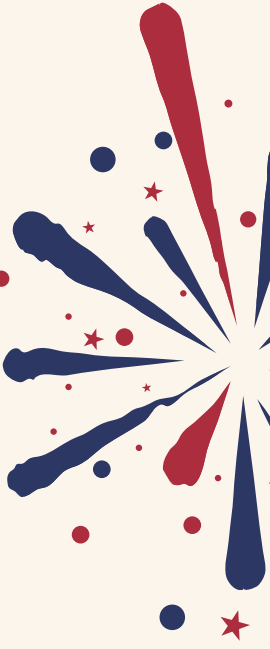
MÉTODO DE LA TRANSFORMADA INVERSA

$$T = H^{-1}(-\ln(U))$$

3



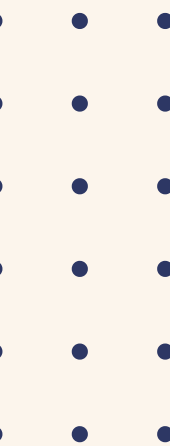
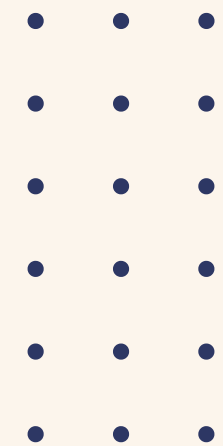
IMPLEMENTACIÓN DEL ALGORITMO DE SIMULACIÓN (STE)



Resolver dos desafíos técnicos clave:

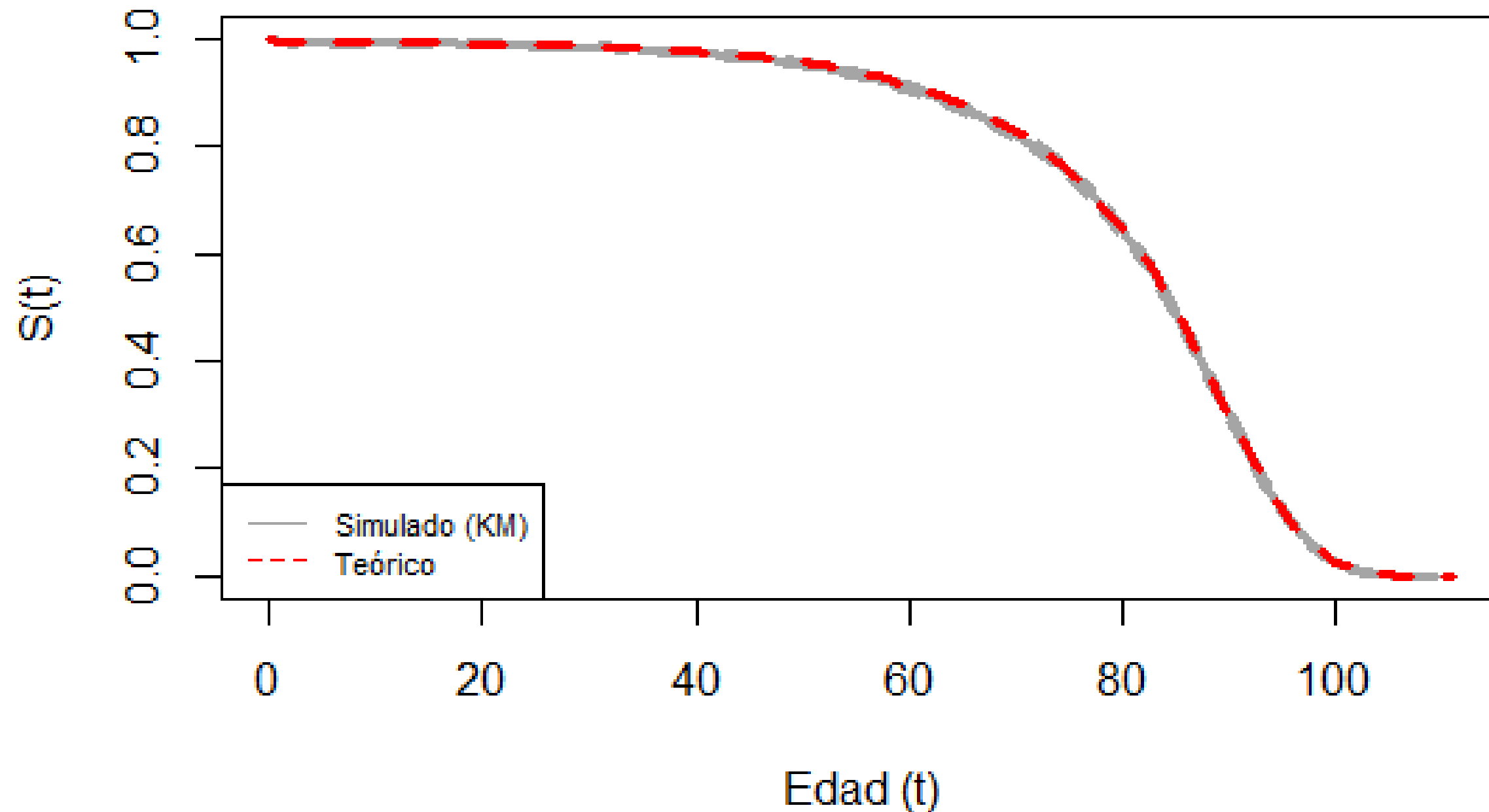
Precisión: No queríamos trabajar solo con años enteros. Con uniroot encontramos el momento exacto, logrando una continuidad realista en los tiempos.

La Censura: El código evalúa si la persona nunca tendrá el evento. A esos casos no les inventamos una edad falsa, sino que les asignamos tiempo Infinito. Es vital para modelar correctamente la fecundidad."



VALIDACIÓN DE RESULTADOS: EVENTO MORTALIDAD

3. S(t) Mortalidad (KM vs Teórico)



La Curva Teórica (Línea Roja):

Representa la "Verdad Matemática". Se calcula directamente de las tasas $S(t) = e^{-H(t)}$. Es el comportamiento esperado ideal.

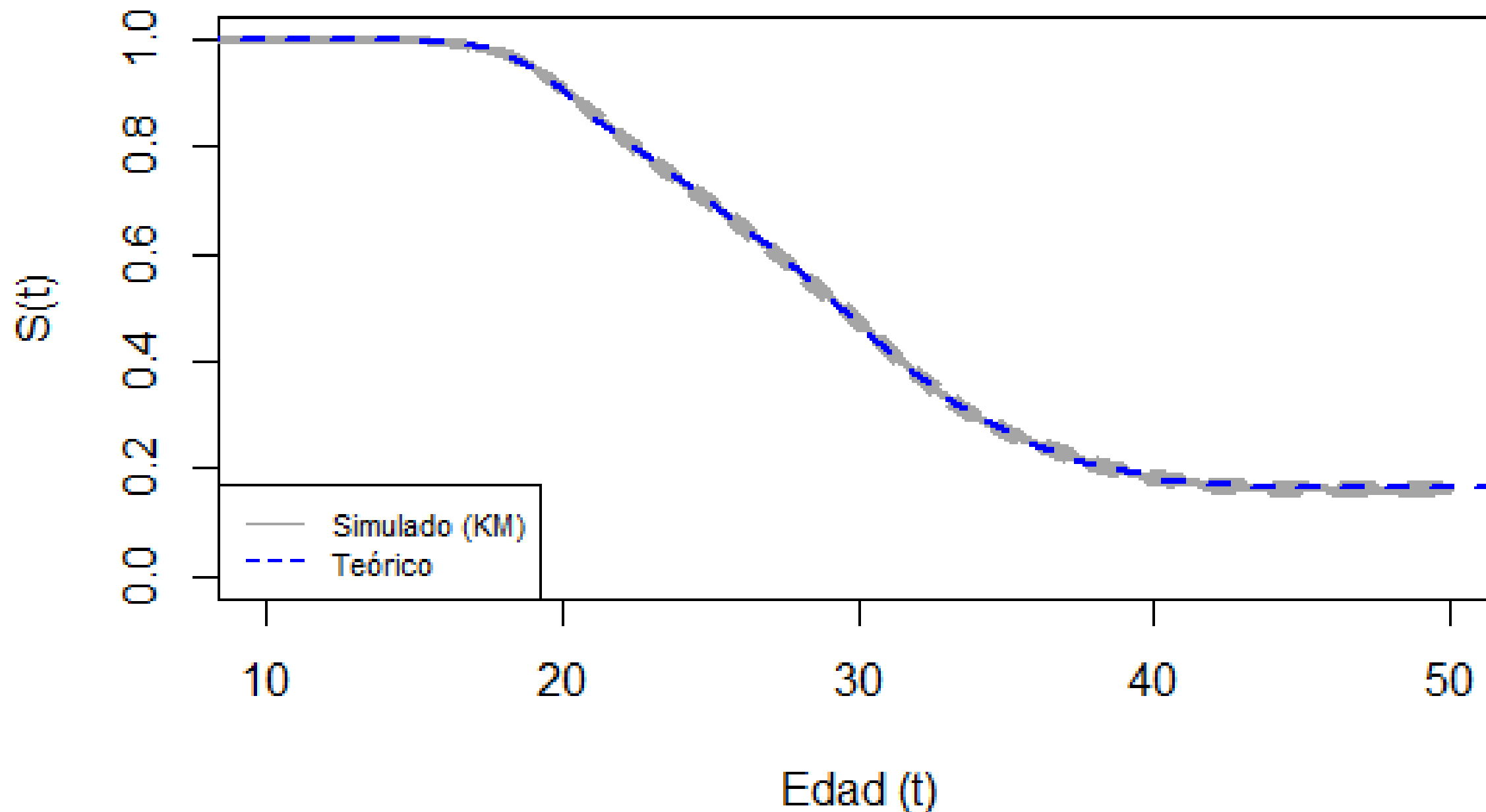
La Curva Simulada (Línea Gris):

Es la estimación (Kaplan-Meier) basada en los datos generados por nuestro código.



VALIDACIÓN DE RESULTADOS: EVENTO MORTALIDAD

4. $S(t)$ Primer Hijo (KM vs Teórico)



Validar que el modelo capture correctamente no solo cuándo ocurre el evento, **sino si ocurre o no**.

La Referencia Teórica (Línea Azul):

Muestra que matemáticamente, una fracción de la cohorte nunca debería tener hijos (la curva no llega a 0).

Prueba de Censura:

Si la simulación (gris) bajara hasta 0, todas las mujeres a ser madres (falso).
Al estabilizarse junto con la teórica, confirmamos el manejo correcto de la no fecundidad.

CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DE PROYECCIÓN

- SE UTILIZAN TABLAS DE MORTALIDAD POR PERÍODO (L_x) PARA EDADES 0-110 (MUJERES Y HOMBRES).
- SE INCORPORAN TASAS ESPECÍFICAS DE FECUNDIDAD (ASFR) PARA EDADES 12-55.
- EL MODELO USA UNA VARIANTE DEL LESLIE, RECALCULADA AÑO A AÑO:
- SUPERVIVENCIA OBTENIDA DIRECTAMENTE DE L_x OBSERVADOS,
- FECUNDIDAD OBTENIDA DE ASFR REALES DEL PERÍODO,
- RAZÓN DE MASCULINIDAD AL NACER FIJA:
- $SRB = 1.05$

LA FUNCIÓN P_{POP_T}

- CONSTRUYE MATRICES LESLIE ANUALES BASADAS SOLO EN MORTALIDAD.
- APLICA FECUNDIDAD POR EDAD ÚNICAMENTE EN 12-55.
- GENERA NACIMIENTOS Y LOS DIVIDE SEGÚN EL SRB.
- GUARDA POBLACIÓN MASCULINA Y FEMENINA PROYECTADA PARA CADA AÑO.



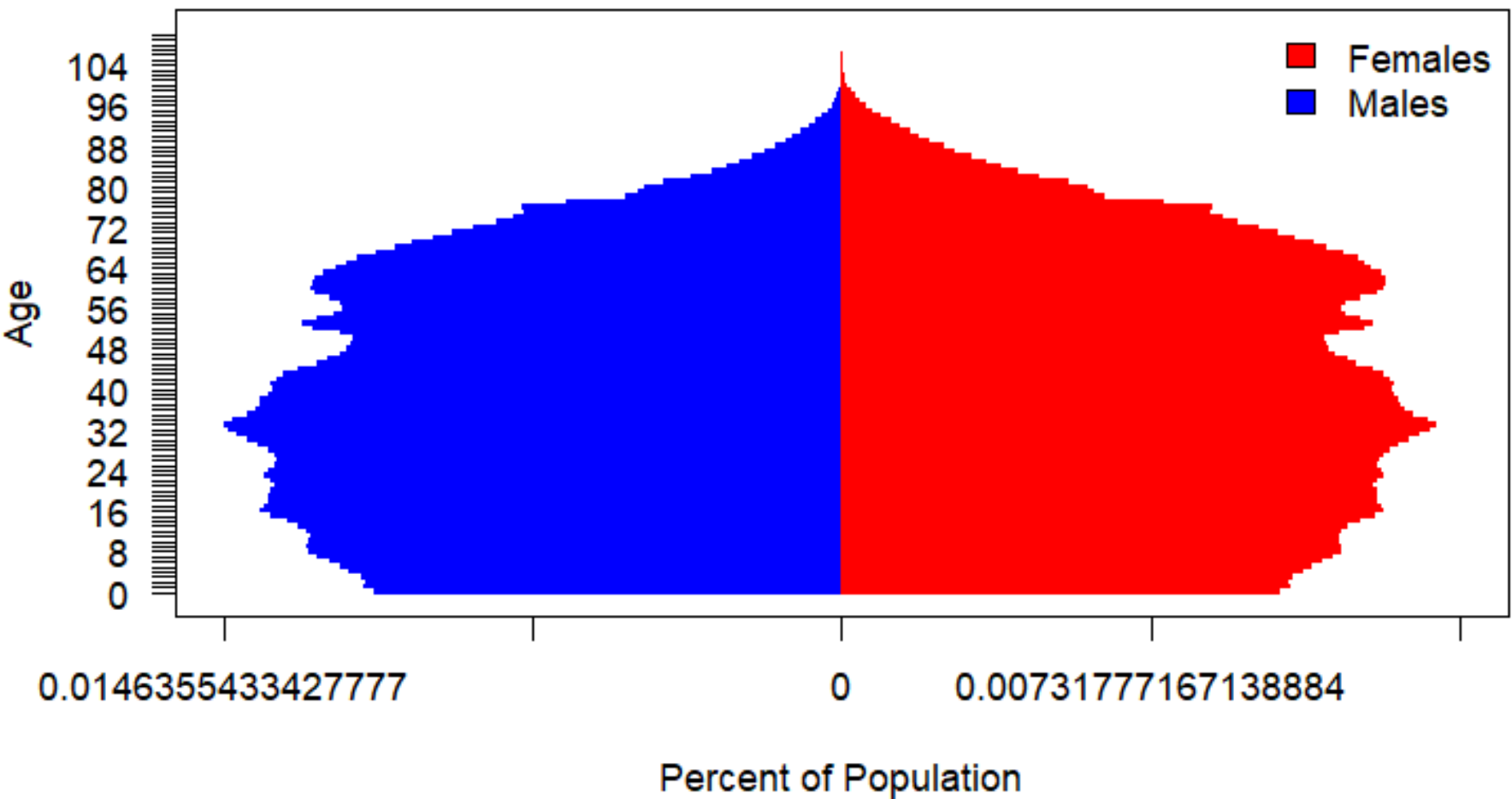
COMPONENTES Y ENTRADAS DEL MODELO

- **F: TASAS DE FECUNDIDAD (EDADES 12-55 * AÑOS).**
- **LF, LM: TABLAS DE MORTALIDAD (EDADES 0-110 * AÑOS).**
- **NF, NM: POBLACIÓN BASE POR EDAD (AÑO INICIAL).**
- **ITER: CANTIDAD DE AÑOS A PROYECTAR.**
- **INT: INTERVALO TEMPORAL (1 AÑO).**
- **SRB: SEX RATIO AT BIRTH (≈ 1.05).**
- **INI_YEAR: AÑO INICIAL COMÚN ENTRE LAS FUENTES.**

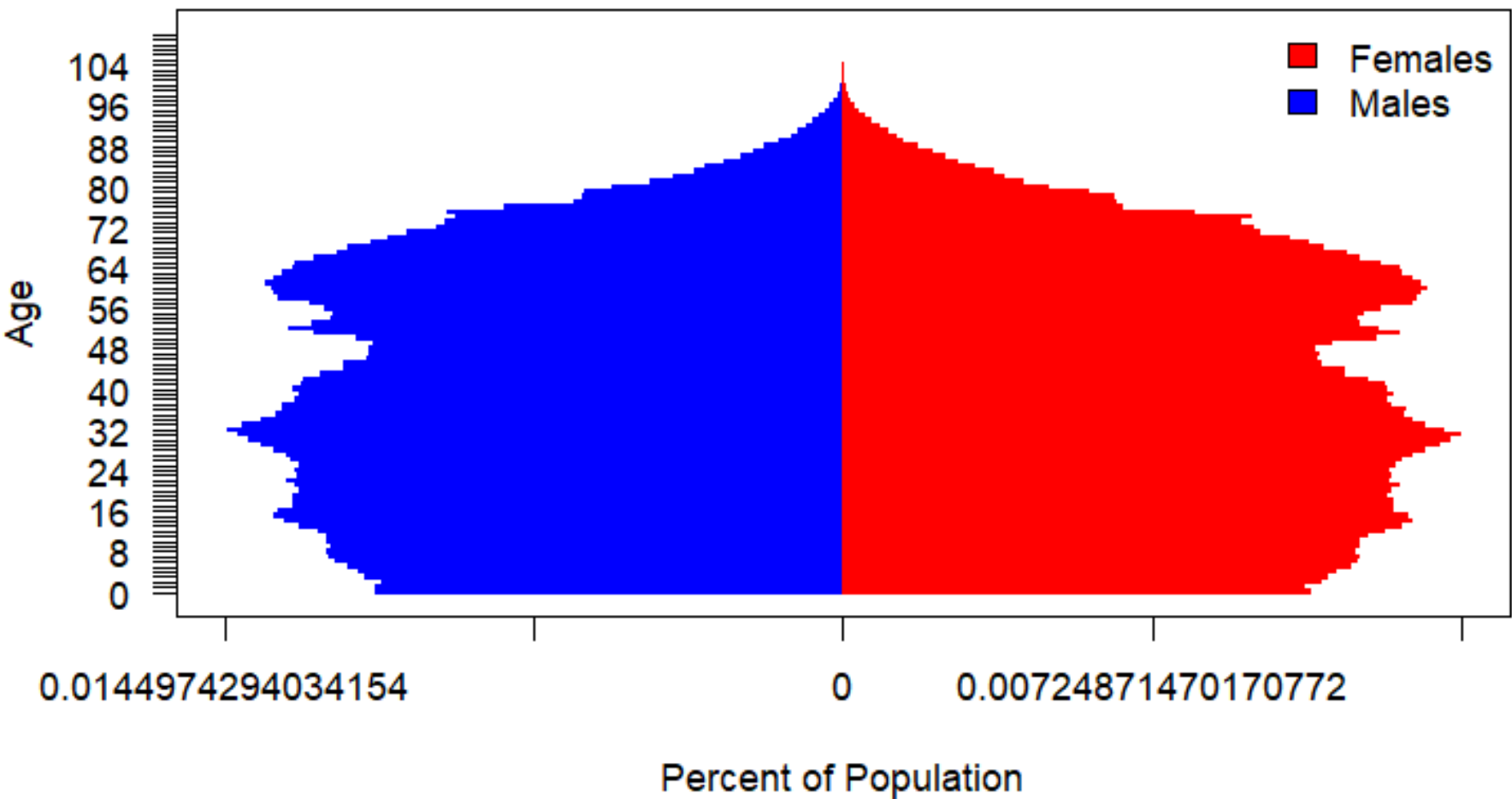


OBSERVADA VS PROYECTADA

Estructura por Edad de la Población de USA (observada) : 2024



Estructura por Edad de la Población de USA (proyectada) : 2024



EDADES JÓVENES (0-15 AÑOS)

- **DIFERENCIAS MÁS CLARAS EN LA BASE DE LA PIRÁMIDE.**
- **PROYECTADA: BASE MÁS REGULAR Y SUAVE.**
- **OBSERVADA: ONDULACIONES Y COHORTES RECIENTES MÁS IRREGULARES.**
- **MOTIVO: EL MODELO NO INCLUYE MIGRACIÓN, CLAVE EN EE.UU. EN EDADES JÓVENES.**
- **EFFECTO: SE SUAVIZAN LAS COHORTES Y SE PUEDE SUBESTIMAR/SOBREESTIMAR ALGUNOS GRUPOS RECIENTES.**

EDADES CENTRALES (20-60 AÑOS)

- **MUY BUENA COINCIDENCIA ENTRE PIRÁMIDE OBSERVADA Y PROYECTADA.**
- **SE REPRODUCE BIEN LA FORMA GENERAL, EL TAMAÑO RELATIVO Y EL BALANCE POR SEXO.**
- **INDICA QUE LAS TASAS DE SOBREVIVENCIA DEL PERÍODO Y LA ESTRUCTURA INICIAL MODELAN BIEN EL “CUERPO” DE LA POBLACIÓN.**

EDADES AVANZADAS (65+ AÑOS)

- **LAS DIFERENCIAS VUELVEN A SER VISIBLES EN LA CÚSPIDE DE LA PIRÁMIDE.**
- **OBSERVADA: MAYOR SUPERVIVENCIA EN EDADES MUY ALTAS (SOBRE TODO MUJERES).**
- **PROYECTADA: MENOS PERSONAS LONGEVAS, CAÍDA MÁS MARCADA.**
- **CAUSA: LAS TABLAS DE MORTALIDAD DE PERÍODO NO INCORPORAN MEJORAS FUTURAS EN LA SOBREVIVENCIA
EL MODELO SUBESTIMA LA LONGEVIDAD REAL.**



CONCLUSIONES

LA ESTRUCTURA PROYECTADA PARA 2024 REPRODUCE DE MANERA CONSISTENTE LA FORMA OBSERVADA, ESPECIALMENTE EN LAS EDADES CENTRALES.

LAS DIFERENCIAS EN LOS EXTREMOS DEL PERFIL ETARIO (JÓVENES Y LONGEVOS) RESPONDEN A LAS LIMITACIONES PROPIAS DEL **MÉTODO DE LOS COMPONENTES****:**

- **AUSENCIA DE MIGRACIÓN,**
- **USO DE TASAS DE FECUNDIDAD Y MORTALIDAD DEL PERÍODO SIN MEJORAS FUTURAS,**
- **SUAVIZACIÓN AUTOMÁTICA DE LAS COHORTES POR EFECTO DEL MODELO LESLIE.**



