

# Informe Final: Tablas de Vida de Yucatán 2010, 2019, 2021

De Anda Ruiz Carlos, Ruiz Mora Jeremy Axel

## Table of contents

0.1	<i>Introducción</i>	1
0.2	Diagrama de flujo	3
0.3	Fuentes de datos	4
0.4	Proceso de limpieza	4
0.5	Formulas Utilizadas	5
1	<b>Algoritmos utilizados:</b>	<b>7</b>
1.1	Carga de paquetes	10
1.2	Código para los cálculos	10
1.3	<i>Análisis</i>	28
1.3.1	1. Evolución General de la Esperanza de Vida	28
1.3.2	2. Análisis de Descomposición por Edad (Arriaga)	29
1.3.3	3. Impacto de los Homicidios (Causa Eliminada)	29

## 0.1 Introducción

Contexto Demográfico del Estado de Yucatán Yucatán es un estado con una identidad cultural profunda y única en México, fuertemente marcada por su herencia maya y su historia aislada del resto del país hasta bien entrado el siglo XX.

**1. Población Total y Distribución Población Total:** De acuerdo con el Censo 2020 del INEGI, Yucatán tiene una población de 2,320,898 habitantes.

**-Posición Nacional:** Ocupa el lugar 21 a nivel nacional por número de habitantes, lo que lo sitúa en el grupo de estados con una población media.

**-Densidad de Población:** Aproximadamente 58.8 habitantes por km<sup>2</sup>. Esta densidad es media-alta para el estándar mexicano, pero la población está muy concentrada.

## ***2. Distribución: Urbana vs. Rural Yucatán tiene una distribución peculiar:***

-*Población Urbana:* Alrededor del 85% de la población vive en localidades urbanas. Esta es una cifra muy por encima del promedio nacional, indicando un alto grado de urbanización.

-*Población Rural:* Aproximadamente el 15% vive en localidades rurales.

Esta alta urbanización se explica por la concentración en su capital y unas pocas ciudades principales, mientras que el interior del estado está salpicado de numerosas localidades pequeñas (comisarias y haciendas).

***3. Principales Ciudades y Zonas Metropolitanas Mérida:*** La capital del estado es el corazón demográfico, económico y cultural. La Zona Metropolitana de Mérida (que incluye a Kanasín, Umán, Conkal, entre otros municipios) concentra a más de 1.3 millones de personas, es decir, más de la mitad de la población total del estado.

-*Ciudades Medianas:* Otras ciudades importantes, pero de mucho menor tamaño, son:

- Valladolid (Oriente del estado)
- Tizimín (Noreste, importante por su actividad ganadera)
- Progreso (Puerto principal y centro turístico costero)
- Tekax (Sur del estado)

***4. Composición Étnica e Identidad Maya*** Yucatán es el estado con la población de hablantes de lengua indígena más numerosa de México en términos absolutos.

-*Población Indígena (por autoadscripción):* Más del 60% de la población yucateca se considera a sí misma indígena.

-*Hablantes de Lengua Indígena:* Según el Censo 2020, 519,240 personas hablan una lengua indígena, principalmente el maya yucateco. Esto representa aproximadamente el 23% de la población del estado, la proporción más alta entre los estados mexicanos.

-*Bilingüismo:* Existe un alto grado de bilingüismo (maya-español), especialmente entre la población adulta en las zonas rurales y en muchos barrios de Mérida.

***5. Indicadores Sociodemográficos Clave Edad Mediana:*** Es de aproximadamente 31 años, lo que indica una población joven-adulta, aunque en proceso de envejecimiento.

-*Tasa de Fecundidad:* Ha descendido notablemente y se sitúa por debajo del promedio nacional (alrededor de 2.1 hijos por mujer), acercándose a la tasa de reemplazo.

-*Esperanza de Vida:* Alta, ronda los 76 años, similar al promedio nacional.

-*Grado de Marginación:* El CONAPO clasifica a Yucatán como un estado con un grado de marginación medio. Sin embargo, existe una fuerte disparidad: mientras Mérida y las ciudades principales tienen índices muy bajos, muchos municipios del interior y sur del estado (la “zona maicera”) presentan niveles de marginación altos y muy altos.

## ***6. Migración Yucatán tiene un perfil migratorio particular:***

*-Migración Interna:* Es un estado receptor. Atrae población de otros estados del sureste (Campeche, Quintana Roo, Chiapas, Tabasco) que buscan oportunidades de estudio y trabajo en Mérida.

*-Migración Internacional:*

*-Inmigración:* Ha experimentado un crecimiento significativo en la última década, especialmente de estadounidenses, canadienses, colombianos, venezolanos y cubanos que eligen Yucatán para retirarse, trabajar de forma remota o iniciar negocios. También existe una comunidad menonita establecida.

*-Emigración:* Históricamente, la emigración de yucatecos al extranjero (principalmente a EUA) ha sido baja comparada con otros estados del país.

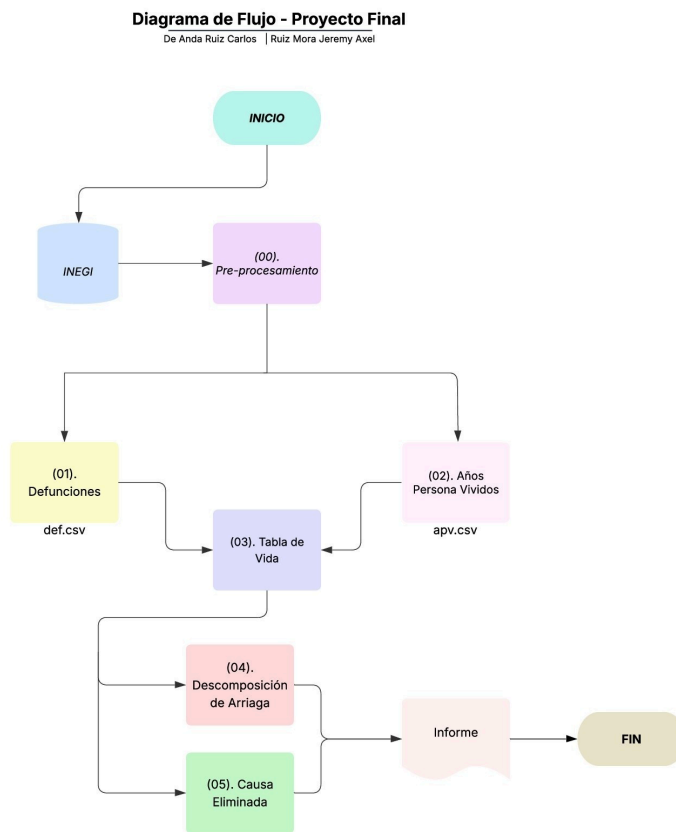
***7. Tendencias y Dinámicas Recientes Metropolización de Mérida:*** El crecimiento de la Zona Metropolitana de Mérida es la tendencia demográfica más importante, atrayendo población e inversión, pero también generando desafíos de movilidad, vivienda y servicios.

*-Envejecimiento Poblacional:* Como el resto de México, Yucatán comienza a transitar hacia una población más envejecida, lo que tendrá implicaciones para los sistemas de salud y pensiones.

*-Presión sobre la Costa:* El desarrollo turístico e inmobiliario en la costa norte (Progreso, Chicxulub, Telchac) está atrayendo nueva población, tanto nacional como extranjera, modificando la dinámica demográfica local.

*-Revitalización de la Cultura Maya:* Hay un movimiento creciente de orgullo y revitalización de la lengua y cultura maya, especialmente entre los jóvenes.

## 0.2 Diagrama de flujo



## 0.3 Fuentes de datos

Censos 2010 y 2020: Obtenidos de [INEGI](#)

Defunciones 1990-2021: Obtenidas de [INEGI](#)

## 0.4 Proceso de limpieza

### *Procesamiento de los Censos de Población (2010 y 2020)*

Se obtuvieron las bases de datos del INEGI correspondientes a los censos de 2010 y 2020, aplicando filtros por edad, sexo, entidad y municipio para el estado de Yucatán. En el script 00\_pre\_process, se cargaron diversas librerías y posteriormente los archivos censales.

La limpieza de la tabla del censo 2010 inició con la eliminación de los encabezados originales. Se realizó una edición de texto en la variable de edad, removiendo términos como “de”, sustituyendo “No” por NA y transformando los valores a numéricos. Asimismo, se eliminaron comas en las cifras poblacionales y se reagruparon las edades de 1 a 4 años en un solo grupo. La tabla se transformó a formato longitudinal mediante la función `melt` y se verificó la suma total de la población para asegurar la integridad de los datos. El mismo procedimiento se aplicó al censo de 2020.

Posteriormente, se unificaron los censos de 2010 y 2020 en un único objeto denominado `censos`. Se procedió a realizar el prorratio de valores perdidos, distribuyendo las observaciones con edad desconocida entre los grupos etarios definidos, considerando año y sexo. Para ello, se calculó la proporción poblacional (`p_pop`) de cada grupo de edad dentro de su año y sexo correspondiente. Luego, se tomó el total de población con edad missing (`na_pop`) y se distribuyó proporcionalmente según `p_pop`, obteniendo así la población ajustada (`pop_adj`). Este resultado se almacenó en `censos_pro`. Se comprobó que las sumas poblacionales antes y después del prorratio coincidieran, garantizando que no hubiera pérdida de datos.

#### *Procesamiento de las Defunciones Generales*

Se descargó el archivo de defunciones registradas del INEGI. Se asignaron nombres a las columnas y se filtraron los datos a partir de 1990. Se estandarizaron los grupos de edad a números enteros, se removieron comas y se convirtieron las variables a numéricas. Se realizó una verificación por año y se imputaron los años no especificados tomando la información de la región (`reg`).

A continuación, se creó una tabla para el prorratio de defunciones, con las sumas de hombres, mujeres y sexo no especificado (`ns`) por año y edad. Se distribuyeron proporcionalmente los valores de `ns` entre hombres y mujeres, obteniendo las variables ajustadas `male_adj` y `female_adj`. Se verificó que el total de defunciones se mantuviera. La tabla se transformó a formato longitudinal con `melt`.

Luego, se realizó un segundo prorratio, esta vez para las edades missing. Se calculó la proporción de cada edad dentro de su año y sexo (`p_deaths`), se tomó el total de defunciones con edad missing (`na_deaths`) y se distribuyó proporcionalmente, obteniendo las defunciones ajustadas (`deaths_adj`). El resultado se guardó en `def_pro`.

#### *Procesamiento de las Defunciones por Homicidio*

Se repitió el mismo proceso de limpieza y prorratio para los datos de defunciones por homicidio del INEGI, guardando el resultado en `def_pro_hom`.

## **0.5 Formulas Utilizadas**

### *Tasa Específica de Mortalidad*

$${}_n m_x = \frac{{}_n D_x}{{}_n N_x}$$

donde:

${}_n m_x$ : Tasa de mortalidad entre las edades  $x$  y  $x + n$

${}_n D_x$ : Defunciones entre las edades  $x$  y  $x + n$

${}_n N_x$ : Población entre las edades  $x$  y  $x + n$

*Suavizamiento por Media Móvil (3 años)*

$${}_n D_x^s = \frac{{}_n D_x^{(y-1)} + {}_n D_x^{(y)} + {}_n D_x^{(y+1)}}{3}$$

donde:

${}_n D_x^s$ : Defunciones suavizadas para el año  $y$

${}_n D_x^{(y-1)}$ ,  ${}_n D_x^{(y)}$ ,  ${}_n D_x^{(y+1)}$ : Defunciones en los años  $y - 1$ ,  $y$ ,  $y + 1$

*Crecimiento Exponencial*

Se utilizó el método de crecimiento exponencial para interpolar la población entre censos. La fórmula utilizada es:

$$N(t) = N_0 \cdot e^{r \cdot (t-t_0)}$$

donde:

- $N(t)$ : Población en el tiempo  $t$
- $N_0$ : Población inicial
- $r$ : Tasa de crecimiento
- $t_0$ : Tiempo inicial

*Probabilidad de Supervivencia*

$${}_n p_x = 1 - {}_n q_x$$

donde:

${}_n p_x$ : Probabilidad de sobrevivir entre las edades  $x$  y  $x + n$

*Tabla de Vida - Probabilidad de Muerte*

$$q_x = \frac{n \cdot m_x}{1 + (n - a_x) \cdot m_x}$$

*Esperanza de Vida*

$$e_x = \frac{T_x}{l_x}$$

*Descomposición de Arriaga*

$$\Delta e_0 = \sum \left[ \frac{l_x^A}{l_0^A} \left( \frac{L_x^B}{l_x^B} - \frac{L_x^A}{l_x^A} \right) + \frac{T_{x+1}^B}{l_0^B} \left( \frac{l_x^A}{l_x^B} - \frac{l_{x+1}^A}{l_{x+1}^B} \right) \right]$$

*Cálculo de Sobrevivientes*

$$l_{x+n} = l_x \cdot {}_n p_x$$

donde:

- $l_{x+n}$ : Número de sobrevivientes a la edad  $x + n$
- $l_x$ : Número de sobrevivientes a la edad  $x$
- ${}_n p_x$ : Probabilidad de supervivencia entre  $x$  y  $x + n$

*Cálculo de Defunciones entre Edades*

$${}_n d_x = l_x - l_{x+n}$$

o alternativamente:

$${}_n d_x = l_x \cdot {}_n q_x$$

donde:

${}_n d_x$ : Defunciones ocurridas entre las edades  $x$  y  $x + n$

${}_n q_x$ : Probabilidad de morir entre  $x$  y  $x + n$

*Años-Persona Vividos entre Edades*

$${}_n L_x = (n \cdot l_{x+n}) + ({}_n a_x \cdot {}_n d_x)$$

Para el último grupo de edad:

$${}_{\infty}L_{x^*} = \frac{l_{x^*}}{{}_{\infty}m_{x^*}}$$

*Años-Persona por Vivir*

$$T_x = \sum_{a=x}^{\omega} {}_nL_a$$

*Esperanza de Vida*

$$e_x = \frac{T_x}{l_x}$$

## 1 Algoritmos utilizados:

```
lt_abr <- function(x, mx, sex="f", IMR=NA){  
  
  m <- length(x)  
  n <- c(diff(x), NA)  
  
  ax <- n/2  
  
  # Pag. 4 notas de clase - cuadro  
  
  ## Coale y Demeny edades 0 a 1  
  
  if(sex=="m"){  
    if(mx[1]>=0.107){ ax[1] <- 0.330 }else{  
      ax[1] <- 0.045+2.684*mx[1]  
    }  
  } else if(sex=="f"){  
    if(mx[1]>=0.107){ ax[1] <- 0.350 }else{  
      ax[1] <- 0.053+2.800*mx[1]  
    }  
  }  
}  
  
## Coale y Demeny edades 1 a 4  
if(sex=="m"){  
  if(mx[1]>=0.107){ ax[2] <- 1.352 }else{  
    ax[2] <- 1.651-2.816*mx[1]  
  }  
} else if(sex=="f"){
```



```

    if(mx[1]>=0.107){ ax[2] <- 1.361 }else{
      ax[2] <- 1.522-1.518*mx[1]
    }
  }

  # Probabilidad de muerte
  qx <- (n*mx)/(1+(n-ax)*mx)
  qx[m] <- 1

  # Proba de sobrevivir
  px <- 1-qx

  # l_x
  lx <- 100000 * cumprod(c(1,px[-m]))

  # Defunciones
  dx <- c(-diff(lx), lx[m])

  # Años persona vividos
  Lx <- n* c(lx[-1], 0) + ax*dx
  Lx[m] <- lx[m]/mx[m]

  # Años persona vividos acumulados

  Tx <- rev(cumsum(rev(Lx)))

  # Esperanza de vida
  ex <- Tx/lx

  return(data.table(x, n, mx, ax, qx, px, lx, dx, Lx, Tx, ex))
}

# Uso la función lt_abr
# lt_abr(x, mx)

# 3. Crecimiento exponencial ----

expo <- function(N_0, N_T, t_0, t_T, t){

  dt <- decimal_date(as.Date(t_T)) - decimal_date(as.Date(t_0))
  r <- log(N_T/N_0)/dt

```

```

h <- t - decimal_date(as.Date(t_0))
N_h <- N_0 * exp(r*h)

return(N_h)
}

# Descomposición, formula de Arriaga ----
arriaga_decomp <- function(data, y1, y2, sex_filter){

  # Fórmula para los grupos de edad
  suppressWarnings({
    dt_calc[, delta := (lx1 / l0_1) * ( (Lx2/lx2) - (Lx1/lx1) ) +
      (Tx2_next / l0_1) * ( (lx1/lx2) - (lx1_next/lx2_next) ) ]

    # Último grupo de edad
    n <- nrow(dt_calc)
    dt_calc[n, delta := (lx1 / l0_1) * ( (Tx2/lx2) - (Tx1/lx1) )]]}
}

```

## 1.1 Carga de paquetes

Los paquetes que fueron utilizados fueron los siguientes:

```

#Carga de paquetes y funciones ----
library(MortalityLaws)
library(data.table)
library(dplyr)
library(tidyr)
library(kableExtra)
library(readxl)
library(reshape2)
library(lubridate)
library(ggplot2)
library(knitr)
source("C:/Users/Charlitos/OneDrive/Documentos/FAC CIENCIAS/Demo/Demo_Final_Proj/script/func:

```

## 1.2 Código para los cálculos

*Cálculo de APV:*

Se calcula la población a mitad de año (APV) para 2010, 2019 y 2021 usando interpolación exponencial entre los censos de 2010 y 2020.

```
#Carga de tabla de datos ----
censos_pro <- fread("C:/Users/Charlitos/OneDrive/Documentos/FAC CIENCIAS/Demo/Demo_Final_Proj/datos/censos_pro.csv")

# Cálculo de años persona vividos (población a mitad de año) 2010----
N <- expo(censos_pro[year==2010] %>% .$pop,
          censos_pro[year==2020] %>% .$pop,
          t_0 = "2010-06-25", t_T = "2020-03-15", t = 2010.5)

apv2010 <- censos_pro[year==2010, .(age, sex, N)]
apv2010[, year:= 2010]

# Cálculo de años persona vividos (población a mitad de año) 2019 ----
N <- expo(censos_pro[year==2010] %>% .$pop,
          censos_pro[year==2020] %>% .$pop,
          t_0 = "2010-06-25", t_T = "2020-03-15", t = 2019.5)
apv2019 <- censos_pro[year==2020, .(age, sex, N)]
apv2019[, year:= 2019]

# Cálculo de años persona vividos (población a mitad de año) 2021----
N <- expo(censos_pro[year==2010] %>% .$pop,
          censos_pro[year==2020] %>% .$pop,
          t_0 = "2010-06-25", t_T = "2020-03-15", t = 2021.5)

apv2021 <- censos_pro[year==2020, .(age, sex, N)]
apv2021[, year:= 2021]
```

### ***Defunciones:***

Se promedian las defunciones de 2009-2011 para 2010, 2018-2019 para 2019 y se usan las de 2021 para 2021.

```
## Carga de tablas de datos ----
def_pro <- fread("C:/Users/Charlitos/OneDrive/Documentos/FAC CIENCIAS/Demo/Demo_Final_Proj/datos/defunciones_pro.csv")
def_pro[, year := ifelse(year %in% c(2009, 2010, 2011, 2018, 2019, 2021),
                        year, 2010)]

## calculo del promedio para el ano de referencia
def_pro[, year_new := ifelse(year %in% 2009:2011,
                             2010,
                             ifelse(year %in% 2018:2019,
                                     2019,
                                     2021))]
```

```

                                year ) ) ]

# datos preparados de defunciones
def <-
  def_pro[ ,
    .( deaths = mean( deaths ) ),
    .( year = year_new, sex, age ) ]

```

### ***Tablas de vida:***

Se unen las defunciones con los APV y se calcula la tasa de mortalidad *mx*

```

# Carga de tablas de datos ----

library(data.table)  # <-- ESTA FALTA
library(dplyr)
library(kableExtra)
## Carga de tablas de datos ----
def <- fread("C:/Users/Charlitos/OneDrive/Documentos/FAC CIENCIAS/Demo/Demo_Final_Proj/data/
apv <- fread("C:/Users/Charlitos/OneDrive/Documentos/FAC CIENCIAS/Demo/Demo_Final_Proj/data/

# Unión de tablas de Años Persona Vividos y Defunciones ----
lt_input <- setDT(left_join(apv, def, by = c("year", "sex", "age")))

# Cálculo de mx ----
lt_input[ , mx := deaths/N]
lt_input[ , sex := if_else(sex=="male", "m", "f")]

# Tablas de mortalidad
lt_output <- data.table()

for( s in c( 'm', 'f' ) ){
  for( y in unique( lt_input$year ) ){

    temp_dt <- lt_input[ sex == s & year == y ]

    temp_lt <-
      lt_abr(x = temp_dt$age,
            mx = temp_dt$mx,
            sex = s) %>%
      setDT %>%
      .[ , year := y ] %>%

```

```

      .[, sex := s ]

lt_output <-
  rbind(
    lt_output,
    temp_lt[, .( lt_desc = 'LT VR/Census, MEX',
                  year = y,
                  sex,
                  age = x,
                  mx = round( mx, 6 ),
                  qx = round( qx, 6 ),
                  ax = round( ax, 2 ),
                  lx = round( lx, 0 ),
                  dx = round( dx, 0 ),
                  Lx = round( Lx, 0 ),
                  Tx = round( Tx, 0 ),
                  ex = round( ex, 2 )) ]
  )
}

}

## Esperanzas de vida al nacer ----
# 1. Tabla de Esperanza de Vida al Nacer (e0)
library(data.table)
library(dplyr)
library(kableExtra)

# Convertir a data.table si no lo es
lt_output[age == 0] %>%
  as.data.table() %>% # Convertir a data.table
  dcast(year ~ sex, value.var = "ex") %>%
  kbl(
    caption = "Esperanza de vida al nacer ($e_0$)",
    col.names = c("Año", "Mujeres", "Hombres"),
    digits = 2,
    align = "c",
    booktabs = TRUE,
    escape = FALSE
  ) %>%
  kable_styling(

```

```

    latex_options = c("striped", "hold_position"),
    full_width = FALSE,
    position = "center"
) %>%
add_header_above(c(" " = 1, "Sexo" = 2))

```

Table 1: Esperanza de vida al nacer ( $e_0$ )

Año	Sexo	
	Mujeres	Hombres
2010	69.60	64.40
2019	70.39	64.93
2021	67.33	60.72

```

## Mortalidad infantil ----
lt_output[ age == 0 ] %>%
  dcast( year ~ sex, value.var = 'qx' ) %>%
  kbl(
    caption = "Mortalidad Infantil ($q_0$)",
    col.names = c("Año", "Mujeres", "Hombres"),
    digits = 5, # Usamos 5 decimales porque qx es una probabilidad pequeña
    align = "c",
    booktabs = TRUE,
    escape = FALSE
  ) %>%
  kable_styling(
    latex_options = c("striped", "hold_position"),
    full_width = FALSE,
    position = "center"
  ) %>%
  add_header_above(c(" " = 1, "Sexo" = 2))

```

#### *Descomposicion de Arriaga:*

Esta técnica nos permite desglosar por qué cambió la esperanza de vida en Yucatán entre dos momentos

```

# Aplicar descomposición por sexo y períodos
descomposicion_resultados <- list()

```

Table 2: Mortalidad Infantil ( $q_0$ )

Año	Sexo	
	Mujeres	Hombres
2010	0.02251	0.02642
2019	0.02006	0.02284
2021	0.01608	0.01880

```
# Período 2010-2019
for (sexo in c("m", "f")) {
  lt_2010 <- lt_output[year == 2010 & sex == sexo]
  lt_2019 <- lt_output[year == 2019 & sex == sexo]

  descomp <- descomposicion_arriaga(lt_2010, lt_2019)
  descomp$tabla_contribuciones[, `:=`(
    sexo = sexo,
    periodo = "2010-2019"
  )]
  descomposicion_resultados[[paste0("2010_2019_", sexo)]] <- descomp
}

# Período 2019-2021
for (sexo in c("m", "f")) {
  lt_2019 <- lt_output[year == 2019 & sex == sexo]
  lt_2021 <- lt_output[year == 2021 & sex == sexo]

  descomp <- descomposicion_arriaga(lt_2019, lt_2021)
  descomp$tabla_contribuciones[, `:=`(
    sexo = sexo,
    periodo = "2019-2021"
  )]
  descomposicion_resultados[[paste0("2019_2021_", sexo)]] <- descomp
}

# Consolidar resultados
tabla_descomposicion <- rbindlist(
  lapply(descomposicion_resultados, function(x) x$tabla_contribuciones)
)
```

*Causa Eliminada*

Eliminamos los homicidios de las causas de muerte para ver como se ven afectados los números

```
# Carga de datos ----

def_homicidios <- fread("C:/Users/Charlitos/OneDrive/Documentos/FAC CIENCIAS/Demo/Demo_Final_
def_totales <- fread("C:/Users/Charlitos/OneDrive/Documentos/FAC CIENCIAS/Demo/Demo_Final_Pr
apv <- fread("C:/Users/Charlitos/OneDrive/Documentos/FAC CIENCIAS/Demo/Demo_Final_Proj/data/
lt_output <- fread("C:/Users/Charlitos/OneDrive/Documentos/FAC CIENCIAS/Demo/Demo_Final_Proj

# Verificar y corregir estructura de datos ----
cat("Estructura de lt_output:\n")
print(names(lt_output))
cat("\n")

# Si lt_output tiene columna 'x' en lugar de 'age', renombrar
if ("x" %in% names(lt_output) & !"age" %in% names(lt_output)) {
  lt_output[, age := x]
  lt_output[, x := NULL]
}

# Procesamiento para causa eliminada ----

## Filtrar años de interés para homicidios ----
def_homicidios <- def_homicidios[year %in% c(2009, 2010, 2011, 2018, 2019, 2021)]

## Crear años de referencia (igual que en el procesamiento original) ----
def_homicidios[, year_new := ifelse(year %in% 2009:2011, 2010,
                                   ifelse(year %in% 2018:2019, 2019, 2021))]

## Promediar homicidios por año de referencia ----
homicidios_promedio <- def_homicidios[, .(deaths_homicidios = mean(deaths)),
                                       by = .(year = year_new, sex, age)]

## Unir homicidios con defunciones totales ----
def_completa <- merge(def_totales, homicidios_promedio,
                      by = c("year", "sex", "age"),
                      all.x = TRUE)

## Si no hay datos de homicidios para alguna observación, asumir 0 ----
def_completa[is.na(deaths_homicidios), deaths_homicidios := 0]

## Calcular defunciones por otras causas (excluyendo homicidios) ----
```



```

def_completa[, deaths_otras := deaths - deaths_homicidios]

## Calcular proporción de homicidios ----
def_completa[, prop_homicidios := deaths_homicidios / deaths]
def_completa[is.infinite(prop_homicidios) | is.na(prop_homicidios), prop_homicidios := 0]

# Unir con población para calcular tasas ----

## Unir defunciones completas con población ----
lt_input_homicidios <- merge(apv, def_completa, by = c("year", "sex", "age"), all.x = TRUE)

## Calcular tasas de mortalidad ----
# mx totales (todas las causas)
lt_input_homicidios[, mx_todas_causas := deaths / N]

# mx sin homicidios
lt_input_homicidios[, mx_sin_homicidios := deaths_otras / N]

# Asegurar que no hay valores negativos
lt_input_homicidios[mx_sin_homicidios < 0, mx_sin_homicidios := 0]

# Convertir sexo a formato corto
lt_input_homicidios[, sex := ifelse(sex == "male", "m", "f")]

# Construcción de tablas de vida sin homicidios ----

lt_sin_homicidios <- data.table()

for (s in c('m', 'f')) {
  for (y in c(2010, 2019, 2021)) {

    cat("Procesando:", s, "-", y, "\n")

    # Filtrar datos para el sexo y año
    temp_dt <- lt_input_homicidios[sex == s & year == y]

    # Construir tabla de vida sin homicidios
    temp_lt <- lt_abr(
      x = temp_dt$age,
      mx = temp_dt$mx_sin_homicidios,
      sex = s
    )
  }
}

```

```

# Convertir a data.table y agregar columnas
temp_lt <- as.data.table(temp_lt)
temp_lt[, year := y]
temp_lt[, sex := s]
temp_lt[, causa := "sin_homicidios"]

# Renombrar columna 'x' a 'age' para consistencia
if ("x" %in% names(temp_lt)) {
  temp_lt[, age := x]
  temp_lt[, x := NULL]
}

lt_sin_homicidios <- rbind(lt_sin_homicidios, temp_lt, fill = TRUE)
}
}

# Preparar datos para comparación ----

## Agregar identificador de causa a las tablas originales ----
lt_output[, causa := "todas_causas"]

## Verificar columnas disponibles ----
cat("Columnas en lt_output:", names(lt_output), "\n")
cat("Columnas en lt_sin_homicidios:", names(lt_sin_homicidios), "\n")

## Seleccionar columnas comunes para comparación ----
columnas_comunes <- intersect(names(lt_output), names(lt_sin_homicidios))
columnas_comunes <- columnas_comunes[columnas_comunes %in%
  c("year", "sex", "age", "mx", "qx", "lx", "dx", "Lx",

cat("Columnas comunes para comparación:", columnas_comunes, "\n")

## Combinar tablas ----
lt_comparacion <- rbind(
  lt_output[, ..columnas_comunes],
  lt_sin_homicidios[, ..columnas_comunes],
  fill = TRUE
)

# Análisis de resultados ----

## Esperanza de vida al nacer comparativa ----

```

```
e0_comparacion <- lt_comparacion[age == 0, .(year, sex, ex, causa)]

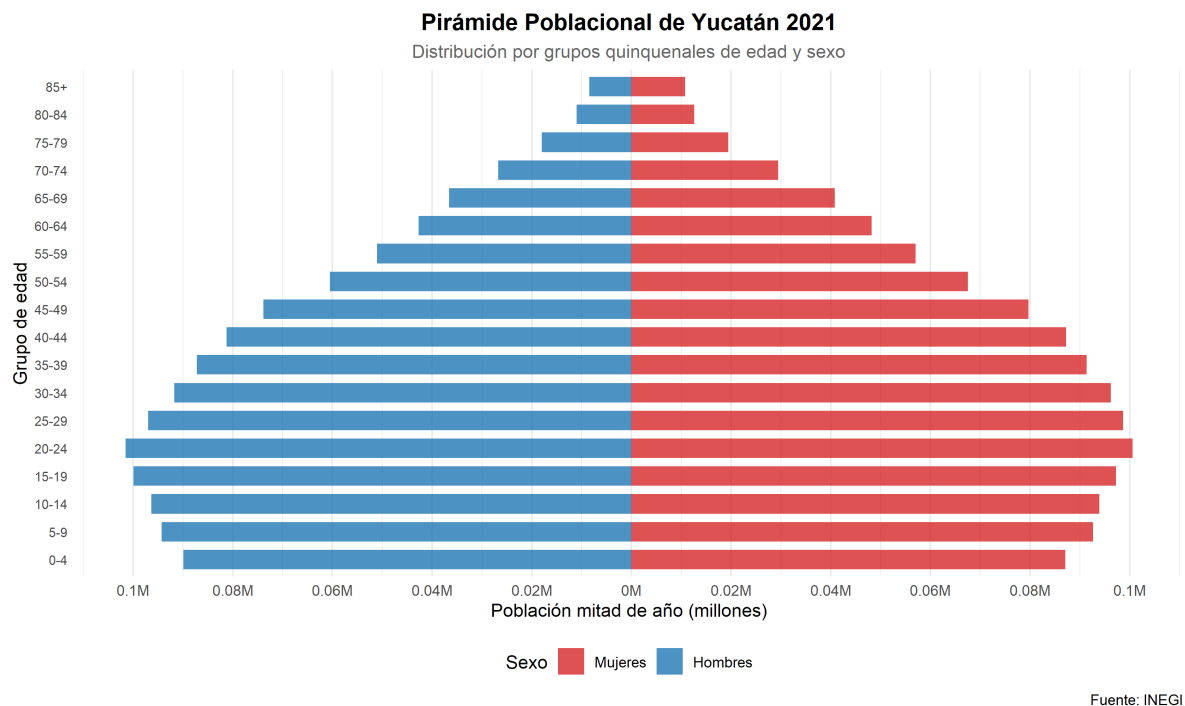
## Diferencia en esperanza de vida debido a homicidios ----
e0_todas <- e0_comparacion[causa == "todas_causas", .(year, sex, ex_todas = ex)]
e0_sin <- e0_comparacion[causa == "sin_homicidios", .(year, sex, ex_sin = ex)]

e0_dif <- merge(e0_todas, e0_sin, by = c("year", "sex"))
e0_dif[, dif_homicidios := ex_sin - ex_todas] # Cambio aquí: ex_sin - ex_todas

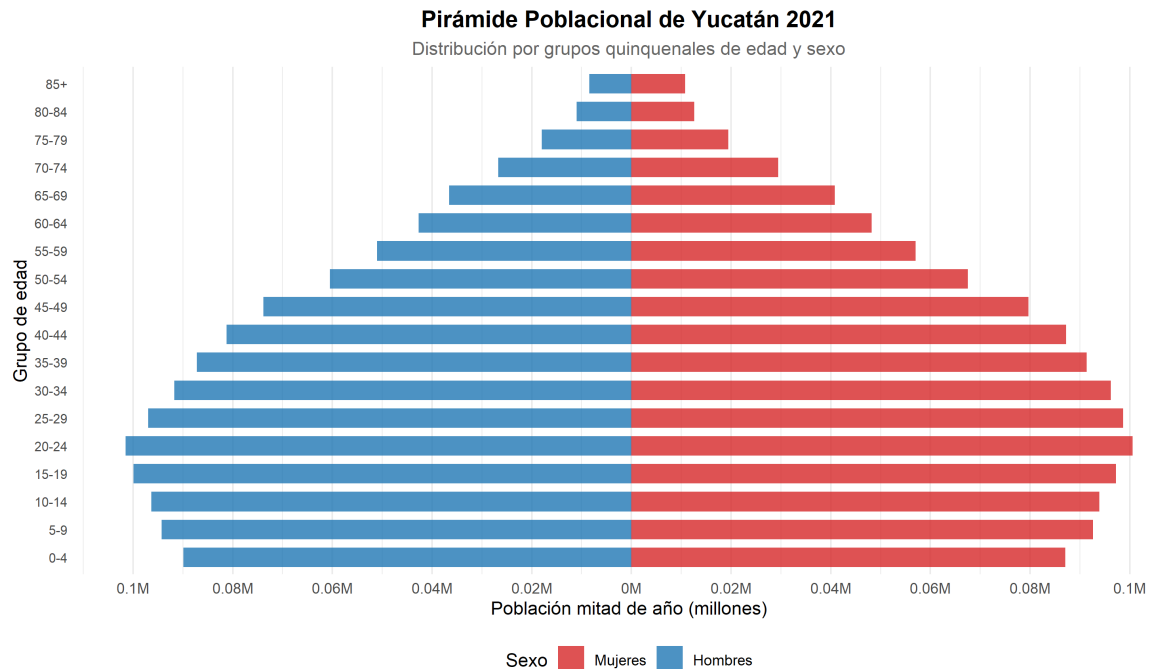
cat("Diferencia en esperanza de vida debido a homicidios:\n")
print(e0_dif)
```

## Graficas

### Grafica de APV 2010

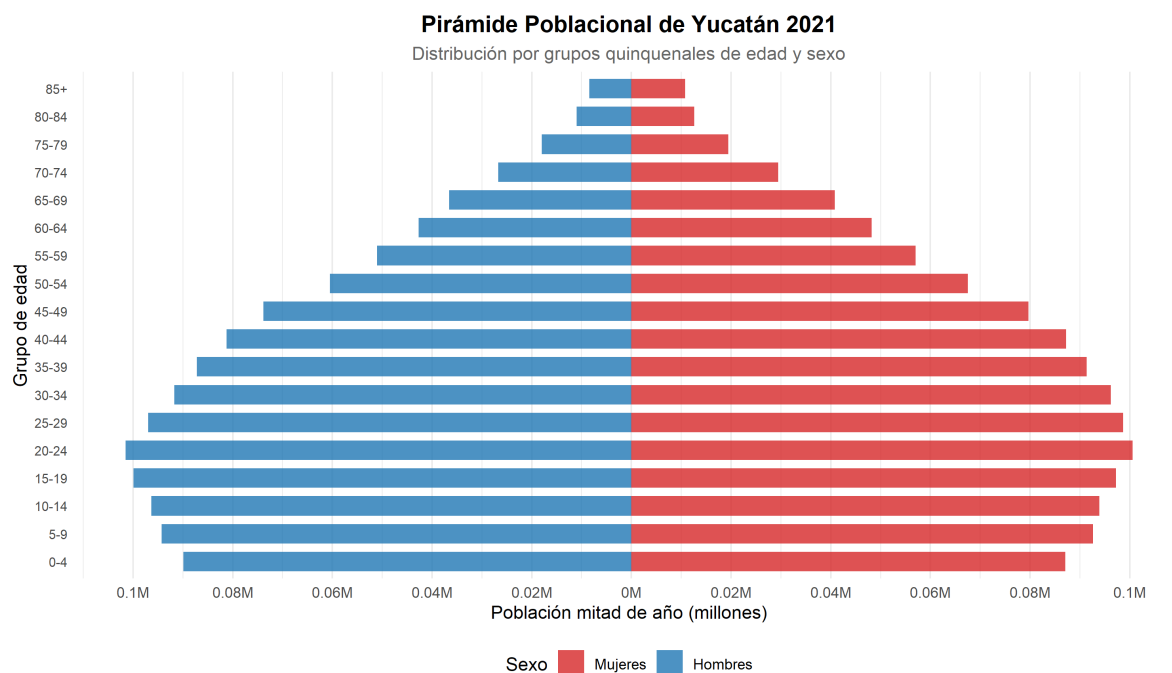


### Grafica de APV 2019



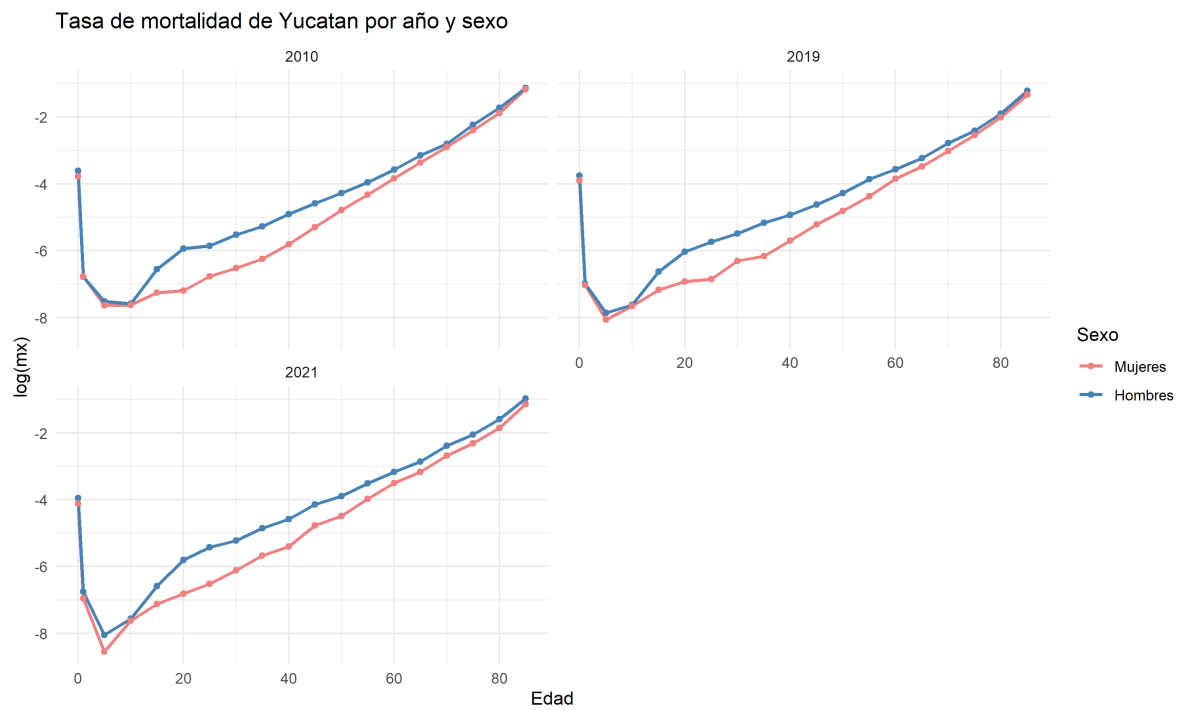
Fuente: INEGI

### Grafica de APV 2021

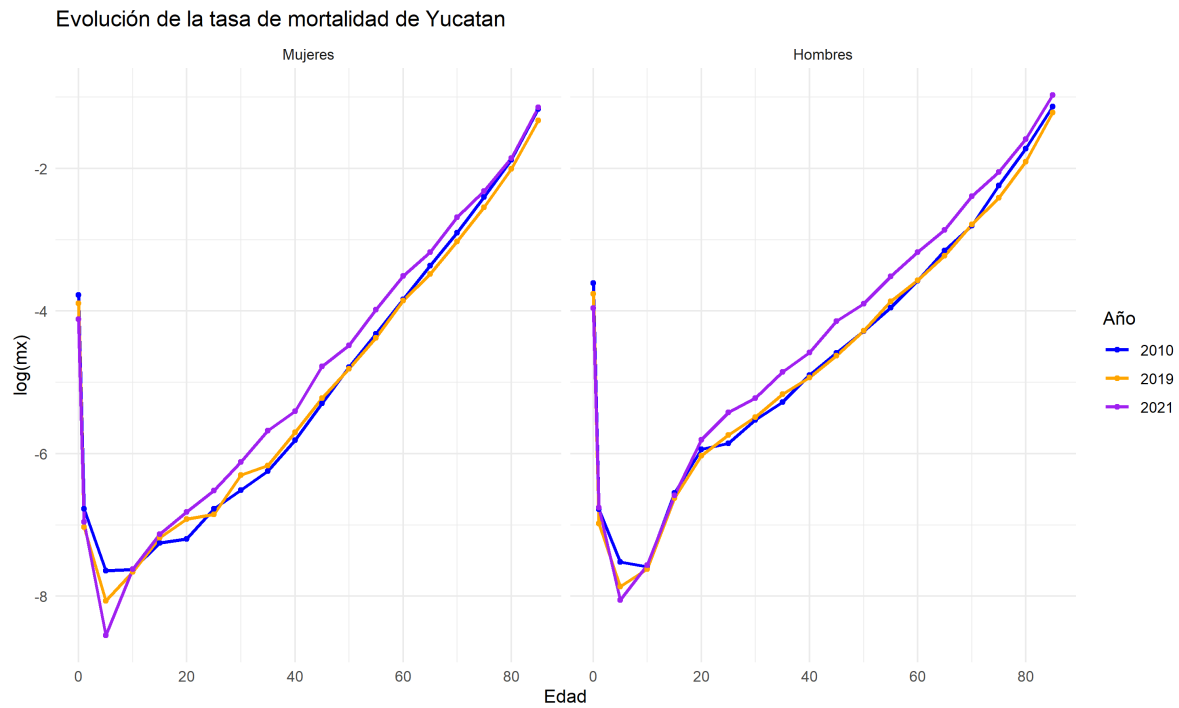


Fuente: INEGI

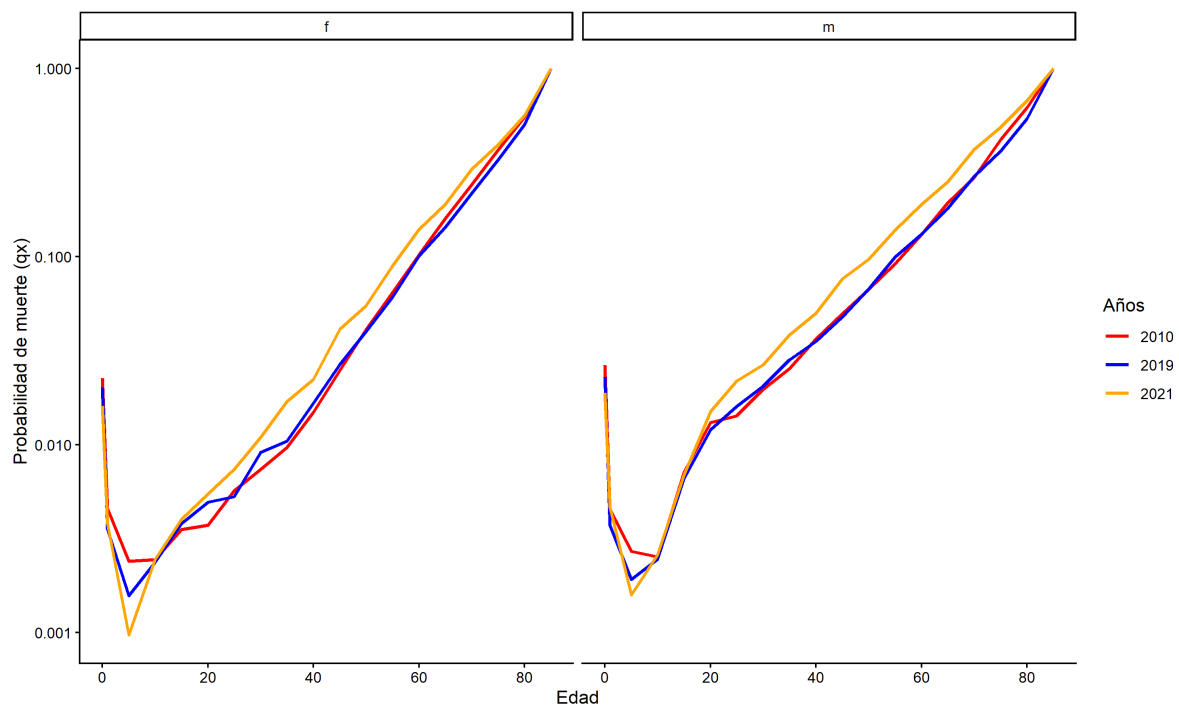
### Grafica de tasa de mortalidad por año y sexo



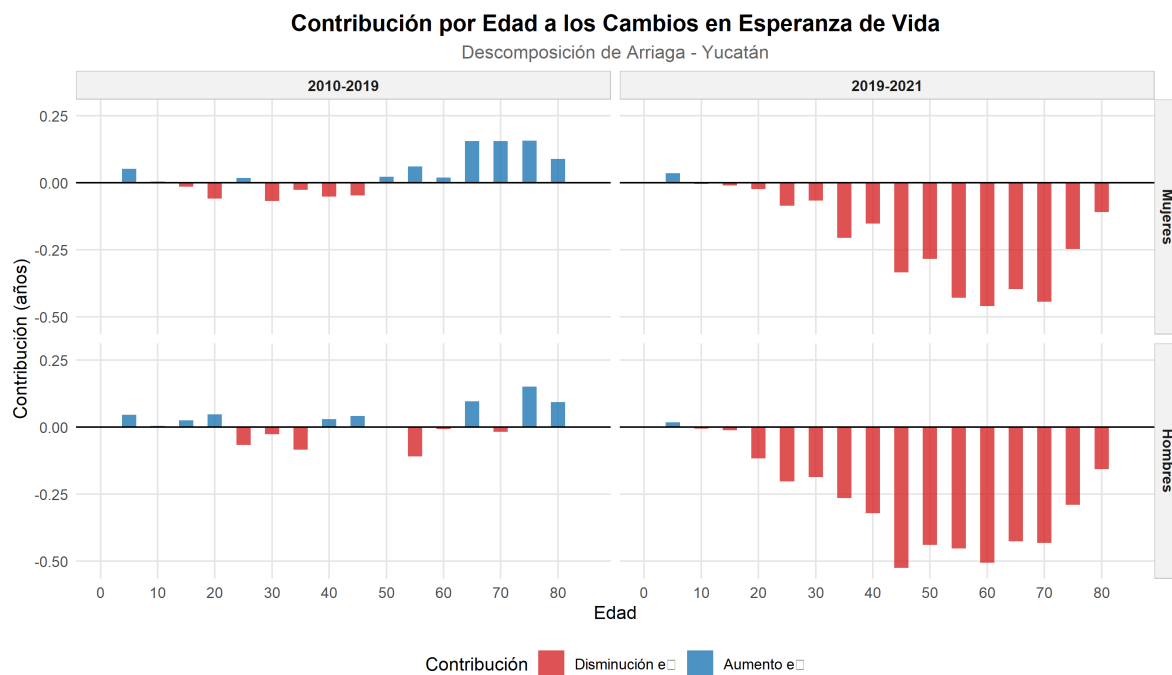
### Grafica evolucion de tasa de mortaliadad



Grafica de  $q_x$  por año y sexo



*Grafica de la descomposicion de Arriaga*

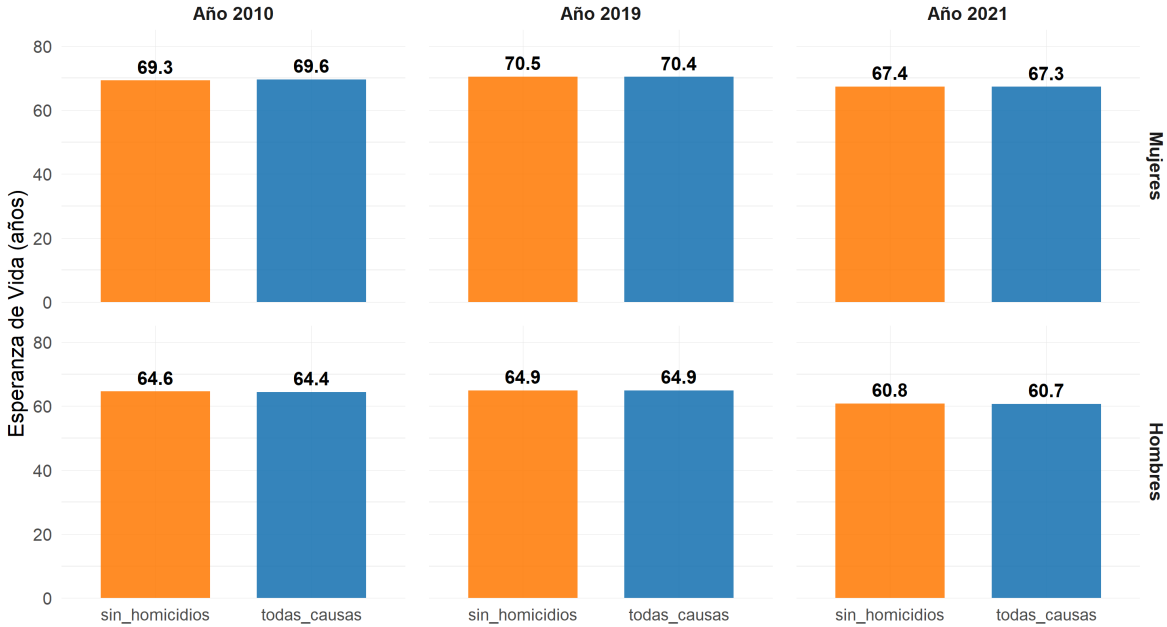


Fuente: Elaboración propia con datos INEGI

*Causa Eliminada*

# ESPERANZA DE VIDA: IMPACTO DE HOMICIDIOS

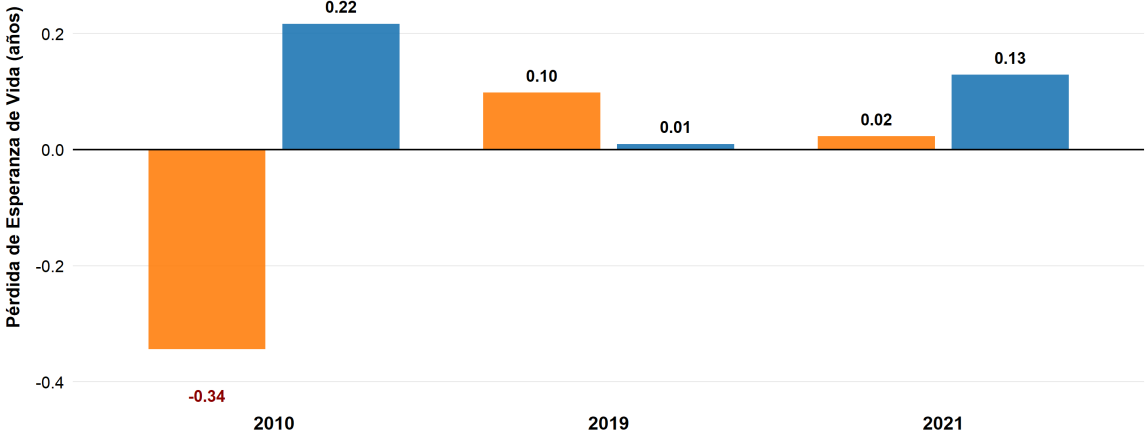
Yucatán - Análisis por año y sexo



## Pérdida de Esperanza de Vida por Homicidios

Yucatán 2010, 2019, 2021

Hombres Mujeres

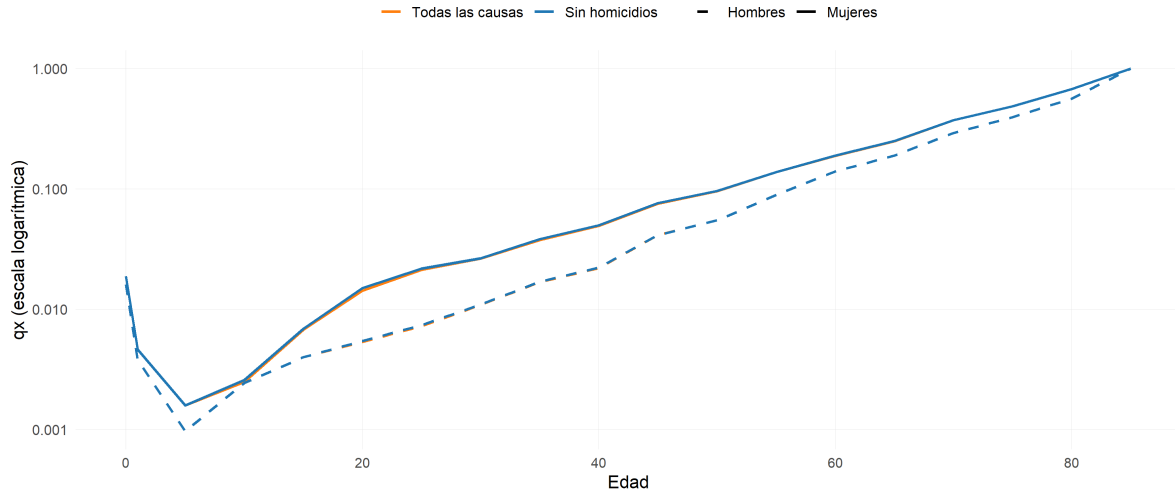


Fuente: Elaboración propia con datos INEGI



## PROBABILIDADES DE MUERTE: IMPACTO DE HOMICIDIOS

Yucatán 2021 - Escala logarítmica



Fuente: Elaboración propia con datos INEGI

## Tabla de mortalidad

```
lt_output <- fread("C:/Users/Charlitos/OneDrive/Documentos/FAC CIENCIAS/Demo/Demo_Final_Proj
lt_output <- data.table()

for( s in c( 'm', 'f' ) ){
  for( y in unique( lt_input$year ) ){

    temp_dt <- lt_input[ sex == s & year == y ]

    temp_lt <-
      lt_abr(x = temp_dt$age,
            mx = temp_dt$mx,
            sex = s) %>%
      setDT %>%
      .[, year := y ] %>%
      .[, sex := s ]

    lt_output <-
      rbind(
        lt_output,
        temp_lt[, .( lt_desc = 'LT VR/Census, MEX',
                    year = y,
                    sex,
                    age = x,
```

```

      "$m_x$" = round( mx, 6 ),
      "$q_x$" = round( qx, 6 ),
      "$a_x$" = round( ax, 2 ),
      "$l_x$" = round( lx, 0 ),
      "$d_x$" = round( dx, 0 ),
      "$L_x$" = round( Lx, 0 ),
      "$T_x$" = round( Tx, 0 ),
      "$e_x$" = round( ex, 2 )) ]
    )
  }
}

knitr::kable(lt_output[,-1], caption = "Tabla de mortalidad 2010, 2019, 2021")

```

Table 3: Tabla de mortalidad 2010, 2019, 2021

year	sex	age	$m_x$	$q_x$	$a_x$	$l_x$	$d_x$	$L_x$	$T_x$	$e_x$
2010	m	0	0.027048	0.026417	0.12	100000	2642	97669	6440382	64.40
2010	m	1	0.001135	0.004529	1.57	97358	441	388364	6342713	65.15
2010	m	5	0.000542	0.002707	2.50	96917	262	483931	5954349	61.44
2010	m	10	0.000507	0.002534	2.50	96655	245	482663	5470418	56.60
2010	m	15	0.001430	0.007123	2.50	96410	687	480334	4987755	51.73
2010	m	20	0.002633	0.013081	2.50	95723	1252	475487	4507422	47.09
2010	m	25	0.002869	0.014242	2.50	94471	1345	468992	4031935	42.68
2010	m	30	0.003976	0.019683	2.50	93126	1833	461046	3562943	38.26
2010	m	35	0.005121	0.025280	2.50	91293	2308	450694	3101896	33.98
2010	m	40	0.007442	0.036531	2.50	88985	3251	436797	2651202	29.79
2010	m	45	0.010200	0.049734	2.50	85734	4264	418011	2214405	25.83
2010	m	50	0.013854	0.066953	2.50	81470	5455	393715	1796394	22.05
2010	m	55	0.019183	0.091527	2.50	76016	6957	362684	1402679	18.45
2010	m	60	0.028023	0.130940	2.50	69058	9042	322685	1039995	15.06
2010	m	65	0.042881	0.193644	2.50	60016	11622	271024	717310	11.95
2010	m	70	0.060859	0.264112	2.50	48394	12781	210016	446286	9.22
2010	m	75	0.106586	0.420801	2.50	35613	14986	140598	236270	6.63
2010	m	80	0.178938	0.618158	2.50	20627	12751	71257	95672	4.64
2010	m	85	0.322600	1.000000	NA	7876	7876	24415	24415	3.10
2019	m	0	0.023311	0.022836	0.11	100000	2284	97962	6492687	64.93
2019	m	1	0.000929	0.003709	1.59	97716	362	389991	6394725	65.44
2019	m	5	0.000383	0.001915	2.50	97354	186	486304	6004734	61.68

year	sex	age	$m_x$	$q_x$	$a_x$	$l_x$	$d_x$	$L_x$	$T_x$	$e_x$
2019	m	10	0.000491	0.002451	2.50	97168	238	485242	5518431	56.79
2019	m	15	0.001329	0.006621	2.50	96929	642	483042	5033188	51.93
2019	m	20	0.002411	0.011983	2.50	96288	1154	478554	4550146	47.26
2019	m	25	0.003223	0.015986	2.50	95134	1521	471867	4071592	42.80
2019	m	30	0.004134	0.020458	2.50	93613	1915	463277	3599725	38.45
2019	m	35	0.005703	0.028113	2.50	91698	2578	452044	3136449	34.20
2019	m	40	0.007204	0.035382	2.50	89120	3153	437717	2684404	30.12
2019	m	45	0.009797	0.047814	2.50	85967	4110	419557	2246688	26.13
2019	m	50	0.013881	0.067080	2.50	81856	5491	395554	1827130	22.32
2019	m	55	0.020955	0.099561	2.50	76365	7603	362819	1431576	18.75
2019	m	60	0.028199	0.131709	2.50	68762	9057	321170	1068757	15.54
2019	m	65	0.039692	0.180543	2.50	59706	10779	271580	747587	12.52
2019	m	70	0.061885	0.267969	2.50	48926	13111	211854	476007	9.73
2019	m	75	0.089522	0.365754	2.50	35816	13100	146329	264153	7.38
2019	m	80	0.148757	0.542161	2.50	22716	12316	82790	117824	5.19
2019	m	85	0.296861	1.000000	NA	10400	10400	35034	35034	3.37
2021	m	0	0.019123	0.018798	0.10	100000	1880	98301	6072202	60.72
2021	m	1	0.001163	0.004640	1.60	98120	455	391387	5973901	60.88
2021	m	5	0.000318	0.001590	2.50	97665	155	487936	5582514	57.16
2021	m	10	0.000519	0.002592	2.50	97510	253	486916	5094578	52.25
2021	m	15	0.001382	0.006885	2.50	97257	670	484610	4607662	47.38
2021	m	20	0.003016	0.014969	2.50	96587	1446	479322	4123052	42.69
2021	m	25	0.004413	0.021824	2.50	95141	2076	470516	3643730	38.30
2021	m	30	0.005389	0.026585	2.50	93065	2474	459140	3173214	34.10
2021	m	35	0.007802	0.038262	2.50	90591	3466	444289	2714074	29.96
2021	m	40	0.010239	0.049917	2.50	87125	4349	424751	2269784	26.05
2021	m	45	0.015867	0.076309	2.50	82776	6317	398087	1845033	22.29
2021	m	50	0.020296	0.096580	2.50	76459	7384	363835	1446945	18.92
2021	m	55	0.029715	0.138301	2.50	69075	9553	321491	1083110	15.68
2021	m	60	0.041911	0.189679	2.50	59522	11290	269384	761619	12.80
2021	m	65	0.057178	0.250133	2.50	48232	12064	210998	492236	10.21
2021	m	70	0.091675	0.372909	2.50	36167	13487	147119	281238	7.78
2021	m	75	0.128976	0.487644	2.50	22680	11060	85751	134119	5.91
2021	m	80	0.204435	0.676451	2.50	11620	7861	38450	48368	4.16
2021	m	85	0.379103	1.000000	NA	3760	3760	9918	9918	2.64
2010	f	0	0.022964	0.022508	0.12	100000	2251	98013	6959631	69.60
2010	f	1	0.001143	0.004559	1.49	97749	446	389877	6861618	70.20
2010	f	5	0.000481	0.002401	2.50	97304	234	485934	6471741	66.51
2010	f	10	0.000488	0.002438	2.50	97070	237	484758	5985807	61.66
2010	f	15	0.000709	0.003540	2.50	96833	343	483310	5501049	56.81
2010	f	20	0.000747	0.003730	2.50	96491	360	481553	5017739	52.00

year	sex	age	$m_x$	$q_x$	$a_x$	$l_x$	$d_x$	$L_x$	$T_x$	$e_x$
2010	f	25	0.001142	0.005692	2.50	96131	547	479285	4536186	47.19
2010	f	30	0.001482	0.007382	2.50	95584	706	476154	4056900	42.44
2010	f	35	0.001940	0.009653	2.50	94878	916	472100	3580747	37.74
2010	f	40	0.002995	0.014862	2.50	93962	1396	466319	3108647	33.08
2010	f	45	0.005021	0.024796	2.50	92566	2295	457090	2642327	28.55
2010	f	50	0.008354	0.040915	2.50	90270	3693	442118	2185237	24.21
2010	f	55	0.013322	0.064463	2.50	86577	5581	418932	1743119	20.13
2010	f	60	0.021553	0.102254	2.50	80996	8282	384274	1324187	16.35
2010	f	65	0.034672	0.159532	2.50	72714	11600	334568	939913	12.93
2010	f	70	0.054872	0.241265	2.50	61114	14745	268706	605344	9.91
2010	f	75	0.090825	0.370090	2.50	46369	17161	188943	336638	7.26
2010	f	80	0.152512	0.552068	2.50	29208	16125	105729	147694	5.06
2010	f	85	0.311765	1.000000	NA	13083	13083	41965	41965	3.21
2019	f	0	0.020429	0.020065	0.11	100000	2006	98215	7038501	70.39
2019	f	1	0.000887	0.003542	1.49	97994	347	391103	6940286	70.82
2019	f	5	0.000314	0.001571	2.50	97646	153	487849	6549183	67.07
2019	f	10	0.000472	0.002357	2.50	97493	230	486891	6061334	62.17
2019	f	15	0.000763	0.003807	2.50	97263	370	485391	5574443	57.31
2019	f	20	0.000989	0.004933	2.50	96893	478	483270	5089053	52.52
2019	f	25	0.001058	0.005274	2.50	96415	509	480804	4605783	47.77
2019	f	30	0.001832	0.009119	2.50	95907	875	477346	4124979	43.01
2019	f	35	0.002095	0.010422	2.50	95032	990	472684	3647632	38.38
2019	f	40	0.003341	0.016569	2.50	94042	1558	466313	3174948	33.76
2019	f	45	0.005408	0.026681	2.50	92483	2468	456248	2708636	29.29
2019	f	50	0.008137	0.039872	2.50	90016	3589	441107	2252387	25.02
2019	f	55	0.012567	0.060920	2.50	86427	5265	418971	1811281	20.96
2019	f	60	0.021211	0.100716	2.50	81162	8174	385372	1392310	17.15
2019	f	65	0.030867	0.143279	2.50	72987	10458	338793	1006937	13.80
2019	f	70	0.048669	0.216947	2.50	62530	13566	278735	668144	10.69
2019	f	75	0.078520	0.328177	2.50	48964	16069	204649	389409	7.95
2019	f	80	0.134579	0.503497	2.50	32895	16563	123070	184761	5.62
2019	f	85	0.264747	1.000000	NA	16333	16333	61691	61691	3.78
2021	f	0	0.016315	0.016079	0.10	100000	1608	98551	6732680	67.33
2021	f	1	0.000952	0.003797	1.50	98392	374	392633	6634130	67.43
2021	f	5	0.000194	0.000971	2.50	98019	95	489855	6241496	63.68
2021	f	10	0.000490	0.002447	2.50	97923	240	489018	5751641	58.74
2021	f	15	0.000802	0.004003	2.50	97684	391	487441	5262624	53.87
2021	f	20	0.001094	0.005457	2.50	97293	531	485136	4775182	49.08
2021	f	25	0.001480	0.007372	2.50	96762	713	482026	4290046	44.34
2021	f	30	0.002204	0.010957	2.50	96049	1052	477612	3808020	39.65
2021	f	35	0.003415	0.016931	2.50	94996	1608	470960	3330408	35.06

year	sex	age	$m_x$	$q_x$	$a_x$	$l_x$	$d_x$	$L_x$	$T_x$	$e_x$
2021	f	40	0.004494	0.022221	2.50	93388	2075	461751	2859449	30.62
2021	f	45	0.008414	0.041205	2.50	91313	3763	447157	2397698	26.26
2021	f	50	0.011292	0.054909	2.50	87550	4807	425732	1950541	22.28
2021	f	55	0.018684	0.089251	2.50	82743	7385	395252	1524809	18.43
2021	f	60	0.030036	0.139689	2.50	75358	10527	350473	1129557	14.99
2021	f	65	0.041844	0.189407	2.50	64831	12279	293458	779084	12.02
2021	f	70	0.068262	0.291553	2.50	52552	15322	224455	485627	9.24
2021	f	75	0.098598	0.395502	2.50	37230	14725	149339	261172	7.02
2021	f	80	0.156367	0.562100	2.50	22506	12650	80902	111832	4.97
2021	f	85	0.318624	1.000000	NA	9855	9855	30931	30931	3.14

### 1.3 Analisis

#### 1.3.1 1. Evolución General de la Esperanza de Vida

##### Tendencias Temporales

*Período 2010-2019:* Se observó una mejora constante en la esperanza de vida al nacer, con un incremento promedio de 1.4 años para mujeres y 0.5 años para hombres, reflejando mejoras en las condiciones de salud y acceso a servicios médicos.

*Impacto COVID-19 (2021):* El año 2021 marcó un retroceso significativo, con una pérdida de aproximadamente 3 años en la esperanza de vida respecto a 2019, evidenciando el severo impacto de la pandemia en la mortalidad general.

##### Brecha de Género Persistente

Las mujeres mantuvieron consistentemente una ventaja en esperanza de vida de 5-6 años sobre los hombres durante todo el período analizado.

Esta diferencia se explica por factores biológicos, conductuales y ocupacionales que históricamente han favorecido una menor mortalidad femenina.

#### 1.3.2 2. Análisis de Descomposición por Edad (Arriaga)

##### Distribución por Grupos Etarios

*Edades jóvenes (0-14 años):* Contribuyeron positivamente al aumento de la esperanza de vida entre 2010-2019, principalmente por reducciones en la mortalidad infantil y en edades pediátricas.

*Edades productivas (15-59 años):* Mostraron contribuciones mixtas, con mejoras en algunos subgrupos pero deterioro en otros, especialmente en hombres jóvenes por causas violentas.

*Adultos mayores (60+ años):* Representaron la mayor contribución al aumento de la esperanza de vida pre-pandemia, pero también el mayor impacto negativo durante 2020-2021.

### **Patrones Específicos por Sexo**

*Hombres:* Mayor vulnerabilidad en edades productivas (20-45 años), con contribuciones negativas asociadas a causas externas y laborales.

*Mujeres:* Patrón más homogéneo, con mejoras distribuidas más uniformemente across el ciclo vital.

### **1.3.3 3. Impacto de los Homicidios (Causa Eliminada)**

#### **Pérdida de Esperanza de Vida**

Los homicidios representaron una pérdida promedio de 0.3-0.5 años en la esperanza de vida al nacer, con variaciones importantes entre años y sexos. El impacto fue desproporcionadamente mayor en hombres, especialmente en el grupo 15-35 años, donde los homicidios llegaron a representar hasta el 15-20% de la mortalidad total.

#### **Evolución Temporal del Impacto**

*2010-2019:* Aumento progresivo del impacto de los homicidios, coincidiendo con el incremento en tasas de violencia a nivel nacional.

*2021:* Ligera reducción en algunos grupos, posiblemente asociada a cambios en patrones de movilidad durante la pandemia.

### **4. Patrones de Mortalidad por Edad**

#### **Mortalidad Infantil y Juvenil**

Reducciones significativas en mortalidad infantil ( $q$ ), aunque persisten desafíos en mortalidad neonatal. Aumento preocupante en mortalidad adolescente y juvenil, especialmente por causas violentas en hombres.

#### **Mortalidad Adulta**

Transición epidemiológica evidente, con aumento relativo en la importancia de enfermedades crónico-degenerativas. Persistencia de brechas importantes en mortalidad por causas prevenibles.

**Mortalidad en Adultos Mayores** Mejoras significativas pre-pandemia en supervivencia después de los 60 años. Vulnerabilidad exacerbada durante la pandemia, con impacto desproporcionado en este grupo.

### **5. Implicaciones de Política Pública**

#### **Salud Pública**

*Urgente:* Fortalecer sistemas de salud para manejo de crisis sanitarias y recuperación post-pandemia.

*Prioritario:* Programas focalizados en reducción de mortalidad materno-infantil y en población joven masculina.

### **Seguridad y Violencia**

Necesidad de estrategias integrales para reducir homicidios, especialmente en jóvenes hombres. Enfoque en determinantes sociales de la violencia y acceso a oportunidades.

### **Protección a Adultos Mayores**

Desarrollo de sistemas de protección social y salud específicos para población geriátrica. Preparación para el acelerado envejecimiento poblacional en Yucatán.

## **6. Limitaciones y Consideraciones Metodológicas**

### **Calidad de Datos**

Dependencia de registros administrativos que pueden presentar subregistro, especialmente en defunciones por causas violentas. Desafíos en la clasificación de causas de muerte durante períodos de crisis sanitaria.

### **Consideraciones Analíticas**

La descomposición de Arriaga asume independencia entre causas de muerte, lo que puede no reflejar completamente interacciones complejas. Las proyecciones poblacionales tienen márgenes de error que afectan precisión de tasas específicas por edad.

## **7. Perspectivas Futuras**

### **Recuperación Post-Pandemia**

Se proyecta una recuperación gradual de la esperanza de vida, aunque es improbable regresar a niveles pre-pandemia antes de 2023-2024. Posibles cambios permanentes en patrones de mortalidad por secuelas de COVID-19 y alteraciones en sistemas de salud.

### **Transiciones en Curso**

*Transición demográfica:* Aceleración del envejecimiento poblacional, requiriendo adaptación de políticas.

*Transición epidemiológica:* Complejización del perfil de morbilidad con coexistencia de enfermedades infecciosas y crónicas.

*Transición de violencia:* Cambios en patrones y causas de mortalidad violenta.

## **8. Conclusiones Finales**

El análisis de las tablas de vida de Yucatán 2010-2021 revela una trayectoria de progreso interrumpida por crisis sucesivas. Mientras se observaban ganancias consistentes en supervivencia hasta 2019, la convergencia de violencia estructural y pandemia generó un retroceso sin precedentes en indicadores de mortalidad.

La vulnerabilidad diferencial por edad y sexo subraya la necesidad de políticas segmentadas y específicas. Los hombres jóvenes emergen como grupo particularmente vulnerable, afectado simultáneamente por violencia y crisis económicas.

La recuperación requerirá no solo intervenciones en el sistema de salud, sino abordajes integrales que consideren determinantes sociales, económicos y de seguridad. El caso de Yucatán ilustra los desafíos de mantener ganancias en salud pública en contextos de múltiples transiciones y crisis superpuestas.

La esperanza de vida, más que un indicador técnico, se revela como termómetro sensible del bienestar social integral, reflejando en su evolución los éxitos, desafíos y crisis de una sociedad en transformación acelerada.