

Trabajo Final Demografía

Análisis Poblacional del estado de Puebla, México

Salgado Bahena Arturo

Solache Neri Arturo Iván

Introducción al estado de Puebla.

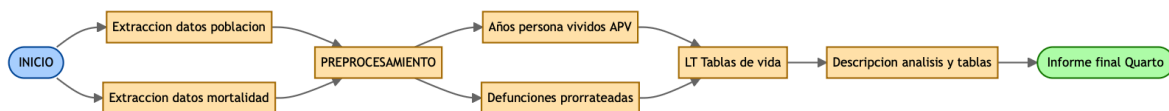
El estado de Puebla es una de las entidades más pobladas de México. Según el Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI, la población total fue de aproximadamente 6.58 millones de habitantes, de los cuales cerca del 52 % son mujeres y 48 % hombres. Esto representa alrededor del 5 % de la población nacional.

Puebla combina una estructura demográfica urbano–rural mixta. Gran parte de la población se concentra en la zona metropolitana Puebla–Tlaxcala y en ciudades medianas como Tehuacán, Atlixco, San Martín Texmelucan y Cholula. Aun así, el estado mantiene un gran número de localidades rurales: más de 7,500 son rurales y poco más de 400 urbanas. La densidad poblacional en 2020 fue cercana a 192 habitantes por km².

Al analizar la mortalidad para 2010, 2019 y 2021 es importante considerar el impacto de la pandemia de COVID-19. A nivel nacional, diversos estudios registran un exceso de mortalidad de alrededor de 700 mil defunciones entre 2020 y 2021, además de una reducción de la esperanza de vida al nacer de aproximadamente 4 a 5 años. Por esta razón, es esperable que las tablas de vida de 2021 muestren:

- Un deterioro de la supervivencia, sobre todo entre los 40 y 69 años.
- Un impacto mayor en hombres que en mujeres.
- Una caída en la esperanza de vida al nacer respecto a 2010 y 2019.

Diagrama de flujo del proceso de construcción de tablas de vida.



Algoritmos de inicio.

Aquí enlistamos los algoritmos utilizados en el proyecto. Todos están almacenados en un archivo R Script llamado functions.R. Los principales cálculos corresponden a la construcción de tablas abreviadas de vida y a la interpolación exponencial para obtener los Años Persona Vividos (APV).

```
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)

# 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)
}

```

Obtención de datos.

Para obtener la información utilizamos bases del INEGI. Los Años Persona Vividos provienen del [Censo de Población y Vivienda \(CPV\)](#) de 2010 y 2020. Se seleccionaron las variables de edad, sexo y el filtro correspondiente al estado de Puebla.

Para las defunciones, se usaron los datos de [Estadísticas de Defunciones Registradas \(EDR\)](#). También seleccionamos las variables de edad, sexo, la entidad federativa y los años de referencia entre 1990 y 2020.

Limpieza y Preparación.

Para los Años Persona Vividos (APV): - Se eliminaron encabezados y filas no útiles. - Se renombraron las columnas. - Se verificó que los datos estuvieran en el tipo correcto (numérico, texto, etc.). - Se unieron los datos de 2010 y 2020 en una sola tabla. - Se agruparon las edades en grupos quinquenales. - Finalmente, se exportó la tabla a formato .csv.

Para las Defunciones, el proceso fue similar, pero incluyó un paso adicional: - Se realizó un prorrateo de las defunciones no especificadas, distribuyéndolas entre hombres y mujeres según su proporción observada.

Cálculo de los Años Persona Vividos.

```

## Limpieza de memoria ---
rm(list = ls())

## Carga de paquetes y funciones ---

source("script/functions.R")
library(readxl)

```

```

library(reshape2)
library(lubridate)
library(ggplot2)
library(data.table)
library(dplyr)

## Carga de tablas de datos ----
censos_pro <- fread("data/censos_pro.csv")

## Cálculo de APV 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 las Defunciones Registradas

```

## Limpieza de gráficas ----
graphics.off()

##Limpieza de memoria ----
rm(list = ls())

#Carga de paquetes y funciones ----
source("script/functions.R")
library(readxl)
library(reshape2)
library(lubridate)
library(ggplot2)
library(data.table)
library(dplyr)

# Carga de tablas de datos ----
def_pro <- fread("data/def_pro.csv") %>%
  .[year %in% c(2009, 2010, 2011, 2018, 2019, 2020)]

# Media móvil para el año de referencia ----

```

```

def_pro[ , year_new := ifelse( year %in% 2009:2011,
                               2010,
                               ifelse( year %in% 2018:2019,
                                         2019,
                                         year ) ) ]

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

#Guardar tabla de DEF ---
write.csv(def, "data/def.csv", row.names = F)

```

Unión de ambas tablas para generar LT.

En esta etapa combinamos los APV con las defunciones prorrateadas para obtener las tasas de mortalidad mx. Posteriormente aplicamos la función `lt_abr()` para generar las tablas de vida abreviadas por sexo y año.

```

## Limpieza de gráficas ----
graphics.off()

## Limpieza de memoria ----
rm(list = ls())

## Carga de paquetes y funciones----
source("Script/functions.R")
library(readxl)
library(reshape2)
library(lubridate)
library(ggplot2)
library(data.table)
library(dplyr)

# Carga de tablas de datos ----
def <- fread("data/def_pro.csv")
apv <- fread("data/censos_pro.csv")

```

```

# 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 nacional - eevv + censales 2010, 2019 ----
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 ----
lt_output[ age == 0 ] %>% dcast( year ~ sex, value.var = 'ex' )

lt_output <- read.csv("Data/tabla_mortalidad.csv")

```

```
knitr::kable(lt_output, caption = "Tabla de Vida Puebla")
## Mortalidad infantil ----
lt_output[ age == 0 ] %>% dcast( year ~ sex, value.var = 'qx' )
```

Resultados (Life Table)

```
library(kableExtra)

lt_output <- read.csv("/Users/arturosalgado/Documents/DEMOGRAFÍA 2026-1/FINAL_PROJ_DEMOGRAPHY")

lt_output %>%
  kbl(
    caption = "Tabla de Vida del Estado de Puebla",
    booktabs = TRUE,
    longtable = TRUE
  ) %>%
  kable_styling(
    latex_options = c("repeat_header", "scale_down"),
    full_width = FALSE
  )
```

Warning in styling_latex_scale(out, table_info, "down"): Longtable cannot be resized.

Table 1: Tabla de Vida del Estado de Puebla

lt_desc	year	sex	age	mx	qx	ax	lx	dx	Lx	Tx	ex
LT PUE	2010	m	0	0.004383	0.021451	0.06	100000	2145	489396	7195152	71.95
LT PUE	2010	m	5	0.000322	0.001608	1.64	97855	157	488746	6705755	68.53
LT PUE	2010	m	10	0.000424	0.002115	2.50	97698	207	487971	6217010	63.64
LT PUE	2010	m	15	0.001000	0.004988	2.50	97491	486	486239	5729039	58.76
LT PUE	2010	m	20	0.001492	0.007430	2.50	97005	721	483221	5242800	54.05
LT PUE	2010	m	25	0.001885	0.009381	2.50	96284	903	479161	4759579	49.43
LT PUE	2010	m	30	0.002246	0.011168	2.50	95381	1065	474240	4280418	44.88
LT PUE	2010	m	35	0.002991	0.014845	2.50	94315	1400	468077	3806178	40.36
LT PUE	2010	m	40	0.004024	0.019920	2.50	92915	1851	459949	3338102	35.93
LT PUE	2010	m	45	0.006057	0.029833	2.50	91064	2717	448530	2878153	31.61

Table 1: Tabla de Vida del Estado de Puebla (*continued*)

lt_desc	year	sex	age	mx	qx	ax	lx	dx	Lx	Tx	ex
LT PUE	2010	m	50	0.008380	0.041041	2.50	88348	3626	432673	2429623	27.50
LT PUE	2010	m	55	0.011972	0.058120	2.50	84722	4924	411298	1996950	23.57
LT PUE	2010	m	60	0.016963	0.081362	2.50	79798	6493	382757	1585652	19.87
LT PUE	2010	m	65	0.023494	0.110952	2.50	73305	8133	346192	1202895	16.41
LT PUE	2010	m	70	0.033318	0.153779	2.50	65172	10022	300804	856703	13.15
LT PUE	2010	m	75	0.051698	0.228905	2.50	55150	12624	244188	555899	10.08
LT PUE	2010	m	80	0.079101	0.330205	2.50	42526	14042	177523	311711	7.33
LT PUE	2010	m	85	0.212265	1.000000	NA	28483	28483	134188	134188	4.71
LT PUE	2019	m	0	0.003231	0.015900	0.05	100000	1590	492135	7220289	72.20
LT PUE	2019	m	5	0.000279	0.001393	1.64	98410	137	491590	6728154	68.37
LT PUE	2019	m	10	0.000383	0.001915	2.50	98273	188	490894	6236564	63.46
LT PUE	2019	m	15	0.001049	0.005233	2.50	98085	513	489141	5745669	58.58
LT PUE	2019	m	20	0.001974	0.009824	2.50	97572	959	485461	5256529	53.87
LT PUE	2019	m	25	0.002470	0.012274	2.50	96613	1186	480100	4771067	49.38
LT PUE	2019	m	30	0.002921	0.014500	2.50	95427	1384	473677	4290967	44.97
LT PUE	2019	m	35	0.003335	0.016539	2.50	94043	1555	466329	3817291	40.59
LT PUE	2019	m	40	0.004447	0.021988	2.50	92488	2034	457356	3350962	36.23
LT PUE	2019	m	45	0.005907	0.029105	2.50	90454	2633	445690	2893606	31.99
LT PUE	2019	m	50	0.008056	0.039487	2.50	87822	3468	430439	2447916	27.87
LT PUE	2019	m	55	0.012130	0.058866	2.50	84354	4966	409356	2017477	23.92
LT PUE	2019	m	60	0.015853	0.076242	2.50	79388	6053	381810	1608121	20.26
LT PUE	2019	m	65	0.021726	0.103032	2.50	73336	7556	347788	1226311	16.72
LT PUE	2019	m	70	0.032549	0.150500	2.50	65780	9900	304149	878522	13.36
LT PUE	2019	m	75	0.046973	0.210185	2.50	55880	11745	250037	574373	10.28
LT PUE	2019	m	80	0.075505	0.317578	2.50	44135	14016	185633	324337	7.35
LT PUE	2019	m	85	0.217144	1.000000	NA	30119	30119	138703	138703	4.61
LT PUE	2021	m	0	0.002486	0.012279	0.05	100000	1228	493924	6526062	65.26
LT PUE	2021	m	5	0.000324	0.001618	1.64	98772	160	493324	6032138	61.07
LT PUE	2021	m	10	0.000427	0.002131	2.50	98612	210	492536	5538813	56.17
LT PUE	2021	m	15	0.001034	0.005158	2.50	98402	508	490742	5046277	51.28
LT PUE	2021	m	20	0.001832	0.009120	2.50	97895	893	487241	4555535	46.54
LT PUE	2021	m	25	0.003246	0.016100	2.50	97002	1562	481105	4068294	41.94
LT PUE	2021	m	30	0.004186	0.020712	2.50	95440	1977	472259	3587189	37.59
LT PUE	2021	m	35	0.005804	0.028604	2.50	93463	2673	460633	3114930	33.33
LT PUE	2021	m	40	0.007847	0.038479	2.50	90790	3494	445216	2654297	29.24
LT PUE	2021	m	45	0.011691	0.056793	2.50	87296	4958	424087	2209081	25.31

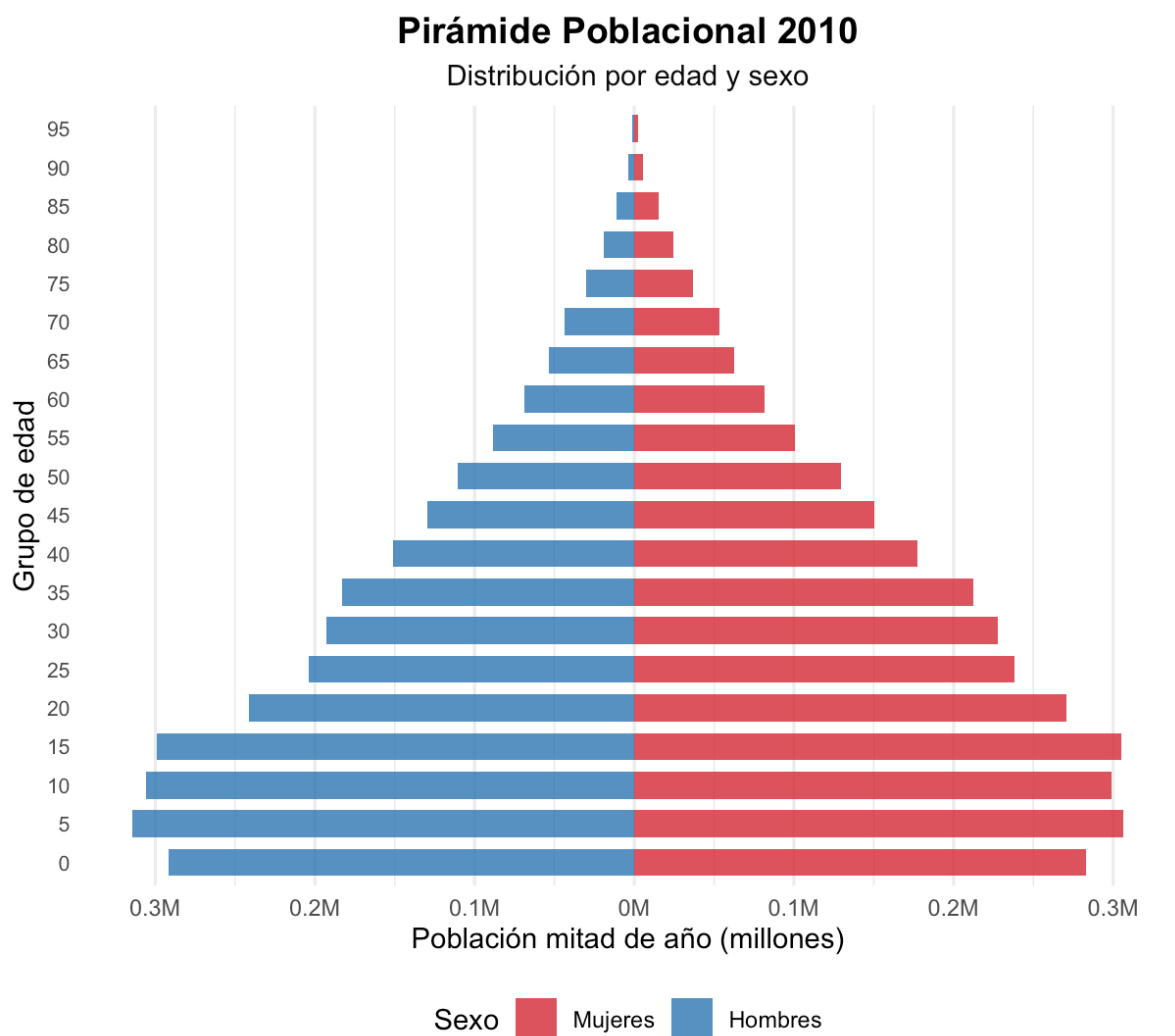
Table 1: Tabla de Vida del Estado de Puebla (*continued*)

lt_desc	year	sex	age	mx	qx	ax	lx	dx	Lx	Tx	ex
LT PUE	2021	m	50	0.016799	0.080607	2.50	82339	6637	395100	1784994	21.68
LT PUE	2021	m	55	0.024046	0.113411	2.50	75701	8585	357044	1389894	18.36
LT PUE	2021	m	60	0.033316	0.153771	2.50	67116	10320	309779	1032850	15.39
LT PUE	2021	m	65	0.044239	0.199168	2.50	56796	11312	255698	723071	12.73
LT PUE	2021	m	70	0.058094	0.253634	2.50	45484	11536	198578	467373	10.28
LT PUE	2021	m	75	0.080575	0.335326	2.50	33947	11383	141279	268795	7.92
LT PUE	2021	m	80	0.117351	0.453662	2.50	22564	10236	87229	127516	5.65
LT PUE	2021	m	85	0.305991	1.000000	NA	12328	12328	40287	40287	3.27
LT PUE	2010	f	0	0.003574	0.017558	0.06	100000	1756	491332	7659957	76.60
LT PUE	2010	f	5	0.000301	0.001505	1.52	98244	148	490706	7168626	72.97
LT PUE	2010	f	10	0.000289	0.001443	2.50	98096	142	490128	6677919	68.08
LT PUE	2010	f	15	0.000495	0.002470	2.50	97955	242	489169	6187791	63.17
LT PUE	2010	f	20	0.000546	0.002728	2.50	97713	267	487898	5698622	58.32
LT PUE	2010	f	25	0.000704	0.003513	2.50	97446	342	486376	5210724	53.47
LT PUE	2010	f	30	0.000880	0.004391	2.50	97104	426	484454	4724348	48.65
LT PUE	2010	f	35	0.001251	0.006235	2.50	96678	603	481881	4239894	43.86
LT PUE	2010	f	40	0.001842	0.009167	2.50	96075	881	478172	3758014	39.12
LT PUE	2010	f	45	0.003241	0.016075	2.50	95194	1530	472145	3279842	34.45
LT PUE	2010	f	50	0.004959	0.024492	2.50	93664	2294	462584	2807697	29.98
LT PUE	2010	f	55	0.007645	0.037506	2.50	91370	3427	448282	2345113	25.67
LT PUE	2010	f	60	0.011884	0.057705	2.50	87943	5075	427028	1896831	21.57
LT PUE	2010	f	65	0.017514	0.083897	2.50	82868	6952	396960	1469803	17.74
LT PUE	2010	f	70	0.024663	0.116152	2.50	75916	8818	357534	1072844	14.13
LT PUE	2010	f	75	0.043380	0.195677	2.50	67098	13130	302666	715310	10.66
LT PUE	2010	f	80	0.067722	0.289581	2.50	53968	15628	230772	412644	7.65
LT PUE	2010	f	85	0.210808	1.000000	NA	38340	38340	181872	181872	4.74
LT PUE	2019	f	0	0.002497	0.012333	0.06	100000	1233	493907	7757807	77.58
LT PUE	2019	f	5	0.000212	0.001061	1.52	98767	105	493469	7263899	73.55
LT PUE	2019	f	10	0.000261	0.001302	2.50	98662	129	492988	6770431	68.62
LT PUE	2019	f	15	0.000480	0.002395	2.50	98533	236	492077	6277442	63.71
LT PUE	2019	f	20	0.000563	0.002812	2.50	98297	276	490796	5785365	58.86
LT PUE	2019	f	25	0.000703	0.003509	2.50	98021	344	489245	5294569	54.01
LT PUE	2019	f	30	0.000864	0.004312	2.50	97677	421	487332	4805324	49.20
LT PUE	2019	f	35	0.001130	0.005633	2.50	97256	548	484910	4317992	44.40
LT PUE	2019	f	40	0.001811	0.009015	2.50	96708	872	481361	3833082	39.64
LT PUE	2019	f	45	0.002936	0.014574	2.50	95836	1397	475689	3351721	34.97

Table 1: Tabla de Vida del Estado de Puebla (*continued*)

lt_desc	year	sex	age	mx	qx	ax	lx	dx	Lx	Tx	ex
LT PUE	2019	f	50	0.004409	0.021807	2.50	94439	2059	467049	2876032	30.45
LT PUE	2019	f	55	0.007374	0.036202	2.50	92380	3344	453539	2408984	26.08
LT PUE	2019	f	60	0.010895	0.053030	2.50	89036	4722	433374	1955445	21.96
LT PUE	2019	f	65	0.015336	0.073847	2.50	84314	6226	406004	1522070	18.05
LT PUE	2019	f	70	0.023463	0.110813	2.50	78088	8653	368806	1116066	14.29
LT PUE	2019	f	75	0.038596	0.175996	2.50	69435	12220	316623	747260	10.76
LT PUE	2019	f	80	0.067570	0.289028	2.50	57214	16537	244731	430638	7.53
LT PUE	2019	f	85	0.218807	1.000000	NA	40678	40678	185907	185907	4.57
LT PUE	2021	f	0	0.001942	0.009620	0.06	100000	962	495246	7257624	72.58
LT PUE	2021	f	5	0.000220	0.001101	1.52	99038	109	494810	6762378	68.28
LT PUE	2021	f	10	0.000323	0.001614	2.50	98929	160	494245	6267567	63.35
LT PUE	2021	f	15	0.000466	0.002325	2.50	98769	230	493272	5773322	58.45
LT PUE	2021	f	20	0.000687	0.003430	2.50	98540	338	491853	5280050	53.58
LT PUE	2021	f	25	0.000987	0.004921	2.50	98202	483	489800	4788197	48.76
LT PUE	2021	f	30	0.001362	0.006789	2.50	97718	663	486933	4298397	43.99
LT PUE	2021	f	35	0.002166	0.010770	2.50	97055	1045	482661	3811464	39.27
LT PUE	2021	f	40	0.003196	0.015853	2.50	96010	1522	476243	3328803	34.67
LT PUE	2021	f	45	0.005480	0.027029	2.50	94488	2554	466053	2852560	30.19
LT PUE	2021	f	50	0.008305	0.040680	2.50	91934	3740	450319	2386507	25.96
LT PUE	2021	f	55	0.013610	0.065811	2.50	88194	5804	426459	1936188	21.95
LT PUE	2021	f	60	0.020804	0.098877	2.50	82390	8146	391582	1509729	18.32
LT PUE	2021	f	65	0.028313	0.132209	2.50	74243	9816	346677	1118147	15.06
LT PUE	2021	f	70	0.039190	0.178463	2.50	64428	11498	293393	771470	11.97
LT PUE	2021	f	75	0.059505	0.258995	2.50	52930	13709	230377	478077	9.03
LT PUE	2021	f	80	0.091505	0.372348	2.50	39221	14604	159596	247700	6.32
LT PUE	2021	f	85	0.279409	1.000000	NA	24617	24617	88105	88105	3.58

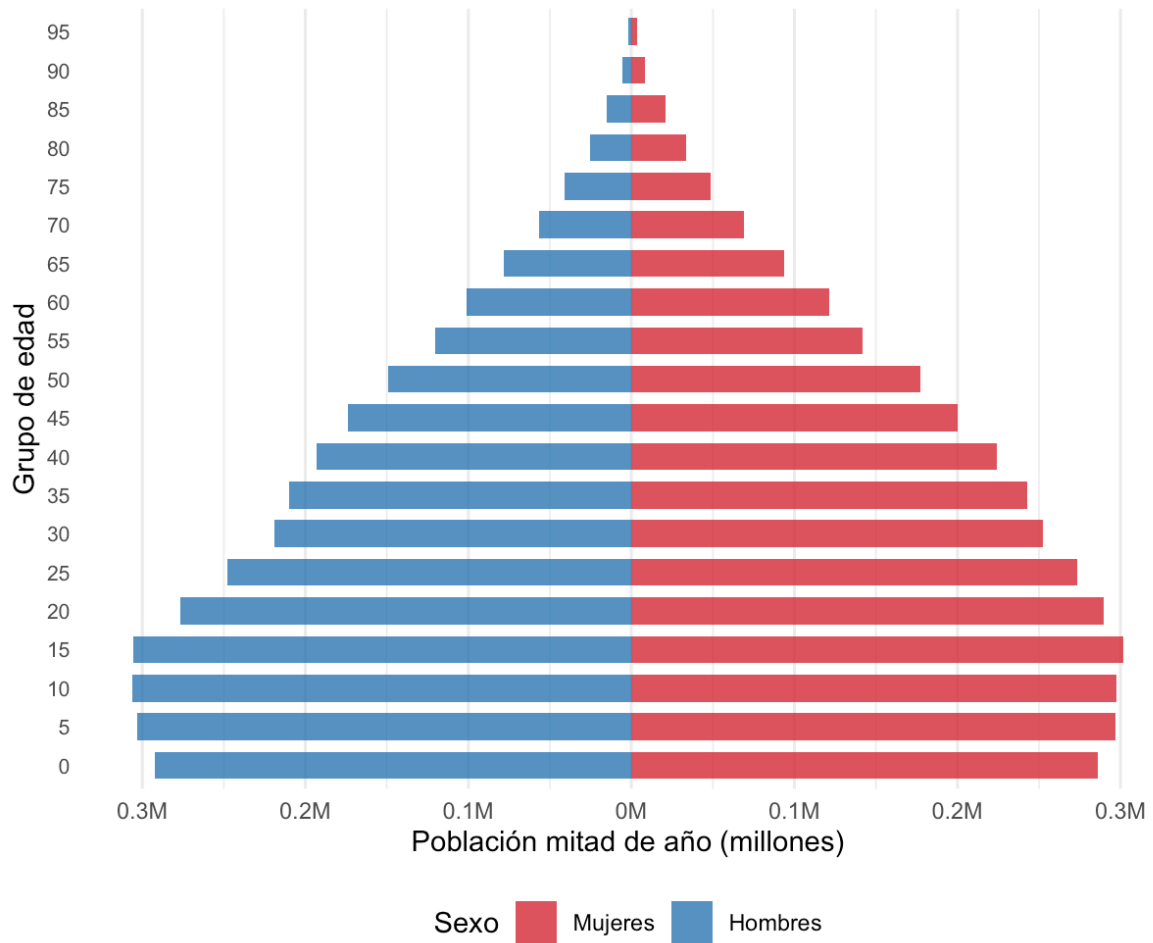
Gráficas de Población y Defunciones.



Fuente: INEGI

Pirámide Poblacional 2019

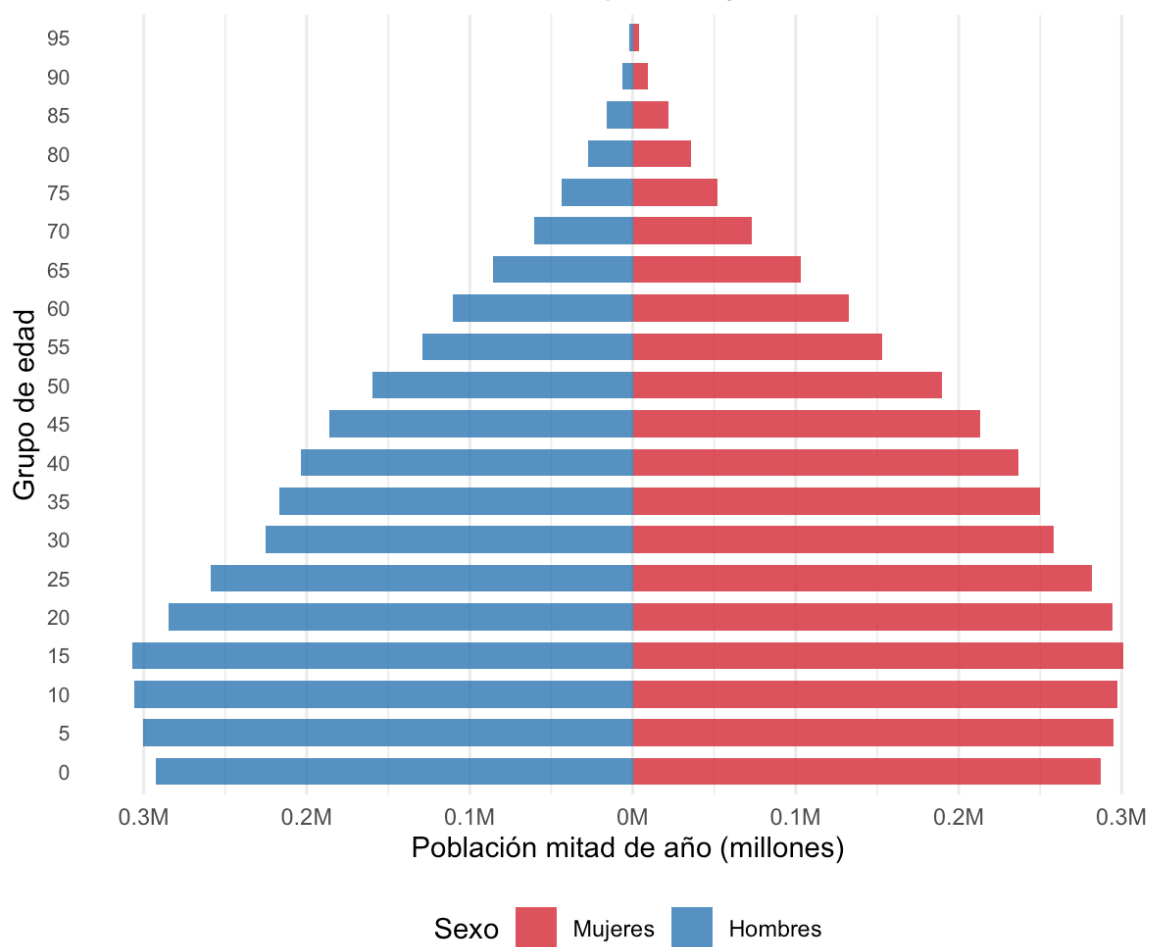
Distribución por edad y sexo



Fuente: INEGI

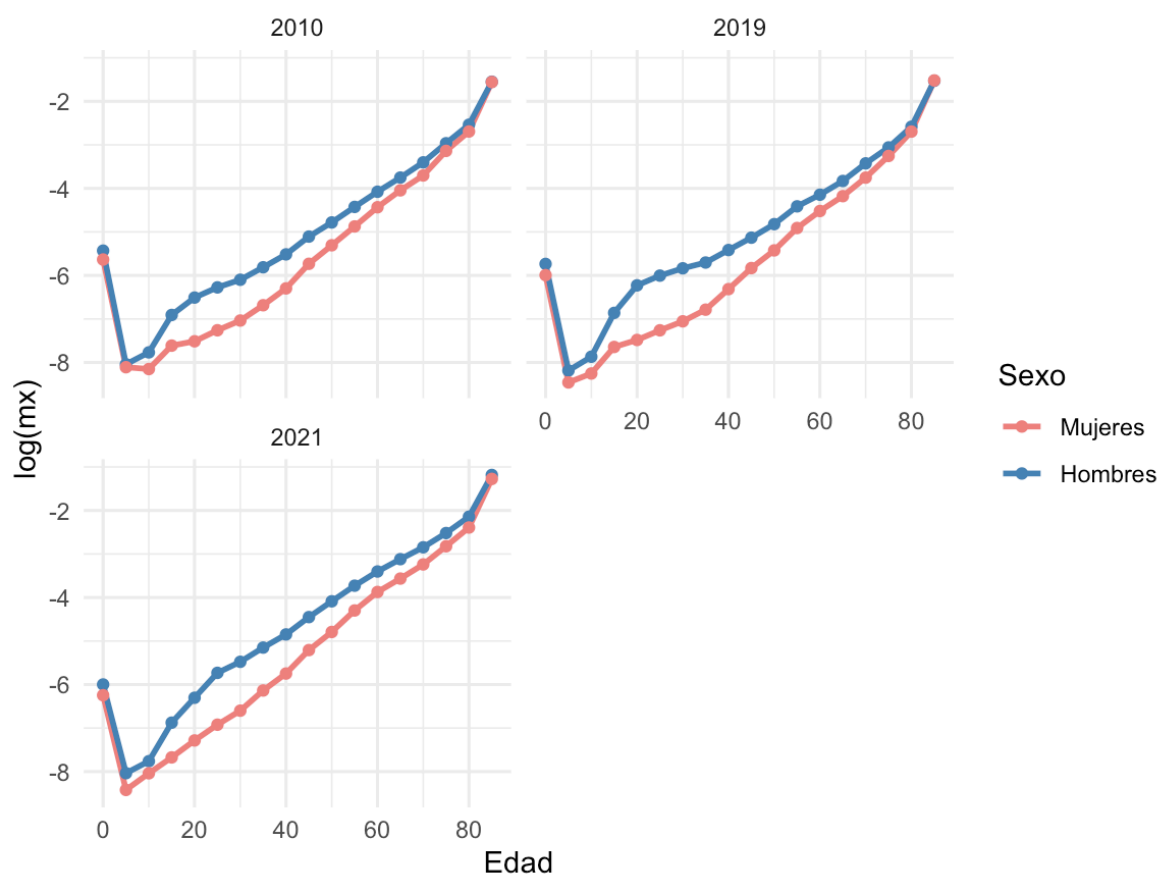
Pirámide Poblacional 2020

Distribución por edad y sexo

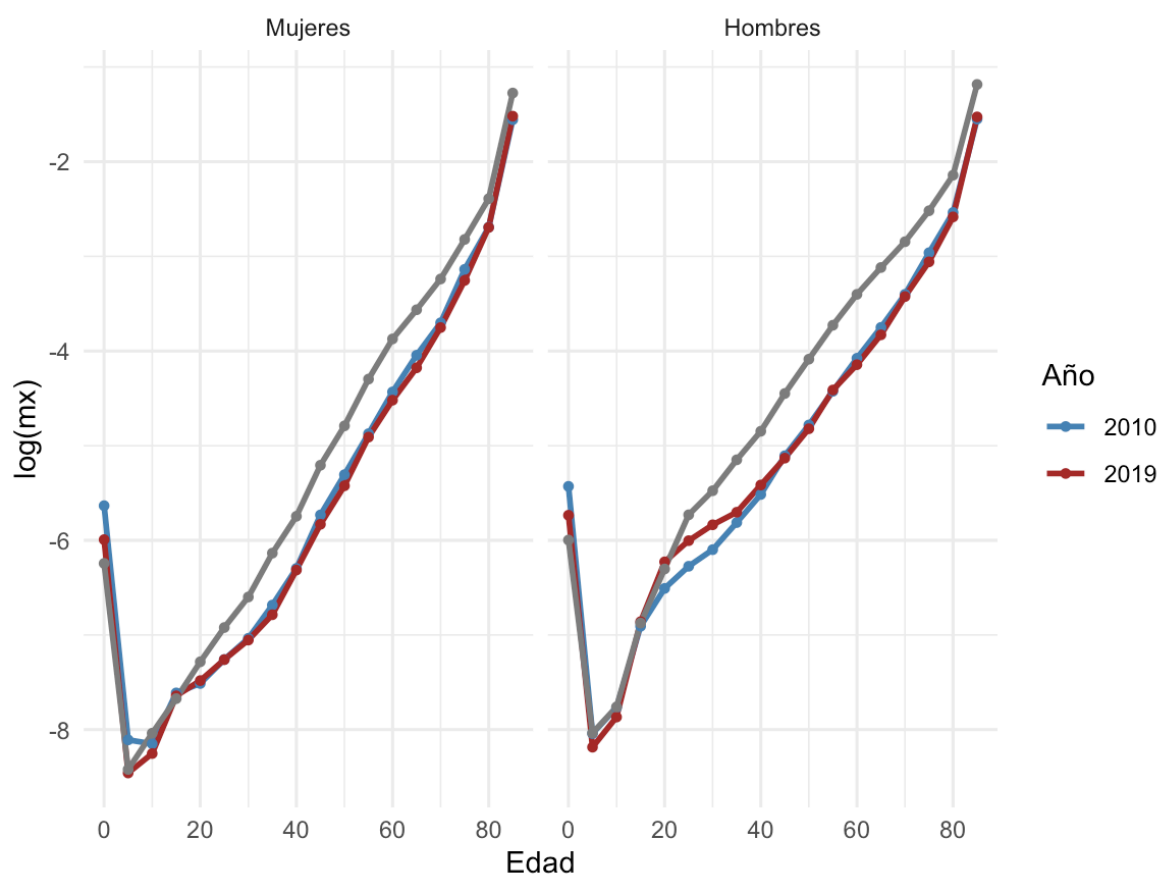


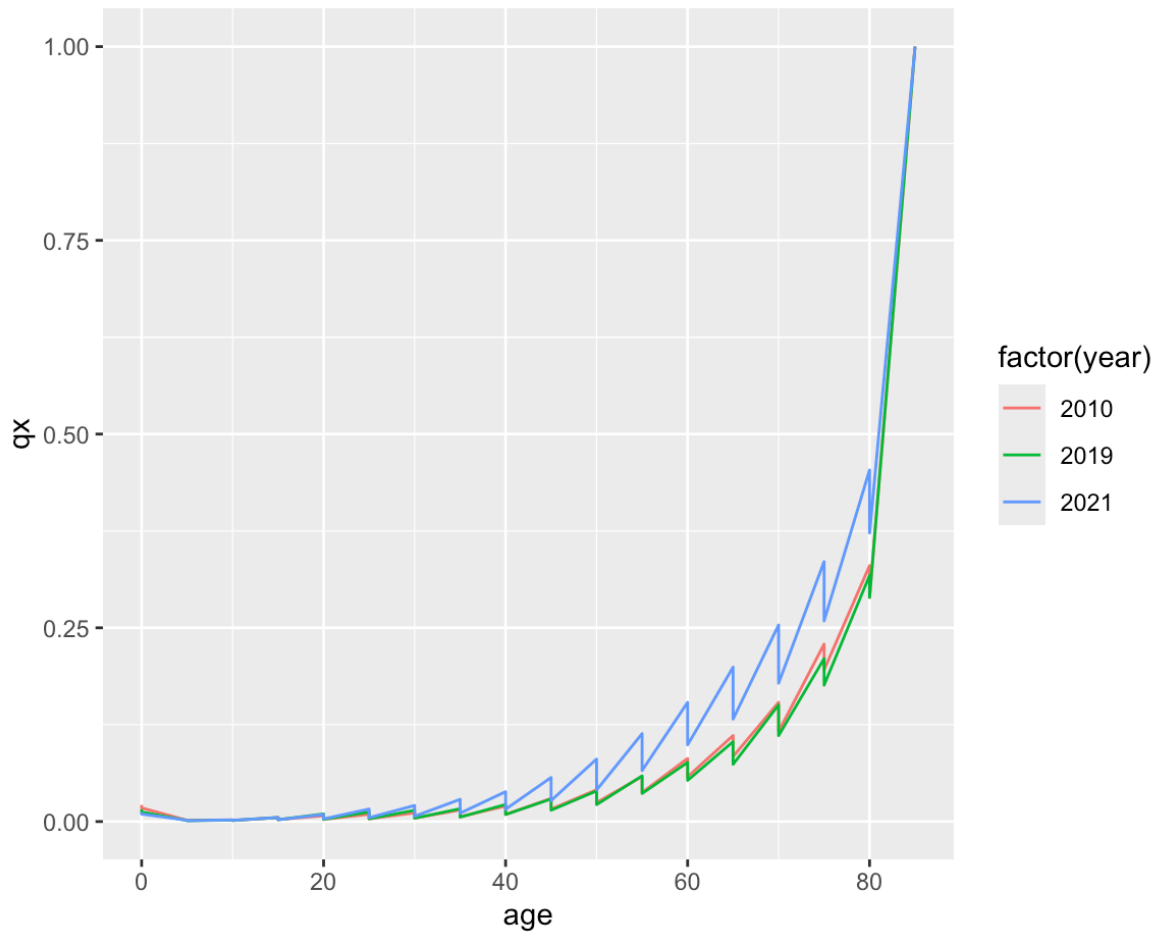
Fuente: INEGI

Tasa de mortalidad de Puebla por año y sexo



Evolución de la tasa de mortalidad





CAUSA ELIMINADA

Obtención de tablas seleccionando variables de edad, sexo y localidad en [INEGI](#);

LIMPIEZA:

- 1) Carga de homicidios del INEGI (solo Puebla) — `hom <- read_xlsx("data/INEGI_HOM.xls", sheet = 1, range = "A5:F734")`

Ajuste de nombres de columnas según el archivo; `names(hom) <- c("year", "age", "tot", "male", "female", "ns")` `setDT(hom)`

- 2) Limpiar edades igual que en `def_pro` — `hom <- hom[age != "Total" & year != "Total"]`

```
hom[, age := gsub("Menores de", "", age)] hom[, age := substr(age, 1, 2)] hom[age == "1",
age := 0] hom[age == "1-", age := 1] hom[age == "5-", age := 5] hom[age == "No", age :=
NA] # si aplica hom[, age := as.numeric(age)]
```

3) Pasar tot/male/female a numérico — hom[, tot := as.numeric(gsub(",", "", tot))] hom[, male := as.numeric(gsub(",", "", male))] hom[, female := as.numeric(gsub(",", "", female))] hom[, ns := as.numeric(gsub(",", "", ns))]

4) Agregar por year, age, sex (como con def_pro) — hom_pro <- hom[, .(male = sum(male, na.rm = TRUE), female = sum(female, na.rm = TRUE), ns = sum(ns, na.rm = TRUE)), .(year, age)]

5) Imputar no especificado (ns) proporcional, igual que def_pro — hom_pro[, tot := male + female] hom_pro[, :=(p_male = male / tot, p_female = female / tot)]

```
hom_pro[, :=( male_adj = male + p_male * ns, female_adj = female + p_female * ns )]
```

```
hom_pro <- hom_pro[, .(year, age, male = male_adj, female = female_adj)]
```

6) Pasar a formato largo (male/female → sex) — hom_pro <- melt.data.table(hom_pro, id.vars = c("year", "age"), measure.vars = c("male", "female"), variable.name = "sex", value.name = "deaths_hom")

7) Dejar solo 2010, 2019, 2021 y aplicar misma media móvil — hom_pro <- hom_pro[year %in% c(2009, 2010, 2011, 2018, 2019, 2021)]

```
hom_pro[, year_new := ifelse(year %in% 2009:2011, 2010, ifelse(year %in% 2018:2019, 2019,
year))]
```

```
hom_pue <- hom_pro[, .(deaths_hom = mean(deaths_hom)), .(year = year_new, sex,
age)]
```

8) Guardar tabla final de homicidios — fwrite(hom_pue, "data/def_hom.csv")

#Tabla de vida con causa eliminada (homicidios)

```
library(kableExtra)

lt_output <- read.csv("/Users/arturosalgado/Documents/DEMOGRAFÍA 2026-1/FINAL_PROJ_DEMOGRAPHY")

lt_output %>%
  kbl(
    caption = "Tabla de Vida del Estado de Puebla",
    booktabs = TRUE,
    longtable = TRUE
  ) %>%
  kable_styling(
```

```

    latex_options = c("repeat_header", "scale_down"),
    full_width = FALSE
)

```

Warning in styling_latex_scale(out, table_info, "down"): Longtable cannot be resized.

Table 2: Tabla de Vida del Estado de Puebla

year	sex	age	mx	qx	ax	lx	dx	Lx	Tx	ex
2010	m	0	0.004377	0.021424	0.06	100000	2142	489410	7227107	72.27
2010	m	5	0.000316	0.001576	1.64	97858	154	488770	6737697	68.85
2010	m	10	0.000417	0.002083	2.50	97703	203	488008	6248927	63.96
2010	m	15	0.000925	0.004617	2.50	97500	450	486374	5760919	59.09
2010	m	20	0.001335	0.006655	2.50	97050	646	483634	5274545	54.35
2010	m	25	0.001687	0.008400	2.50	96404	810	479995	4790911	49.70
2010	m	30	0.002061	0.010254	2.50	95594	980	475520	4310916	45.10
2010	m	35	0.002767	0.013740	2.50	94614	1300	469820	3835395	40.54
2010	m	40	0.003808	0.018862	2.50	93314	1760	462170	3365576	36.07
2010	m	45	0.005848	0.028820	2.50	91554	2639	451173	2903406	31.71
2010	m	50	0.008211	0.040230	2.50	88915	3577	435634	2452233	27.58
2010	m	55	0.011760	0.057123	2.50	85338	4875	414504	2016599	23.63
2010	m	60	0.016784	0.080541	2.50	80463	6481	386116	1602095	19.91
2010	m	65	0.023350	0.110312	2.50	73983	8161	349511	1215980	16.44
2010	m	70	0.033149	0.153059	2.50	65822	10075	303922	866468	13.16
2010	m	75	0.051522	0.228214	2.50	55747	12722	246930	562547	10.09
2010	m	80	0.078960	0.329715	2.50	43025	14186	179659	315617	7.34
2010	m	85	0.212116	1.000000	NA	28839	28839	135958	135958	4.71
2019	m	0	0.003227	0.015883	0.05	100000	1588	492144	7313753	73.14
2019	m	5	0.000266	0.001327	1.64	98412	131	491620	6821609	69.32
2019	m	10	0.000367	0.001833	2.50	98281	180	490955	6329989	64.41
2019	m	15	0.000794	0.003961	2.50	98101	389	489533	5839034	59.52
2019	m	20	0.001403	0.006990	2.50	97712	683	486854	5349501	54.75
2019	m	25	0.001764	0.008784	2.50	97029	852	483016	4862647	50.12
2019	m	30	0.002191	0.010893	2.50	96177	1048	478266	4379632	45.54
2019	m	35	0.002731	0.013564	2.50	95129	1290	472421	3901366	41.01
2019	m	40	0.003822	0.018928	2.50	93839	1776	464755	3428945	36.54
2019	m	45	0.005416	0.026718	2.50	92063	2460	454165	2964190	32.20
2019	m	50	0.007702	0.037782	2.50	89603	3385	439552	2510025	28.01

Table 2: Tabla de Vida del Estado de Puebla (*continued*)

year	sex	age	mx	qx	ax	lx	dx	Lx	Tx	ex
2019	m	55	0.011753	0.057087	2.50	86218	4922	418784	2070472	24.01
2019	m	60	0.015601	0.075076	2.50	81296	6103	391221	1651688	20.32
2019	m	65	0.021458	0.101828	2.50	75192	7657	356820	1260468	16.76
2019	m	70	0.032320	0.149520	2.50	67536	10098	312434	903648	13.38
2019	m	75	0.046716	0.209154	2.50	57438	12013	257155	591214	10.29
2019	m	80	0.075348	0.317023	2.50	45424	14401	191121	334059	7.35
2019	m	85	0.217044	1.000000	NA	31024	31024	142938	142938	4.61
2021	m	0	0.002486	0.012279	0.05	100000	1228	493924	6571686	65.72
2021	m	5	0.000304	0.001518	1.64	98772	150	493357	6077761	61.53
2021	m	10	0.000414	0.002066	2.50	98622	204	492602	5584404	56.62
2021	m	15	0.000930	0.004639	2.50	98418	457	490951	5091803	51.74
2021	m	20	0.001471	0.007327	2.50	97962	718	488015	4600852	46.97
2021	m	25	0.002814	0.013972	2.50	97244	1359	482824	4112837	42.29
2021	m	30	0.003728	0.018470	2.50	95885	1771	475000	3630013	37.86
2021	m	35	0.005366	0.026474	2.50	94114	2492	464343	3155013	33.52
2021	m	40	0.007523	0.036919	2.50	91623	3383	449658	2690669	29.37
2021	m	45	0.011368	0.055269	2.50	88240	4877	429009	2241011	25.40
2021	m	50	0.016542	0.079426	2.50	83363	6621	400264	1812002	21.74
2021	m	55	0.023876	0.112654	2.50	76742	8645	362097	1411739	18.40
2021	m	60	0.033143	0.153036	2.50	68097	10421	314431	1049641	15.41
2021	m	65	0.044029	0.198314	2.50	57676	11438	259783	735210	12.75
2021	m	70	0.057978	0.253191	2.50	46238	11707	201921	475427	10.28
2021	m	75	0.080552	0.335247	2.50	34531	11576	143713	273506	7.92
2021	m	80	0.117278	0.453443	2.50	22954	10408	88751	129793	5.65
2021	m	85	0.305679	1.000000	NA	12546	12546	41043	41043	3.27
2010	f	0	0.003569	0.017535	0.06	100000	1754	491343	7665040	76.65
2010	f	5	0.000300	0.001499	1.52	98246	147	490719	7173697	73.02
2010	f	10	0.000282	0.001410	2.50	98099	138	490150	6682978	68.12
2010	f	15	0.000481	0.002404	2.50	97961	236	489216	6192827	63.22
2010	f	20	0.000529	0.002642	2.50	97725	258	487981	5703612	58.36
2010	f	25	0.000688	0.003436	2.50	97467	335	486498	5215631	53.51
2010	f	30	0.000854	0.004260	2.50	97132	414	484627	4729132	48.69
2010	f	35	0.001221	0.006087	2.50	96718	589	482121	4244505	43.89
2010	f	40	0.001812	0.009019	2.50	96130	867	478481	3762385	39.14
2010	f	45	0.003223	0.015987	2.50	95263	1523	472506	3283903	34.47
2010	f	50	0.004928	0.024341	2.50	93740	2282	462995	2811397	29.99

Table 2: Tabla de Vida del Estado de Puebla (*continued*)

year	sex	age	mx	qx	ax	lx	dx	Lx	Tx	ex
2010	f	55	0.007631	0.037442	2.50	91458	3424	448729	2348402	25.68
2010	f	60	0.011859	0.057590	2.50	88034	5070	427494	1899673	21.58
2010	f	65	0.017472	0.083702	2.50	82964	6944	397458	1472180	17.74
2010	f	70	0.024619	0.115958	2.50	76020	8815	358060	1074721	14.14
2010	f	75	0.043343	0.195530	2.50	67205	13140	303171	716661	10.66
2010	f	80	0.067694	0.289481	2.50	54064	15651	231194	413490	7.65
2010	f	85	0.210721	1.000000	NA	38414	38414	182296	182296	4.75
2019	f	0	0.002497	0.012333	0.06	100000	1233	493907	7768228	77.68
2019	f	5	0.000209	0.001044	1.52	98767	103	493474	7274321	73.65
2019	f	10	0.000259	0.001294	2.50	98664	128	492999	6780846	68.73
2019	f	15	0.000438	0.002188	2.50	98536	216	492140	6287848	63.81
2019	f	20	0.000511	0.002554	2.50	98320	251	490974	5795707	58.95
2019	f	25	0.000628	0.003135	2.50	98069	307	489577	5304734	54.09
2019	f	30	0.000803	0.004007	2.50	97762	392	487829	4815156	49.25
2019	f	35	0.001068	0.005326	2.50	97370	519	485554	4327327	44.44
2019	f	40	0.001753	0.008728	2.50	96851	845	482144	3841773	39.67
2019	f	45	0.002901	0.014402	2.50	96006	1383	476574	3359630	34.99
2019	f	50	0.004378	0.021655	2.50	94623	2049	467994	2883056	30.47
2019	f	55	0.007353	0.036100	2.50	92574	3342	454517	2415061	26.09
2019	f	60	0.010878	0.052952	2.50	89232	4725	434349	1960544	21.97
2019	f	65	0.015314	0.073748	2.50	84507	6232	406956	1526195	18.06
2019	f	70	0.023434	0.110683	2.50	78275	8664	369716	1119239	14.30
2019	f	75	0.038493	0.175568	2.50	69611	12222	317503	749523	10.77
2019	f	80	0.067570	0.289028	2.50	57390	16587	245481	432020	7.53
2019	f	85	0.218735	1.000000	NA	40803	40803	186539	186539	4.57
2021	f	0	0.001935	0.009585	0.06	100000	959	495263	7265180	72.65
2021	f	5	0.000214	0.001068	1.52	99041	106	494839	6769917	68.35
2021	f	10	0.000310	0.001547	2.50	98936	153	494296	6275078	63.43
2021	f	15	0.000446	0.002226	2.50	98783	220	493363	5780782	58.52
2021	f	20	0.000646	0.003227	2.50	98563	318	492019	5287419	53.65
2021	f	25	0.000933	0.004656	2.50	98245	457	490080	4795400	48.81
2021	f	30	0.001324	0.006596	2.50	97787	645	487324	4305320	44.03
2021	f	35	0.002118	0.010533	2.50	97142	1023	483153	3817996	39.30
2021	f	40	0.003158	0.015666	2.50	96119	1506	476831	3334843	34.69
2021	f	45	0.005438	0.026824	2.50	94613	2538	466722	2858013	30.21
2021	f	50	0.008273	0.040529	2.50	92075	3732	451048	2391291	25.97

Table 2: Tabla de Vida del Estado de Puebla (*continued*)

year	sex	age	mx	qx	ax	lx	dx	Lx	Tx	ex
2021	f	55	0.013584	0.065689	2.50	88344	5803	427210	1940244	21.96
2021	f	60	0.020774	0.098741	2.50	82540	8150	392327	1513033	18.33
2021	f	65	0.028304	0.132167	2.50	74390	9832	347372	1120706	15.07
2021	f	70	0.039121	0.178179	2.50	64558	11503	294035	773334	11.98
2021	f	75	0.059485	0.258922	2.50	53055	13737	230934	479299	9.03
2021	f	80	0.091478	0.372255	2.50	39318	14636	160000	248365	6.32
2021	f	85	0.279318	1.000000	NA	24682	24682	88365	88365	3.58

Análisis de resultados.

1. Cambios en la estructura poblacional

- Las pirámides de población de 2010, 2019 y 2020 muestran una transición clara: la base se estrecha y los grupos adultos se ensanchan.
- Esto significa una **disminución sostenida de la fecundidad** y un avance gradual hacia el **envejecimiento**.
- Aunque Puebla sigue siendo una población relativamente joven, la transformación estructural ya es evidente en una década.

2. Diferencias en mortalidad por sexo

- En todos los años analizados, las **tasas de mortalidad masculina son más altas** que las femeninas.
- Este patrón persiste con lo observado a nivel nacional e internacional, debido a mayor exposición de los hombres a riesgos externos y enfermedades crónicas.

3. Evolución de las tasas de mortalidad (mx)

- Entre 2010 y 2019 se observa una **mejora ligera en la supervivencia**, con tasas de mortalidad ligeramente menores en 2019.
- En 2021, las tasas de mortalidad aumentan de forma marcada, especialmente entre los **40 y 80 años**, un patrón 100% coherente con el impacto de la **pandemia de COVID-19**.

4. Probabilidades de morir (qx)

- La qx muestra una **tendencia descendente** de 2010 a 2019, reflejando mejoras sanitarias previas a la pandemia.
- En 2021, la qx aumenta de forma significativa en edades medias y avanzadas.
- La **mortalidad infantil (qx) se mantiene baja**, lo que confirma que el impacto de COVID-19 no se concentró en recién nacidos.

5. Esperanza de vida (ex)

- En 2010 y 2019, la ex presenta **mejoras moderadas**, especialmente entre las mujeres.
- En **2021**, la esperanza de vida cae drásticamente:
 - Hombres: descenso aproximado de **7 años**.
 - Mujeres: descenso aproximado de **5 años**.
- Este retroceso coloca a Puebla en niveles de esperanza de vida **similares a los de hace más de una década**.

6. Conclusiones generales

- Puebla muestra un proceso claro de transición demográfica: menor fecundidad y envejecimiento progresivo.
- La mortalidad descendió gradualmente hasta 2019, pero 2021 representa un quiebre por el aumento abrupto de mx y qx.
- Las mujeres mantienen mejores niveles de supervivencia, aunque también sufrieron afectaciones importantes durante la pandemia.
- Todo en conjunto, los resultados evidencian que el COVID-19 produjo un impacto profundo en la dinámica de mortalidad del estado, alterando tendencias que habían mejorado durante años.