

Sociedad Ecuatoriana de Estadística

R Users Group - Ecuador®

“Análisis Demográfico con R”

Andrés Peña M.

agpena@colmex.mx



Julio 2024



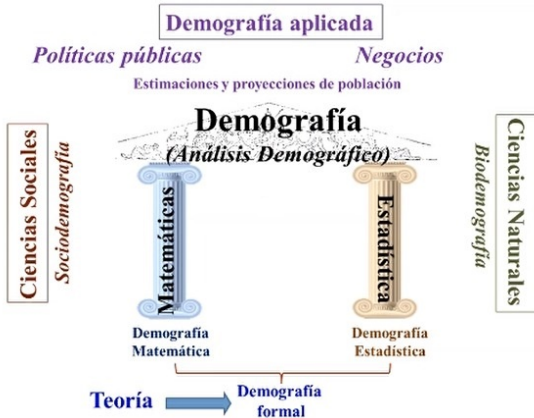
Tabla de contenidos

- 1 Demografía y Población
- 2 Fuentes de información en demografía
- 3 Métodos y software
- 4 ¿Por qué R?
- 5 Análisis de la Población con R
- 6 Análisis de la Fecundidad con R
- 7 Análisis de la Mortalidad con R

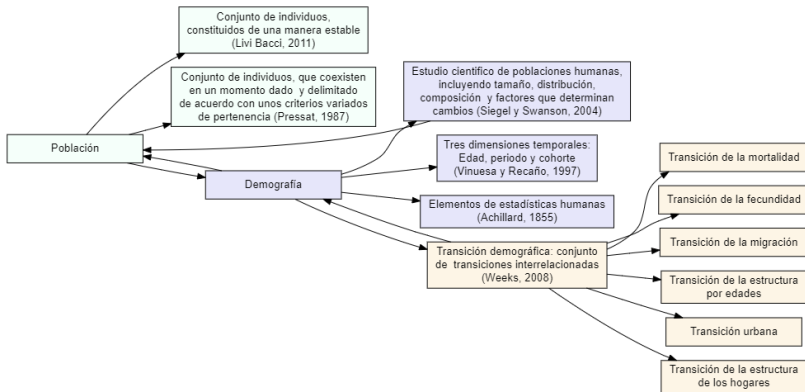
1. Demografía y Población



Pilares de la demografía y relación con otras ciencias



Población y demografía - Definiciones



Estudios de Población



Variables de la demografía

Los fenómenos y hechos que modifican el número de efectivos de una población:

- **Natalidad:** por medio de los nacimientos.

Variables de la demografía

Los fenómenos y hechos que modifican el número de efectivos de una población:

- **Natalidad:** por medio de los nacimientos.
- **Mortalidad:** por medio de las defunciones.

Variables de la demografía

Los fenómenos y hechos que modifican el número de efectivos de una población:

- **Natalidad:** por medio de los nacimientos.
- **Mortalidad:** por medio de las defunciones.
- **Movilidad:** por medio de las migraciones.

Variables de la demografía

Los fenómenos y hechos que modifican el número de efectivos de una población:

- **Natalidad:** por medio de los nacimientos.
- **Mortalidad:** por medio de las defunciones.
- **Movilidad:** por medio de las migraciones.

Variables de la demografía

Los fenómenos y hechos que modifican el número de efectivos de una población:

- **Natalidad:** por medio de los nacimientos.
- **Mortalidad:** por medio de las defunciones.
- **Movilidad:** por medio de las migraciones.

La demografía estudia la **dinámica** de la población, es decir, los fenómenos fecundidad, mortalidad y migración que pueden provocar cambios en el estado y los elementos que componen el **estado de la población** que son el tamaño, la distribución territorial y la estructura por edad y sexo.

Ecuación compensadora

La demografía ha creado ecuaciones, las cuales tienen el propósito de traducir en lenguaje matemático la dinámica demográfica. Se considera la ecuación fundamental de la demografía. El crecimiento resulta de la diferencia entre el saldo natural o vegetativo y el saldo migratorio o social.



2. Fuentes de información en demografía



Fuentes de información en demografía

Fuentes tradicionales:

- Censos;

Fuentes de información en demografía

Fuentes tradicionales:

- Censos;
- Registros de población;

Fuentes de información en demografía

Fuentes tradicionales:

- Censos;
- Registros de población;
- Encuestas demográficas;

Fuentes de información en demografía

Fuentes tradicionales:

- Censos;
- Registros de población;
- Encuestas demográficas;
- Registros vitales;

Fuentes de información en demografía

Fuentes tradicionales:

- Censos;
- Registros de población;
- Encuestas demográficas;
- Registros vitales;
- Bases de datos internacionales.

Fuentes de información en demografía

Fuentes tradicionales:

- Censos;
- Registros de población;
- Encuestas demográficas;
- Registros vitales;
- Bases de datos internacionales.

Fuentes de información en demografía

Fuentes tradicionales:

- Censos;
- Registros de población;
- Encuestas demográficas;
- Registros vitales;
- Bases de datos internacionales.

Nuevas fuentes innovadoras:

- Imágenes satelitales (luces nocturnas);

Fuentes de información en demografía

Fuentes tradicionales:

- Censos;
- Registros de población;
- Encuestas demográficas;
- Registros vitales;
- Bases de datos internacionales.

Nuevas fuentes innovadoras:

- Imágenes satelitales (luces nocturnas);
- Telefonía celular;

Fuentes de información en demografía

Fuentes tradicionales:

- Censos;
- Registros de población;
- Encuestas demográficas;
- Registros vitales;
- Bases de datos internacionales.

Nuevas fuentes innovadoras:

- Imágenes satelitales (luces nocturnas);
- Telefonía celular;
- Redes sociales (Twitter, Facebook);

Fuentes de información en demografía

Fuentes tradicionales:

- Censos;
- Registros de población;
- Encuestas demográficas;
- Registros vitales;
- Bases de datos internacionales.

Nuevas fuentes innovadoras:

- Imágenes satelitales (luces nocturnas);
- Telefonía celular;
- Redes sociales (Twitter, Facebook);
- Páginas web (LinkedIn).

3. Métodos y software



Métodos y software

Métodos:

- Tablas de vida;

Métodos y software

Métodos:

- Tablas de vida;
- Análisis de supervivencia;

Métodos y software

Métodos:

- Tablas de vida;
- Análisis de supervivencia;
- Estadística clásica y Bayesiana;

Métodos y software

Métodos:

- Tablas de vida;
- Análisis de supervivencia;
- Estadística clásica y Bayesiana;
- Proyecciones poblacionales;

Métodos y software

Métodos:

- Tablas de vida;
- Análisis de supervivencia;
- Estadística clásica y Bayesiana;
- Proyecciones poblacionales;
- Series de tiempo;

Métodos y software

Métodos:

- Tablas de vida;
- Análisis de supervivencia;
- Estadística clásica y Bayesiana;
- Proyecciones poblacionales;
- Series de tiempo;
- Datos de panel;

Métodos y software

Métodos:

- Tablas de vida;
- Análisis de supervivencia;
- Estadística clásica y Bayesiana;
- Proyecciones poblacionales;
- Series de tiempo;
- Datos de panel;
- Análisis espacial;

Métodos y software

Métodos:

- Tablas de vida;
- Análisis de supervivencia;
- Estadística clásica y Bayesiana;
- Proyecciones poblacionales;
- Series de tiempo;
- Datos de panel;
- Análisis espacial;
- Machine learning, AI;

Métodos y software

Métodos:

- Tablas de vida;
- Análisis de supervivencia;
- Estadística clásica y Bayesiana;
- Proyecciones poblacionales;
- Series de tiempo;
- Datos de panel;
- Análisis espacial;
- Machine learning, AI;
- Data mining;

Métodos y software

Métodos:

- Tablas de vida;
- Análisis de supervivencia;
- Estadística clásica y Bayesiana;
- Proyecciones poblacionales;
- Series de tiempo;
- Datos de panel;
- Análisis espacial;
- Machine learning, AI;
- Data mining;
- Microsimulación.

Métodos y software

Métodos:

- Tablas de vida;
- Análisis de supervivencia;
- Estadística clásica y Bayesiana;
- Proyecciones poblacionales;
- Series de tiempo;
- Datos de panel;
- Análisis espacial;
- Machine learning, AI;
- Data mining;
- Microsimulación.

Métodos y software

Métodos:

- Tablas de vida;
- Análisis de supervivencia;
- Estadística clásica y Bayesiana;
- Proyecciones poblacionales;
- Series de tiempo;
- Datos de panel;
- Análisis espacial;
- Machine learning, AI;
- Data mining;
- Microsimulación.

Software:

- SPSS, PSPP;

Métodos y software

Métodos:

- Tablas de vida;
- Análisis de supervivencia;
- Estadística clásica y Bayesiana;
- Proyecciones poblacionales;
- Series de tiempo;
- Datos de panel;
- Análisis espacial;
- Machine learning, AI;
- Data mining;
- Microsimulación.

Software:

- SPSS, PSPP;
- Stata;

Métodos y software

Métodos:

- Tablas de vida;
- Análisis de supervivencia;
- Estadística clásica y Bayesiana;
- Proyecciones poblacionales;
- Series de tiempo;
- Datos de panel;
- Análisis espacial;
- Machine learning, AI;
- Data mining;
- Microsimulación.

Software:

- SPSS, PSPP;
- Stata;
- SAS;

Métodos y software

Métodos:

- Tablas de vida;
- Análisis de supervivencia;
- Estadística clásica y Bayesiana;
- Proyecciones poblacionales;
- Series de tiempo;
- Datos de panel;
- Análisis espacial;
- Machine learning, AI;
- Data mining;
- Microsimulación.

Software:

- SPSS, PSPP;
- Stata;
- SAS;
- Excel;

Métodos y software

Métodos:

- Tablas de vida;
- Análisis de supervivencia;
- Estadística clásica y Bayesiana;
- Proyecciones poblacionales;
- Series de tiempo;
- Datos de panel;
- Análisis espacial;
- Machine learning, AI;
- Data mining;
- Microsimulación.

Software:

- SPSS, PSPP;
- Stata;
- SAS;
- Excel;
- STAN, BUGS, JAGS;

Métodos y software

Métodos:

- Tablas de vida;
- Análisis de supervivencia;
- Estadística clásica y Bayesiana;
- Proyecciones poblacionales;
- Series de tiempo;
- Datos de panel;
- Análisis espacial;
- Machine learning, AI;
- Data mining;
- Microsimulación.

Software:

- SPSS, PSPP;
- Stata;
- SAS;
- Excel;
- STAN, BUGS, JAGS;
- ArcGIS, QGIS, GeoDa;

Métodos y software

Métodos:

- Tablas de vida;
- Análisis de supervivencia;
- Estadística clásica y Bayesiana;
- Proyecciones poblacionales;
- Series de tiempo;
- Datos de panel;
- Análisis espacial;
- Machine learning, AI;
- Data mining;
- Microsimulación.

Software:

- SPSS, PSPP;
- Stata;
- SAS;
- Excel;
- STAN, BUGS, JAGS;
- ArcGIS, QGIS, GeoDa;
- Phyton, C;

Métodos y software

Métodos:

- Tablas de vida;
- Análisis de supervivencia;
- Estadística clásica y Bayesiana;
- Proyecciones poblacionales;
- Series de tiempo;
- Datos de panel;
- Análisis espacial;
- Machine learning, AI;
- Data mining;
- Microsimulación.

Software:

- SPSS, PSPP;
- Stata;
- SAS;
- Excel;
- STAN, BUGS, JAGS;
- ArcGIS, QGIS, GeoDa;
- Phyton, C;
- Mplus;

Métodos y software

Métodos:

- Tablas de vida;
- Análisis de supervivencia;
- Estadística clásica y Bayesiana;
- Proyecciones poblacionales;
- Series de tiempo;
- Datos de panel;
- Análisis espacial;
- Machine learning, AI;
- Data mining;
- Microsimulación.

Software:

- SPSS, PSPP;
- Stata;
- SAS;
- Excel;
- STAN, BUGS, JAGS;
- ArcGIS, QGIS, GeoDa;
- Phyton, C;
- Mplus;
- R Project for Statistical Computing.

4. ¿Por qué R?



¿Por qué R?

- R puede ser usado en cada paso de la investigación demográfica: importación, estadística descriptiva, análisis estadístico y demográfico, visualización, reportar resultados y publicar.



¿Por qué R?

- R puede ser usado en cada paso de la investigación demográfica: importación, estadística descriptiva, análisis estadístico y demográfico, visualización, reportar resultados y publicar.
- Más completo que otros software.



¿Por qué R?

- R puede ser usado en cada paso de la investigación demográfica: importación, estadística descriptiva, análisis estadístico y demográfico, visualización, reportar resultados y publicar.
- Más completo que otros software.
- Permite la conexión con otros software como \LaTeX o JAGS.



Algunos paquetes de *R* usados en el análisis demográfico

- DemoTools: Tim Riffe y otros, financiado por UNPD y la fundación de Bill Gates, incluye funciones para la evaluación, transformación y ajuste de los datos, suavizamiento y el modelo de Rogers Castro para migración.

Algunos paquetes de *R* usados en el análisis demográfico

- DemoTools: Tim Riffe y otros, financiado por UNPD y la fundación de Bill Gates, incluye funciones para la evaluación, transformación y ajuste de los datos, suavizamiento y el modelo de Rogers Castro para migración.
- demography: Rob J Hyndman y otros, permite realizar tablas de vida, los modelos de Lee Carter, proyecciones poblacionales, trabaja con los datos de la Human Mortality Database.

Algunos paquetes de *R* usados en el análisis demográfico

- DemoTools: Tim Riffe y otros, financiado por UNPD y la fundación de Bill Gates, incluye funciones para la evaluación, transformación y ajuste de los datos, suavizamiento y el modelo de Rogers Castro para migración.
- demography: Rob J Hyndman y otros, permite realizar tablas de vida, los modelos de Lee Carter, proyecciones poblacionales, trabaja con los datos de la Human Mortality Database.
- MortalityLaws: tablas de vida, ajusta los modelos de Gompertz, Makeham, Heligman - Pollard.

Algunos paquetes de *R* usados en el análisis demográfico

- DemoTools: Tim Riffe y otros, financiado por UNPD y la fundación de Bill Gates, incluye funciones para la evaluación, transformación y ajuste de los datos, suavizamiento y el modelo de Rogers Castro para migración.
- demography: Rob J Hyndman y otros, permite realizar tablas de vida, los modelos de Lee Carter, proyecciones poblacionales, trabaja con los datos de la Human Mortality Database.
- MortalityLaws: tablas de vida, ajusta los modelos de Gompertz, Makeham, Heligman - Pollard.
- fertestr: Fertility Estimation in R

Algunos paquetes de *R* usados en el análisis demográfico

- DemoTools: Tim Riffe y otros, financiado por UNPD y la fundación de Bill Gates, incluye funciones para la evaluación, transformación y ajuste de los datos, suavizamiento y el modelo de Rogers Castro para migración.
- demography: Rob J Hyndman y otros, permite realizar tablas de vida, los modelos de Lee Carter, proyecciones poblacionales, trabaja con los datos de la Human Mortality Database.
- MortalityLaws: tablas de vida, ajusta los modelos de Gompertz, Makeham, Heligman - Pollard.
- fertestr: Fertility Estimation in R
- bayesTFR: Bayesian Fertility Projection

Algunos paquetes de *R* usados en el análisis demográfico

- DemoTools: Tim Riffe y otros, financiado por UNPD y la fundación de Bill Gates, incluye funciones para la evaluación, transformación y ajuste de los datos, suavizamiento y el modelo de Rogers Castro para migración.
- demography: Rob J Hyndman y otros, permite realizar tablas de vida, los modelos de Lee Carter, proyecciones poblacionales, trabaja con los datos de la Human Mortality Database.
- MortalityLaws: tablas de vida, ajusta los modelos de Gompertz, Makeham, Heligman - Pollard.
- fertestr: Fertility Estimation in R
- bayesTFR: Bayesian Fertility Projection
- bayesLife: Bayesian Projection of Life Expectancy

5. Análisis de la Población con R

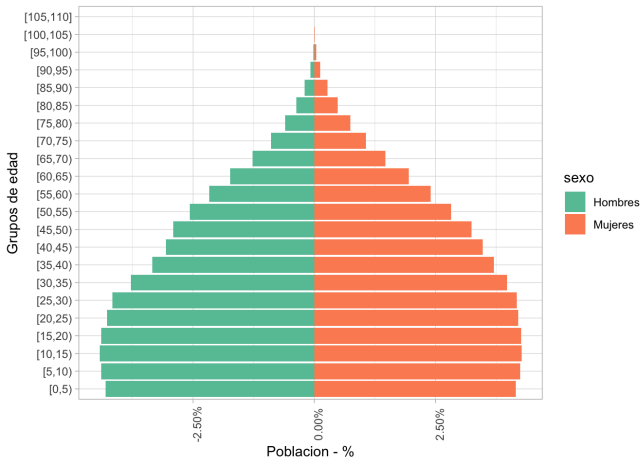


Pirámide poblacional con R - ggplot2

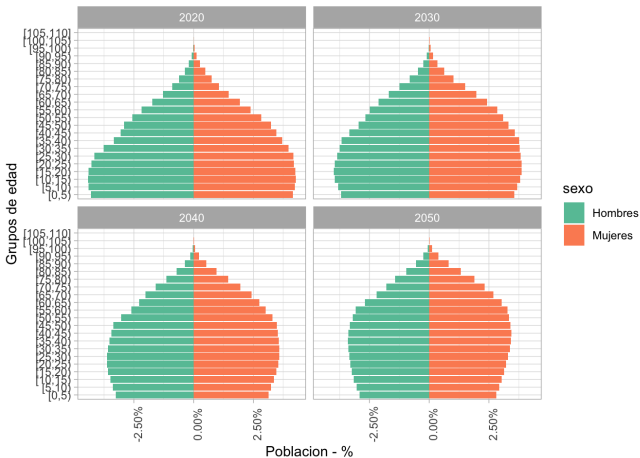
```
pob_mit_proyecciones %>%
  filter(cve_geo==0) %>%
  filter(ano==2020) %>%
  ggplot(aes(eda5, fill=sexo, weights=poblacion3))+
    geom_bar() + coord_flip() +
    scale_y_continuous(labels = scales::percent_format(accuracy=0))
labs(y="Poblacion - %", x="Grupos de edad") +
scale_fill_brewer(palette = "Set2") +
theme_light() + theme(axis.text.x = element_text(angle = 90))
```

Tutorial de Pirámides Poblacionales

Pirámide poblacional con R - ggplot2



Pirámide poblacional con R - facets



Interpolación exponencial

La población con la que se trabaja es uno de los elementos más importantes de los procesos de estimación ya que constituye parte del denominador de varias de las tasas a ser calculadas.

$$r(t, t + h) = \frac{1}{h} \ln \left\{ \frac{P(t + h)}{P(t)} \right\} \quad (1)$$

$$P(t + h) = P(t)e^{hr(t,t+h)} \quad (2)$$

```
## Exponencial: y(t) = y1 * exp( r * ( t2 - t1 ) ),
## r = log(y2/y1)/(t2-t1) es la tasa de crecimiento
exp_interp <-
  function( t, t1, t2, y1, y2 ){
    dt = t2 - t1
    r = log( y2 / y1 ) / dt
    y = y1 * exp( r * ( t - t1 ) )
    return( y )
  }
```

Interpolación exponencial

```
library(data.table)
library(lubridate)
library(dplyr)
library(ggplot2)

dir_dat <- 'C:\\Users\\usuario\\Desktop\\RDemo_SEE_RUser_RLadies\\'

### Datos - Poblacion censada Ecuador por edad simple 1990, 2001
ecu_dt <-
  fread( file.path( dir_dat, 'ecu_pobcensada_1990_2001_2010.csv' ) )

### Edad en grupos quinquenales 0 = 0-4, 5 = 5-9, 10=10-14, ...,
ecu_dt[, edad5 := ifelse( edad >= 95,
                          95,
                          edad - edad %% 5 ) ]

head(ecu_dt, 20)
```

```
##      pais  ano      fecha      sexo  edad  poblacion  edad5
##  1: Ecuador 1990 1990-11-25 hombres    0    125041    0
```

Interpolación exponencial

```
### Periodo de referencia (continuo)
```

```
ecu_dt[ , t_ref := as.Date( fecha ) %>% decimal_date() ]
unique( ecu_dt[ , .( ano, fecha, t_ref ) ] )
```

```
##      ano      fecha t_ref
## 1: 1990 1990-11-25 1991
## 2: 2001 2001-11-25 2002
## 3: 2010 2010-11-28 2011
```

```
### Reagrupa los datos por los grupos quinquenales
```

```
ecu5_dt <-
  ecu_dt[ ,
    .( poblacion = sum( poblacion ) ),
    .( pais, ano, fecha, t_ref, sexo, edad5 ) ]
head(ecu5_dt)
```

```
##      pais  ano      fecha t_ref  sexo edad5 poblacion
## 1: Ecuador 1990 1990-11-25 1991 hombres    0   643083
## 2: Ecuador 1990 1990-11-25 1991 hombres    5   640766
```

Interpolación exponencial

```
## Para todos los anos entre 1990 y 2001
h1990 <- ecu5_dt[ sexo == 'mujeres' & ano == 1990 ]$poblacion
h2001 <- ecu5_dt[ sexo == 'mujeres' & ano == 2001 ]$poblacion
t1 <- ecu5_dt[ sexo == 'mujeres' & ano == 1990 ]$t_ref %>% unique
t2 <- ecu5_dt[ sexo == 'mujeres' & ano == 2001 ]$t_ref %>% unique
edad5 <- ecu5_dt[ sexo == 'mujeres' & ano == 1990 ]$edad5 %>% unique

pop_interp_9001 <- data.table()
for( i in seq( 1991.5, 2001.5, 1 ) ){
  pop_interp_9001 <-
    rbind(
      pop_interp_9001,
      data.table(
        ano      = i,
        edad5    = edad5,
        pob_exp  = exp_interp( t = i, y1 = h1990, y2 = h2001, t2 = t2 )
      )
    )
}
```

Interpolación exponencial

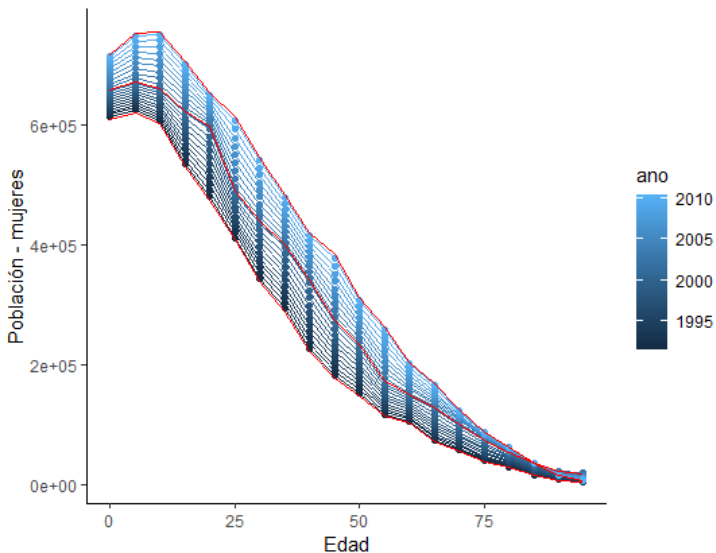
```
## Para todos los anos entre 2001 y 2010
h2001 <- ecu5_dt[ sexo == 'mujeres' & ano == 2001 ]$poblacion
h2010 <- ecu5_dt[ sexo == 'mujeres' & ano == 2010 ]$poblacion
t1 <- ecu5_dt[ sexo == 'mujeres' & ano == 2001 ]$t_ref %>% unique
t2 <- ecu5_dt[ sexo == 'mujeres' & ano == 2010 ]$t_ref %>% unique
edad5 <- ecu5_dt[ sexo == 'mujeres' & ano == 2001 ]$edad5 %>% unique

pop_interp_0110 <- data.table()
for( i in seq( 2001.5, 2010.5, 1 ) ){
  pop_interp_0110 <-
    rbind(
      pop_interp_0110,
      data.table(
        ano      = i,
        edad5    = edad5,
        pob_exp  = exp_interp( t = i, y1 = h2001, y2 = h2010, t2 = t2 )
      )
    )
}
```

Interpolación exponencial

```
## Visualizacion con ggplot
ggplot( ) +
  # Interpolacion 90-01
  geom_line( data = pop_interp_9001,
             aes( x = edad5, y = pob_exp,
                  color = ano, group = ano ) ) +
  geom_point( data = pop_interp_9001,
             aes( x = edad5, y = pob_exp,
                  color = ano, group = ano ) ) +
  # Interpolacion 01-10
  geom_line( data = pop_interp_0110,
             aes( x = edad5, y = pob_exp,
                  color = ano, group = ano ) ) +
  geom_point( data = pop_interp_0110,
             aes( x = edad5, y = pob_exp,
                  color = ano, group = ano ) ) +
  # Censos
  geom_line( data = ecu5_dt[ sexo == 'mujeres' & ano == 1990 ],
             aes( x = edad5, y = poblacion ),
```


Interpolación exponencial



8. Análisis de la Fecundidad con R



Medición de la Fecundidad - Cálculo de Tasas

$$TBN = b^z = \left(\frac{B^z}{N^{30-06-z}} \right) \times 1000 \quad (3)$$

$$TFG^z = \left(\frac{B^z}{MEF^{30-06-z}} \right) \times 1000 \quad (4)$$

$$TEFE_x^z = f_x^z = \left(\frac{B_x^z}{NF_x^{30-06-z}} \right) \times 1000 \quad (5)$$

$$\text{Edad media} = m = \frac{\sum_{x=15}^{45} f_x^z * \bar{x}}{\sum_{x=15}^{45} 5f_x^z} \quad (6)$$

$$TGF = 5 * \sum_{x=15}^{45} 5f_x^z \quad (7)$$

Paquete *fertestr*

- El paquete escrito por los demógrafos brasileños José Monteiro da Silva y Everton Lima tiene una serie de funciones para evaluación de datos y estimación indirecta de la fecundidad.

Paquete *fertestr*

- El paquete escrito por los demógrafos brasileños José Monteiro da Silva y Everton Lima tiene una serie de funciones para evaluación de datos y estimación indirecta de la fecundidad.
- Tiene métodos como PF de Brass, El-Badry, Método de Sobrevivencia Reversa, entre otros.

Paquete *fertestr*

- El paquete escrito por los demógrafos brasileños José Monteiro da Silva y Everton Lima tiene una serie de funciones para evaluación de datos y estimación indirecta de la fecundidad.
- Tiene métodos como PF de Brass, El-Badry, Método de Sobrevivencia Reversa, entre otros.
- Varios de estos métodos se encuentran documentados en el Manual X de Naciones Unidas y en el *Tools for Demographic Estimation* de la IUSSP.

Paquete *fertestr*

- El paquete escrito por los demógrafos brasileños José Monteiro da Silva y Everton Lima tiene una serie de funciones para evaluación de datos y estimación indirecta de la fecundidad.
- Tiene métodos como PF de Brass, El-Badry, Método de Sobrevivencia Reversa, entre otros.
- Varios de estos métodos se encuentran documentados en el Manual X de Naciones Unidas y en el *Tools for Demographic Estimation* de la IUSSP.

Paquete *fertestr*

- El paquete escrito por los demógrafos brasileños José Monteiro da Silva y Everton Lima tiene una serie de funciones para evaluación de datos y estimación indirecta de la fecundidad.
- Tiene métodos como PF de Brass, El-Badry, Método de Sobrevivencia Reversa, entre otros.
- Varios de estos métodos se encuentran documentados en el Manual X de Naciones Unidas y en el *Tools for Demographic Estimation* de la IUSSP.

```
## Metodo PF de Brass
```

```
# Ejemplo con los datos de Malawi - censo de 2008
```

```
ages_ma = c(15, 20, 25, 30, 35, 40, 45) # grupos de edad
```

```
asfr_ma = c(0.111, 0.245, 0.230, 0.195, 0.147, 0.072, 0.032) # t
```

```
P_ma = c(0.283, 1.532, 2.849, 4.185, 5.214, 6.034, 6.453) # p
```


Paquete *fertestr*

```
# Utilizando la variacion desarrollada por Coale y Trussel
require(fertestr)
fertBrassPF.cltrss( ages = ages_ma, P = P_ma, asfr = asfr_ma )

## $pf_data
##   ages      P  asfr   Fi   PF adj_asfr
## 1    15 0.28 0.111 0.25 1.1    0.158
## 2    20 1.53 0.245 1.28 1.2    0.297
## 3    25 2.85 0.230 2.48 1.1    0.273
## 4    30 4.18 0.195 3.53 1.2    0.229
## 5    35 5.21 0.147 4.37 1.2    0.169
## 6    40 6.03 0.072 4.84 1.2    0.079
## 7    45 6.45 0.032 5.12 1.3    0.031
##
## $tfr_unadj
## [1] 5.2
##
## $tfr_adj
## [1] 6.2
```

Paquete *DemoTools* para desagregación de las tasas por x

Utilizando la variacion desarrollada por Coale y Trussel

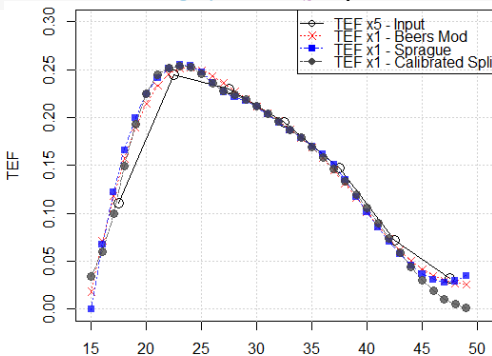
```
require(DemoTools)
```

```
asfr_x1_beers <-
```

```
5 * graduate_beers( Value = asfr_ma, Age = ages_ma,  
                    method = 'mod', OAG = FALSE )
```

```
asfr_x1_sprague <-
```

```
5 * graduate_sprague( Value = asfr_ma, Age = ages_ma,  
                      OAG = FALSE )
```



9. Análisis de la Mortalidad con R



Tabla de Vida

$$TMI = \frac{D_0^z}{B^z} \times 1000 \quad (8)$$

$${}_nM_x[0, T] = \frac{{}_nD_x[0, T]}{{}_nAP_x[0, T]} \quad (9)$$

$${}_nq_x = \frac{{}_nm_x}{1 + (n - {}_na_x){}_nm_x} \quad (10)$$

Para el primer año de vida se usan las fórmulas obtenidas por Andreev y Kingkade (2015) para el factor de separación a_0 :

$$\text{Para hombres} \begin{cases} 0.1493 - 2.0367q_0 & \text{si } q_0 < 0.0226 \\ 0.0244 + 3.4994q_0 & \text{si } 0.0226 \leq q_0 < 0.0785 \\ 0.2991 & \text{si } q_0 \geq 0.0785 \end{cases}$$

$$\text{Para mujeres} \begin{cases} 0.1490 - 2.0867q_0 & \text{si } q_0 < 0.0170 \\ 0.0438 + 4.1075q_0 & \text{si } 0.0170 \leq q_0 < 0.0658 \\ 0.3141 & \text{si } q_0 \geq 0.0658 \end{cases}$$

Tabla de Vida

$$a_1 = 0.44, a_2 = 0.47, a_3 = 0.49 \quad \text{y} \quad a_4 = 0.5$$

$${}_n p_x = 1 - {}_n q_x \quad (11)$$

$$l_{x+n} = l_x \times {}_n p_x \quad (12)$$

$${}_n d_x = l_x - l_{x+n} \quad \text{o} \quad {}_n d_x = l_x \times {}_n q_x \quad (13)$$

$${}_n L_x = (n \times l_{x+n}) + ({}_n a_x \times {}_n d_x) \quad (14)$$

$$T_x = \sum_{a=x}^{\omega} {}_n L_a \quad (15)$$

$$e_x^o = T_x / l_x$$

Tabla de Vida

```
require(DemoTools)
```

```
#Example with Mexican data from UN
```

```
nMx <- c(0.11621,0.02268,0.00409,0.00212,0.00295,0.00418,
         0.00509,0.00609, 0.00714,0.00808,0.00971,0.0125,
         0.0175,0.02551, 0.03809,0.05595,0.08098,
         0.15353,0.2557)
```

```
AgeInt <- inferAgeIntAbr(vec = nMx)
```

```
MX.lifetable <- lt_abridged(nMx = nMx,
                          Age = c(0,1,seq(5,85,by=5)),
                          AgeInt = AgeInt,
                          axmethod = "un", Sex = "m", mod = FALSE)
MX.lifetable <- round(MX.lifetable,3)
```

Tabla de Vida

```
require(DemoTools)
```

```
MX.lifetable[,c(1,3,4,6,7,9,11)]
```

##	Age	nMx	nAx	lx	ndx	Sx	ex
## 0	0	0.116	0.3	100000	10746	0.86	52.5
## 1	1	0.023	1.4	89254	7638	0.94	57.8
## 5	5	0.004	2.5	81616	1652	0.98	59.1
## 10	10	0.002	2.5	79964	843	0.99	55.3
## 15	15	0.003	2.6	79121	1159	0.98	50.9
## 20	20	0.004	2.6	77962	1613	0.98	46.6
## 25	25	0.005	2.6	76348	1919	0.97	42.5
## 30	30	0.006	2.6	74429	2233	0.97	38.5
## 35	35	0.007	2.5	72196	2533	0.96	34.6
## 40	40	0.008	2.5	69663	2760	0.96	30.8
## 45	45	0.010	2.6	66903	3173	0.95	27.0
## 50	50	0.013	2.6	63730	3867	0.93	23.2
## 55	55	0.018	2.6	59863	5028	0.90	19.5
## 60	60	0.026	2.6	54835	6592	0.85	16.1

Gracias!!!

