

# **Trabajo Final Demografía**

## **Informe Técnico: Construcción de Tablas de Mortalidad del estado de Colima 2010, 2019 y 2021**

Ingrid Dayana Martinez Mendoza      Ana Karen Morelos Bojórquez

### **Introducción**

Las tablas de mortalidad son herramientas fundamentales en el análisis demográfico y actuarial para cuantificar los patrones de mortalidad poblacional. Este informe describe el procedimiento seguido para la construcción de las tablas de vida por sexo para el estado de Colima (2010, 2019 y 2021), documentando las características demográficas relevantes de la entidad y detallando metodología, fuentes de información, algoritmos y resultados, con énfasis especial en el impacto de la pandemia de COVID-19 sobre la mortalidad y la esperanza de vida en el estatal.

A través de este análisis, se busca proporcionar una base sólida para la comprensión de los patrones de mortalidad en Colima y su evolución durante un período que incluye el crítico evento de la pandemia, ofreciendo percepciones o conocimientos valiosos para la toma de decisiones en el ámbito de la salud pública y la planificación actuarial.

### **Contexto Demográfico del Estado de Colima**

#### **Características Poblacionales y su Relación con la Mortalidad**

Colima, siendo uno de los estados con menor extensión territorial en México, presenta particularidades demográficas que influyen directamente en su estructura de mortalidad:

##### **Estructura Poblacional:**

- Población concentrada estimada de 731,391 habitantes (2020) distribuidos en 10 municipios, con densidad media-alta
- Urbanización acelerada (85% en zonas urbanas)
- Transición demográfica acelerada: Proceso de envejecimiento poblacional acelerado en la última década

- Distribución etaria cambiante: Base infantil reducida con expansión de adultos mayores

### **Indicadores Demográficos Clave (2020):**

- Tasa de crecimiento poblacional: 1.2% anual
- Estructura por edad: 0-14 años (25%), 15-64 años (65%), 65+ años (10%)
- Índice de envejecimiento: 40 adultos mayores por cada 100 niños
- Relación de dependencia: 54 dependientes por cada 100 en edad productiva

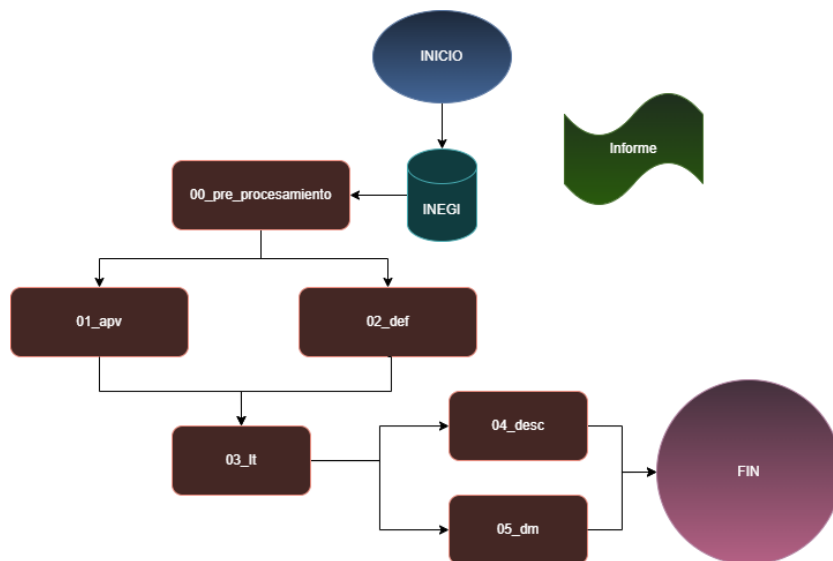
### **Determinantes Sociales y Económicas:**

- Indicadores educativos favorables: superiores al promedio nacional
- Economía especializada basada en actividades portuarias, comerciales y turísticas
- Cobertura de servicios de salud con disparidades regionales
- Movilidad constante: flujo permanente de personas y mercancías por actividad portuaria

### **Patrones Epidemiológicos:**

- Transición epidemiológica avanzada con predominio de enfermedades crónico-degenerativas
- Mortalidad por causas externas relacionadas con actividad portuaria y turística
- Vulnerabilidad específica ante eventos pandémicos por densidad poblacional

### **Diagrama de flujo**



## Descripción del Proceso:

El diagrama ilustra el flujo completo desde la obtención de datos brutos del INEGI hasta la generación de tablas de vida y análisis avanzados. Incluye las etapas de preprocesamiento, cálculo de poblaciones, procesamiento de defunciones, construcción de tablas de vida, y los análisis de descomposición y causa-eliminada.

## Algoritmos usados

### 1. Algoritmos de Cálculo de APV

- 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]
```

- APV 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==2010, .(age, sex, N)]
apv2019[, year := 2019]
```

- APV 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]
```

### 2. Procesamiento de Defunciones

- Promedio para 2010 y datos directos para 2019, 2021:

```
def_pro <- fread("data/def_pro.csv") %>%
  .[year %in% c(2009, 2010, 2011, 2019, 2021)]

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

def <- def_pro[, .(deaths = mean(deaths)),
  by = .(year = year_new, sex, age)]
```

### 3. Fórmulas Matemáticas Implementadas

- 3.1 Crecimiento Exponencial para APV

- Tasa de crecimiento instantánea:

$$r = \frac{\ln(P_T) - \ln(P_0)}{t_T - t_0}$$

- Crecimiento exponencial para APV:

$$P(t) = P_0 \cdot e^{r \cdot (t - t_0)}$$

- 3.2 Tasas de Mortalidad

- Tasa de mortalidad específica:

$$m_x = \frac{D_x}{E_x}$$

- Tasa central de mortalidad:

$${}_n m_x = \frac{{}_n D_x}{{}_n N_x} \approx \frac{{}_n d_x}{{}_n L_x}$$

- Fuerza de mortalidad (instantánea):

$$\mu(x) = \lim_{n \rightarrow 0} {}_n m_x = -\frac{d \ln l(x)}{dx}$$

- 3.3 Conversión mx a qx (Greville-Chiang):

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

- 3.4 Construcción tabla de vida:

$$\begin{aligned}
 l_0 &= 100000 \\
 {}_n d_x &= l_x \cdot {}_n q_x \\
 l_{x+n} &= l_x - {}_n d_x \\
 {}_n L_x &= n \cdot l_{x+n} + {}_n a_x \cdot {}_n d_x \\
 T_x &= \sum_{y \geq x} L_y \\
 e_x &= \frac{T_x}{l_x}
 \end{aligned}$$

- 3.5 Grupo final abierto:

$${}_{\infty} L_x = \frac{l_x}{{}_{\infty} m_x}$$

- 3.6 Descomposición de Arriaga:

$$\Delta e_0 = \sum_x \left[ \frac{l_x^1}{l_0^1} \cdot \left( \frac{L_x^2}{l_x^2} - \frac{L_x^1}{l_x^1} \right) + \frac{T_{x+1}^2}{l_0^1} \cdot \left( \frac{l_x^1}{l_x^1} - \frac{l_{x+1}^1}{l_x^1} \right) \right]$$

#### 4. Función Principal de Tablas de Vida

```
lt_abr <- function(x, mx, sex="f", IMR=NA){

  m <- length(x)
  n <- c(diff(x), NA)
  ax <- n/2

  # Ajustes Coale-Demeny para edades 0 y 1-4
  if(sex=="m"){
    if(mx[1]>=0.107){
      ax[1] <- 0.330
      ax[2] <- 1.352
    } else {
      ax[1] <- 0.045+2.684*mx[1]
      ax[2] <- 1.651-2.816*mx[1]
    }
  } else if(sex=="f"){
    if(mx[1]>=0.107){
      ax[1] <- 0.350
      ax[2] <- 1.361
    }
  }
}
```

```

    } else {
      ax[1] <- 0.053+2.800*mx[1]
      ax[2] <- 1.522-1.518*mx[1]
    }
  }

# Construcción de la tabla de vida
qx <- (n*mx)/(1+(n-ax)*mx)
qx[m] <- 1
px <- 1-qx
lx <- 100000 * cumprod(c(1,px[-m]))
dx <- c(-diff(lx), lx[m])
Lx <- n* c(lx[-1], 0) + ax*dx
Lx[m] <- lx[m]/mx[m]
Tx <- rev(cumsum(rev(Lx)))
ex <- Tx/lx

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

```

## Código usado

- Fuentes de Información Población:
  - Censo de Población y Vivienda 2010: [INEGI 2010](#)
  - Censo de Población y Vivienda 2020: [INEGI 2020](#)
- Defunciones:
  - Estadísticas Vitales de Mortalidad 2010-2021: [INEGI EDR](#)

## Limpieza y preparación de datos (00\_pre\_procesamiento.R)

Transformar los datos crudos del INEGI en tablas limpias y listas para análisis.

### Proceso:

#### 1. Carga de datos originales

- Lectura de archivos Excel del INEGI con información censal y de defunciones
- Extracción de datos desde rangos específicos de las hojas de cálculo

## 2. Limpieza y estandarización

- **Edades:** Conversión de formato texto a numérico (“0-4 años” → 0)
- **Valores numéricos:** Transformación de formatos con comas (“1,000” → 1000)
- **Estructura:** Eliminación de filas de totales y encabezados redundantes
- **Consistencia:** Homogenización de grupos de edad entre diferentes años

## 3. Tratamiento de valores missing

- **Prorrateo inteligente:** Distribución proporcional de valores “No especificado” en edad y sexo
- **Método:** Asignación basada en la estructura conocida de los datos
- **Objetivo:** Maximizar la información disponible sin distorsionar los patrones demográficos

## 4. Almacenamiento de datos procesados

- Exportación de tablas limpias en formato CSV
- Preservación de la estructura consistente para análisis posteriores

**Resultado final:** Conjuntos de datos censales y de defunciones completamente depurados, consistentes metodológicamente y listos para el cálculo de indicadores demográficos.

### Tabla Censos pro

```
datos <- read.csv("../data/censos_pro.csv")
head(datos, 10)
```

	X	year	sex	age	pop
1	1	2010	male	0	5807.782
2	2	2010	male	1	24234.356
3	3	2010	male	5	30708.257
4	4	2010	male	10	31085.859
5	5	2010	male	15	31932.173
6	6	2010	male	20	29850.806
7	7	2010	male	25	26314.710
8	8	2010	male	30	24893.388
9	9	2010	male	35	24162.480
10	10	2010	male	40	20349.003

### Tabla Defunciones pro

```
datos <- read.csv("../data/def_pro.csv")
head(datos, 10)
```

	year	sex	age	deaths
1	1990	male	0	208.41996
2	1990	male	1	68.58290
3	1990	male	5	16.37801
4	1990	male	10	17.40163
5	1990	male	15	39.92139
6	1990	male	20	52.20489
7	1990	male	25	59.16843
8	1990	male	30	45.03952
9	1990	male	35	56.29939
10	1990	male	40	45.03952

## Calculo de poblaciones a mitad de año (01\_apv.R)

Estimar las poblaciones por edad y sexo en puntos intermedios entre los censos, esencial para el cálculo preciso de tasas de mortalidad.

### Proceso:

#### 1. Interpolación exponencial de poblaciones

- **Método:** Aplicación de crecimiento exponencial entre censos 2010 y 2020
- **Puntos calculados:**
  - 2010.5 (mitad de año 2010)
  - 2019.5 (mitad de año 2019)
  - 2021.5 (mitad de año 2021)
- **Fórmula:**  $P(t) = P_0 \cdot e^{r \cdot (t - t_0)}$

#### 2. Visualización de estructura poblacional

- **Pirámides poblacionales:** Gráficas comparativas por edad y sexo
- **Análisis visual:** Identificación de patrones demográficos y cambios temporales
- **Escalas adaptadas:** Presentación en millones para mejor interpretación

#### 3. Consolidación de datos

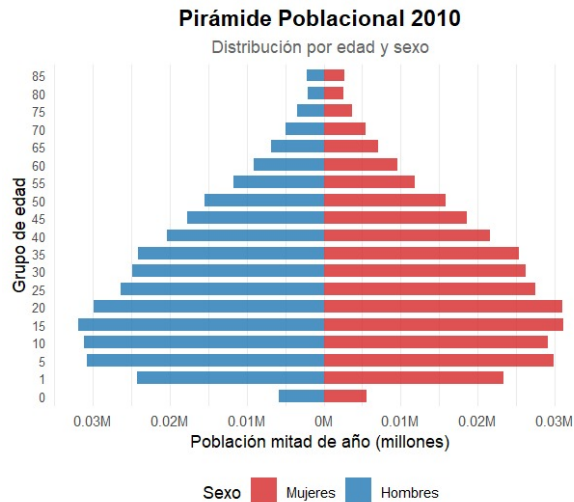
- **Unificación:** Integración de APV para los tres años de estudio
- **Estructura consistente:** Mismo formato para todos los períodos
- **Validación:** Verificación de coherencia entre estimaciones

**Resultado final:** Poblaciones estimadas por edad y sexo para 2010, 2019 y 2021, fundamentales para el cálculo robusto de indicadores de mortalidad.

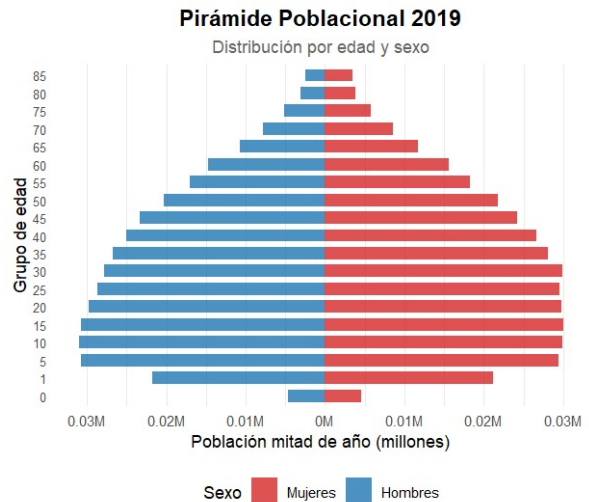
### Gráficas de los APV por año

#### Gráfica comparativa

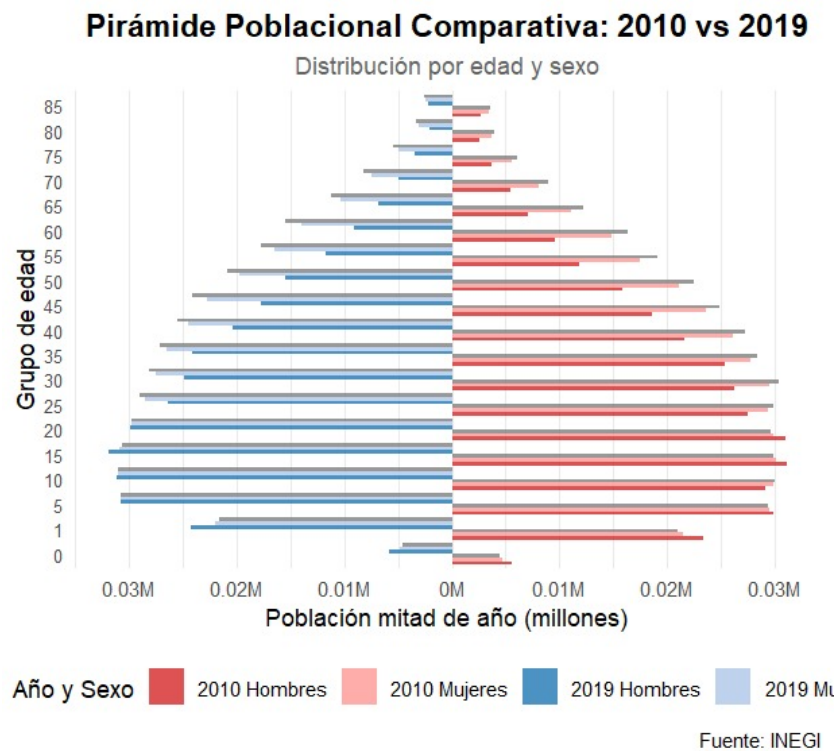




Fuente: INEGI



Fuente: INEGI



## Tabla Años Persona Vividos

```
datos <- read.csv("../data/apv.csv")
head(datos, 10)
```

	X	age	sex	N	year
1	1	0	male	5805.255	2010
2	2	1	male	24229.116	2010
3	3	5	male	30708.301	2010
4	4	10	male	31085.753	2010
5	5	15	male	31929.628	2010
6	6	20	male	29850.524	2010
7	7	25	male	26319.462	2010
8	8	30	male	24899.129	2010
9	9	35	male	24167.592	2010
10	10	40	male	20357.604	2010

## Procesamiento de defunciones (02\_def.R)

Preparar y estabilizar los datos de defunciones para asegurar comparabilidad temporal y minimizar fluctuaciones anuales aleatorias.

### Proceso:

#### 1. Selección estratégica de años

- **Para 2010:** Inclusión de 2009-2011 (promedio trianual)
- **Para 2019 y 2021:** Datos directos según especificaciones del proyecto
- **Objetivo:** Balance entre estabilidad estadística y precisión temporal

#### 2. Asignación de años de referencia

- **Sistema coherente:** Asignación consistente con las poblaciones calculadas
- **Agrupación inteligente:** Consolidación de años alrededor de cada punto de estudio
- **Compatibilidad:** Aseguramiento de correspondencia con las APV

#### 3. Cálculo de promedios

- **Método:** Media aritmética para suavizar variaciones anuales
- **Ventaja:** Reduce el impacto de fluctuaciones estadísticas temporales
- **Aplicación:** Específica para cada combinación edad-sexo-año

**Resultado final:** Defunciones procesadas y estabilizadas, listas para el cálculo preciso de tasas de mortalidad específicas por edad.

### Tabla Defunciones

```
datos <- read.csv("../data/def.csv")
head(datos, 10)
```

	year	sex	age	deaths
1	2010	male	0	79.154649
2	2010	male	1	13.218513
3	2010	male	5	7.792236
4	2010	male	10	5.760814
5	2010	male	15	32.539257
6	2010	male	20	45.415026
7	2010	male	25	54.570811
8	2010	male	30	63.721834
9	2010	male	35	84.050791
10	2010	male	40	87.436340

## Construcción de tablas de vida (03\_lt.R)

Integrar toda la información procesada para generar tablas de mortalidad completas y calcular los indicadores demográficos clave del estudio.

### Proceso:

#### 1. Integración de datos fundamentales

- **Unión precisa:** Combinación de poblaciones (APV) y defunciones por edad, sexo y año
- **Cálculo de tasas:**  $m_x = \frac{\text{defunciones}}{\text{población}}$  para cada grupo
- **Estandarización:** Conversión de sexo a formato abreviado (male→m, female→f)

#### 2. Aplicación del método actuarial

- **Función lt\_abr():** Implementación del método Greville-Chiang para tablas abreviadas
- **Conversión:** Transformación de tasas ( $m_x$ ) a probabilidades ( $q_x$ )
- **Indicadores:** Cálculo de sobrevivientes ( $l_x$ ), defunciones ( $d_x$ ), años vividos ( $L_x$ ), esperanzas de vida ( $e_x$ )

#### 3. Generación de indicadores estratégicos

- **Esperanza de vida al nacer:**  $e_0$  por sexo y año
- **Mortalidad infantil:**  $q_0$  como indicador de salud poblacional
- **Análisis comparativo:** Evolución temporal 2010-2019-2021

#### 4. Visualización avanzada

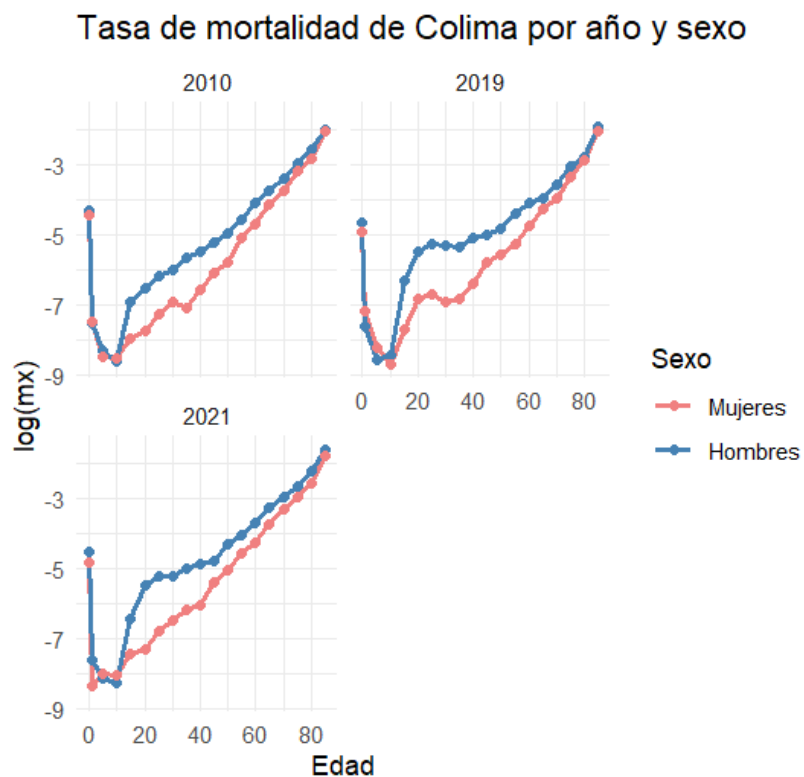
- **Tasas de mortalidad:** Gráficas de  $\log(m_x)$  por edad y sexo
- **Probabilidades de muerte:** Escala logarítmica para mejor visualización de patrones
- **Análisis temporal:** Comparación entre los tres períodos de estudio

**Resultado final:** Tablas de vida completas para Colima 2010-2021, con todos los indicadores necesarios para el análisis demográfico y evaluación del impacto de COVID-19.

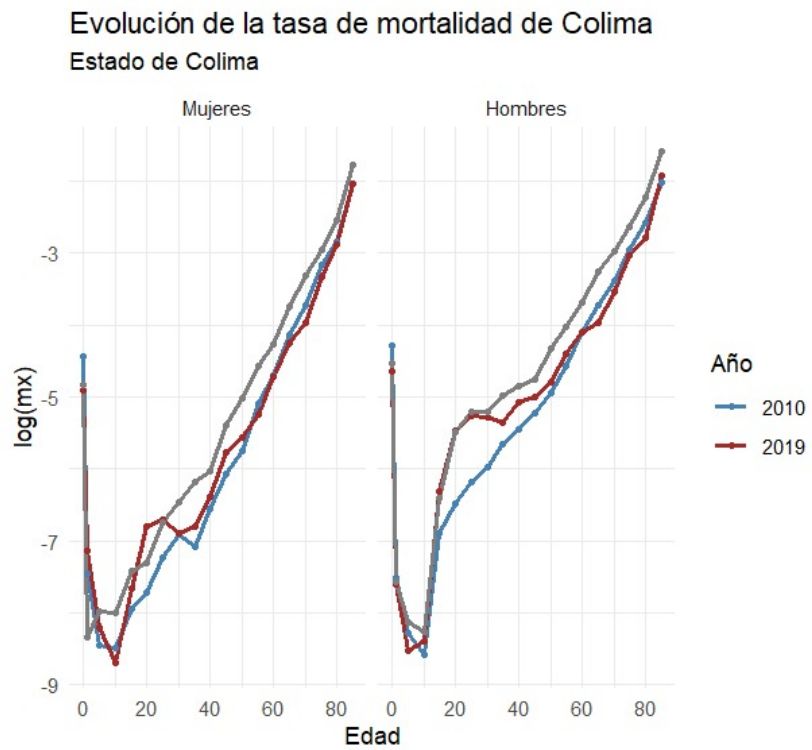
Estás tres gráficas nos muestran la transición demográfica avanzada y acelerada en el estado de Colima.

Hay un envejecimiento marcado, esto por la reducción de la base y la notable expansión de los grupos de adultos mayores entre 2010 y 2019.

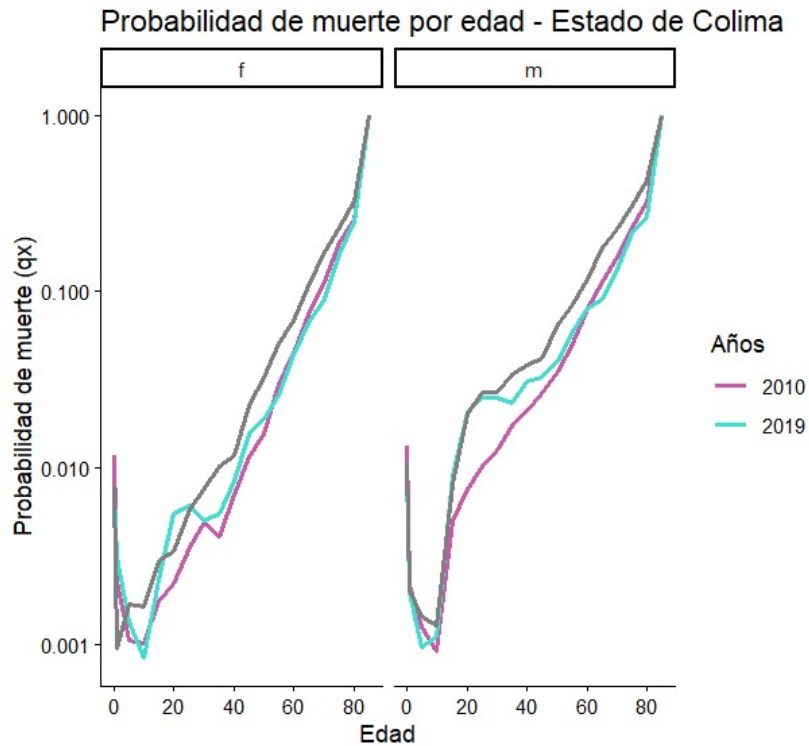
#### Tasa de mortalidad de Colima por año y sexo



#### Gráfica Evolución de la mortalidad



Gráfica Probabilidad de muerte por edad



De acuerdo con las gráficas, hay una baja y decreciente mortalidad infantil, mortalidad concentrada en la vejez, una brecha de género persistente pero estable y una mejoría en la supervivencia entre 2010 y 2019. Colima tiene una mortalidad controlada y en descenso, lo que acelera su proceso de envejecimiento poblacional.

Tabla lt\_input

```
datos <- read.csv("../data/lt_input.csv")
datos
```

	V1	age	sex	N	year	deaths	mx
1	1	0	m	5805.255	2010	79.154649	0.0136349996
2	2	1	m	24229.116	2010	13.218513	0.0005455632
3	3	5	m	30708.301	2010	7.792236	0.0002537501
4	4	10	m	31085.753	2010	5.760814	0.0001853201
5	5	15	m	31929.628	2010	32.539257	0.0010190929
6	6	20	m	29850.524	2010	45.415026	0.0015214147
7	7	25	m	26319.462	2010	54.570811	0.0020734015
8	8	30	m	24899.129	2010	63.721834	0.0025591994
9	9	35	m	24167.592	2010	84.050791	0.0034778306
10	10	40	m	20357.604	2010	87.436340	0.0042950211

11	11	45	m	17731.082	2010	95.247647	0.0053717898
12	12	50	m	15443.718	2010	109.801480	0.0071097828
13	13	55	m	11732.932	2010	121.339696	0.0103418049
14	14	60	m	9058.325	2010	150.130913	0.0165738045
15	15	65	m	6854.833	2010	166.747476	0.0243255346
16	16	70	m	4983.310	2010	169.116754	0.0339366311
17	17	75	m	3419.555	2010	177.923944	0.0520313158
18	18	80	m	2077.070	2010	158.950055	0.0765261108
19	19	85	m	2203.458	2010	295.540944	0.1341259546
20	20	0	f	5556.061	2010	65.976024	0.0118746031
21	21	1	f	23369.410	2010	13.365414	0.0005719192
22	22	5	f	29890.988	2010	6.348691	0.0002123948
23	23	10	f	29115.268	2010	6.011409	0.0002064693
24	24	15	f	31149.590	2010	11.026908	0.0003539985
25	25	20	f	30950.009	2010	13.699176	0.0004426227
26	26	25	f	27474.145	2010	19.711333	0.0007174503
27	27	30	f	26251.414	2010	26.054908	0.0009925144
28	28	35	f	25302.446	2010	21.045390	0.0008317532
29	29	40	f	21598.026	2010	30.737314	0.0014231538
30	30	45	f	18538.414	2010	43.095230	0.0023246449
31	31	50	f	15869.633	2010	50.451303	0.0031791096
32	32	55	f	11872.102	2010	72.496596	0.0061064669
33	33	60	f	9539.393	2010	87.188178	0.0091398039
34	34	65	f	7133.285	2010	114.257689	0.0160175423
35	35	70	f	5390.352	2010	130.957742	0.0242948425
36	36	75	f	3647.979	2010	154.337841	0.0423077623
37	37	80	f	2547.496	2010	148.666193	0.0583577721
38	38	85	f	2644.033	2010	347.446816	0.1314079124
39	39	0	m	4797.612	2019	46.083333	0.0096054723
40	40	1	m	22039.426	2019	11.019928	0.0005000097
41	41	5	m	30727.577	2019	6.010870	0.0001956181
42	42	10	m	31039.515	2019	7.012681	0.0002259275
43	43	15	m	30834.020	2019	56.101449	0.0018194659
44	44	20	m	29726.964	2019	124.224638	0.0041788538
45	45	25	m	28485.206	2019	146.264493	0.0051347528
46	46	30	m	27545.159	2019	139.251812	0.0050554005
47	47	35	m	26513.843	2019	126.228261	0.0047608437
48	48	40	m	24496.871	2019	154.278986	0.0062979058
49	49	45	m	22761.843	2019	152.275362	0.0066899400
50	50	50	m	19712.389	2019	162.293478	0.0082330699
51	51	55	m	16449.264	2019	202.365942	0.0123024311
52	52	60	m	14025.565	2019	234.423913	0.0167140441
53	53	65	m	10298.441	2019	194.351449	0.0188719283

54	54	70	m	7489.064	2019	216.391304	0.0288943052
55	55	75	m	4967.932	2019	238.431159	0.0479940428
56	56	80	m	3021.729	2019	186.336957	0.0616656837
57	57	85	m	2488.095	2019	361.653986	0.1453537651
58	58	0	f	4636.109	2019	34.076233	0.0073501791
59	59	1	f	21423.149	2019	17.038117	0.0007953133
60	60	5	f	29510.485	2019	8.017937	0.0002716979
61	61	10	f	29868.597	2019	5.011211	0.0001677752
62	62	15	f	30152.048	2019	14.031390	0.0004653545
63	63	20	f	29867.644	2019	33.073991	0.0011073519
64	64	25	f	29375.375	2019	36.080717	0.0012282640
65	65	30	f	29552.541	2019	30.067265	0.0010174172
66	66	35	f	27801.079	2019	31.069507	0.0011175648
67	67	40	f	26076.791	2019	44.098655	0.0016911074
68	68	45	f	23600.846	2019	74.165919	0.0031425110
69	69	50	f	21088.062	2019	80.179372	0.0038021215
70	70	55	f	17487.233	2019	92.206278	0.0052727769
71	71	60	f	14841.869	2019	133.298206	0.0089812276
72	72	65	f	11108.790	2019	158.354260	0.0142548611
73	73	70	f	8132.989	2019	154.345291	0.0189776829
74	74	75	f	5534.212	2019	197.441704	0.0356765689
75	75	80	f	3660.916	2019	205.459641	0.0561224653
76	76	85	f	3381.581	2019	439.984305	0.1301120274
77	77	0	m	4598.604	2021	49.688097	0.0108050391
78	78	1	m	21580.358	2021	11.023242	0.0005107998
79	79	5	m	30731.862	2021	9.019016	0.0002934744
80	80	10	m	31029.250	2021	8.016903	0.0002583660
81	81	15	m	30595.703	2021	50.105644	0.0016376693
82	82	20	m	29699.576	2021	123.259885	0.0041502237
83	83	25	m	28990.186	2021	158.333835	0.0054616357
84	84	30	m	28170.348	2021	155.327497	0.0055138651
85	85	35	m	27065.418	2021	187.395109	0.0069237840
86	86	40	m	25525.468	2021	200.422577	0.0078518669
87	87	45	m	24060.926	2021	205.433141	0.0085380395
88	88	50	m	20810.956	2021	277.585269	0.0133384200
89	89	55	m	17731.903	2021	315.665558	0.0178021250
90	90	60	m	15456.610	2021	389.821911	0.0252204018
91	91	65	m	11273.396	2021	436.921217	0.0387568416
92	92	70	m	8198.621	2021	421.889524	0.0514585966
93	93	75	m	5397.858	2021	388.819798	0.0720322363
94	94	80	m	3284.235	2021	358.756412	0.1092359193
95	95	85	m	2556.183	2021	521.098699	0.2038581597
96	96	0	f	4453.321	2021	35.416667	0.0079528660



97	97	1	f	21013.153	2021	5.000000	0.0002379462
98	98	5	f	29426.589	2021	10.000000	0.0003398287
99	99	10	f	30038.633	2021	10.000000	0.0003329046
100	100	15	f	29934.746	2021	18.000000	0.0006013079
101	101	20	f	29632.306	2021	20.000000	0.0006749390
102	102	25	f	29815.427	2021	35.000000	0.0011738889
103	103	30	f	30340.757	2021	47.000000	0.0015490714
104	104	35	f	28389.017	2021	59.000000	0.0020782685
105	105	40	f	27191.980	2021	65.000000	0.0023904107
106	106	45	f	24901.682	2021	114.000000	0.0045780039
107	107	50	f	22463.343	2021	149.000000	0.0066330287
108	108	55	f	19058.882	2021	199.000000	0.0104413258
109	109	60	f	16373.749	2021	231.000000	0.0141079480
110	110	65	f	12257.933	2021	290.000000	0.0236581481
111	111	70	f	8911.410	2021	326.000000	0.0365823123
112	112	75	f	6071.260	2021	318.000000	0.0523779290
113	113	80	f	3968.117	2021	312.000000	0.0786267061
114	114	85	f	3571.617	2021	603.000000	0.1688311109

Tabla lt\_output

```
library(kableExtra)
```

Warning: package 'kableExtra' was built under R version 4.5.2

```
datos <- read.csv("../data/lt_output.csv")

kable(datos, format = "latex", booktabs = TRUE, longtable = TRUE) %>%
  kable_styling(
    font_size = 8,
    latex_options = c("hold_position", "repeat_header")
  )
```

lt_desc	year	sex	age	mx	qx	ax	lx	dx	Lx	Tx	ex
LT VR/Census, COL	2010	m	0	0.013635	0.013466	0.08	100000	1347	98763	7339764	73.40
LT VR/Census, COL	2010	m	1	0.000546	0.002179	1.61	98653	215	394100	7241001	73.40
LT VR/Census, COL	2010	m	5	0.000254	0.001268	2.50	98438	125	491880	6846901	69.56
LT VR/Census, COL	2010	m	10	0.000185	0.000926	2.50	98314	91	491340	6355021	64.64
LT VR/Census, COL	2010	m	15	0.001019	0.005083	2.50	98222	499	489864	5863681	59.70
LT VR/Census, COL	2010	m	20	0.001521	0.007578	2.50	97723	741	486765	5373817	54.99
LT VR/Census, COL	2010	m	25	0.002073	0.010314	2.50	96983	1000	482413	4887052	50.39
LT VR/Census, COL	2010	m	30	0.002559	0.012715	2.50	95982	1220	476861	4404639	45.89

(continued)

lt_desc	year	sex	age	mx	qx	ax	lx	dx	Lx	Tx	ex
LT VR/Census, COL	2010	m	35	0.003478	0.017239	2.50	94762	1634	469726	3927778	41.45
LT VR/Census, COL	2010	m	40	0.004295	0.021247	2.50	93128	1979	460696	3458051	37.13
LT VR/Census, COL	2010	m	45	0.005372	0.026503	2.50	91150	2416	449709	2997356	32.88
LT VR/Census, COL	2010	m	50	0.007110	0.034928	2.50	88734	3099	435922	2547646	28.71
LT VR/Census, COL	2010	m	55	0.010342	0.050406	2.50	85635	4316	417382	2111725	24.66
LT VR/Census, COL	2010	m	60	0.016574	0.079572	2.50	81318	6471	390414	1694342	20.84
LT VR/Census, COL	2010	m	65	0.024326	0.114655	2.50	74848	8582	352784	1303928	17.42
LT VR/Census, COL	2010	m	70	0.033937	0.156413	2.50	66266	10365	305417	951144	14.35
LT VR/Census, COL	2010	m	75	0.052031	0.230211	2.50	55901	12869	247333	645727	11.55
LT VR/Census, COL	2010	m	80	0.076526	0.321183	2.50	43032	13821	180607	398394	9.26
LT VR/Census, COL	2010	m	85	0.134126	1.000000	NA	29211	29211	217787	217787	7.46
LT VR/Census, COL	2019	m	0	0.009605	0.009520	0.07	100000	952	99115	7122840	71.23
LT VR/Census, COL	2019	m	1	0.000500	0.001998	1.62	99048	198	395722	7023724	70.91
LT VR/Census, COL	2019	m	5	0.000196	0.000978	2.50	98850	97	494009	6628003	67.05
LT VR/Census, COL	2019	m	10	0.000226	0.001129	2.50	98753	111	493489	6133994	62.11
LT VR/Census, COL	2019	m	15	0.001819	0.009056	2.50	98642	893	490976	5640505	57.18
LT VR/Census, COL	2019	m	20	0.004179	0.020678	2.50	97749	2021	483690	5149529	52.68
LT VR/Census, COL	2019	m	25	0.005135	0.025348	2.50	95727	2427	472571	4665839	48.74
LT VR/Census, COL	2019	m	30	0.005055	0.024962	2.50	93301	2329	460682	4193268	44.94
LT VR/Census, COL	2019	m	35	0.004761	0.023524	2.50	90972	2140	449509	3732587	41.03
LT VR/Census, COL	2019	m	40	0.006298	0.031001	2.50	88832	2754	437275	3283077	36.96
LT VR/Census, COL	2019	m	45	0.006690	0.032899	2.50	86078	2832	423310	2845803	33.06
LT VR/Census, COL	2019	m	50	0.008233	0.040335	2.50	83246	3358	407836	2422493	29.10
LT VR/Census, COL	2019	m	55	0.012302	0.059677	2.50	79888	4767	387523	2014657	25.22
LT VR/Census, COL	2019	m	60	0.016714	0.080218	2.50	75121	6026	360539	1627134	21.66
LT VR/Census, COL	2019	m	65	0.018872	0.090108	2.50	69095	6226	329909	1266595	18.33
LT VR/Census, COL	2019	m	70	0.028894	0.134739	2.50	62869	8471	293167	936686	14.90
LT VR/Census, COL	2019	m	75	0.047994	0.214262	2.50	54398	11655	242851	643520	11.83
LT VR/Census, COL	2019	m	80	0.061666	0.267144	2.50	42742	11418	185166	400669	9.37
LT VR/Census, COL	2019	m	85	0.145354	1.000000	NA	31324	31324	215502	215502	6.88
LT VR/Census, COL	2021	m	0	0.010805	0.010698	0.07	100000	1070	99009	6588000	65.88
LT VR/Census, COL	2021	m	1	0.000511	0.002041	1.62	98930	202	395240	6488991	65.59
LT VR/Census, COL	2021	m	5	0.000293	0.001466	2.50	98728	145	493280	6093750	61.72
LT VR/Census, COL	2021	m	10	0.000258	0.001291	2.50	98584	127	492600	5600471	56.81
LT VR/Census, COL	2021	m	15	0.001638	0.008155	2.50	98456	803	490274	5107871	51.88
LT VR/Census, COL	2021	m	20	0.004150	0.020538	2.50	97653	2006	483253	4617597	47.29
LT VR/Census, COL	2021	m	25	0.005462	0.026940	2.50	95648	2577	471797	4134344	43.22
LT VR/Census, COL	2021	m	30	0.005514	0.027194	2.50	93071	2531	459027	3662547	39.35
LT VR/Census, COL	2021	m	35	0.006924	0.034030	2.50	90540	3081	444997	3203520	35.38
LT VR/Census, COL	2021	m	40	0.007852	0.038504	2.50	87459	3367	428876	2758523	31.54
LT VR/Census, COL	2021	m	45	0.008538	0.041798	2.50	84091	3515	411670	2329647	27.70
LT VR/Census, COL	2021	m	50	0.013338	0.064540	2.50	80577	5200	389882	1917977	23.80
LT VR/Census, COL	2021	m	55	0.017802	0.085218	2.50	75376	6423	360822	1528095	20.27
LT VR/Census, COL	2021	m	60	0.025220	0.118623	2.50	68953	8179	324315	1167273	16.93
LT VR/Census, COL	2021	m	65	0.038757	0.176667	2.50	60773	10737	277025	842958	13.87
LT VR/Census, COL	2021	m	70	0.051459	0.227966	2.50	50037	11407	221667	565932	11.31
LT VR/Census, COL	2021	m	75	0.072032	0.305200	2.50	38630	11790	163676	344265	8.91
LT VR/Census, COL	2021	m	80	0.109236	0.429019	2.50	26840	11515	105413	180589	6.73
LT VR/Census, COL	2021	m	85	0.203858	1.000000	NA	15325	15325	75176	75176	4.91
LT VR/Census, COL	2010	f	0	0.011875	0.011747	0.09	100000	1175	98927	7943759	79.44

(continued)

lt_desc	year	sex	age	mx	qx	ax	lx	dx	Lx	Tx	ex
LT VR/Census, COL	2010	f	1	0.000572	0.002284	1.50	98825	226	394738	7844832	79.38
LT VR/Census, COL	2010	f	5	0.000212	0.001061	2.50	98600	105	492736	7450094	75.56
LT VR/Census, COL	2010	f	10	0.000206	0.001032	2.50	98495	102	492220	6957358	70.64
LT VR/Census, COL	2010	f	15	0.000354	0.001768	2.50	98393	174	491531	6465138	65.71
LT VR/Census, COL	2010	f	20	0.000443	0.002211	2.50	98219	217	490553	5973607	60.82
LT VR/Census, COL	2010	f	25	0.000717	0.003581	2.50	98002	351	489133	5483053	55.95
LT VR/Census, COL	2010	f	30	0.000993	0.004950	2.50	97651	483	487047	4993920	51.14
LT VR/Census, COL	2010	f	35	0.000832	0.004150	2.50	97168	403	484831	4506873	46.38
LT VR/Census, COL	2010	f	40	0.001423	0.007091	2.50	96765	686	482107	4022042	41.57
LT VR/Census, COL	2010	f	45	0.002325	0.011556	2.50	96078	1110	477616	3539935	36.84
LT VR/Census, COL	2010	f	50	0.003179	0.015770	2.50	94968	1498	471096	3062318	32.25
LT VR/Census, COL	2010	f	55	0.006106	0.030073	2.50	93470	2811	460325	2591222	27.72
LT VR/Census, COL	2010	f	60	0.009140	0.044678	2.50	90659	4050	443171	2130897	23.50
LT VR/Census, COL	2010	f	65	0.016018	0.077004	2.50	86609	6669	416372	1687726	19.49
LT VR/Census, COL	2010	f	70	0.024295	0.114519	2.50	79940	9155	376812	1271354	15.90
LT VR/Census, COL	2010	f	75	0.042308	0.191305	2.50	70785	13542	320072	894542	12.64
LT VR/Census, COL	2010	f	80	0.058358	0.254639	2.50	57244	14576	249777	574470	10.04
LT VR/Census, COL	2010	f	85	0.131408	1.000000	NA	42667	42667	324693	324693	7.61
LT VR/Census, COL	2019	f	0	0.007350	0.007300	0.07	100000	730	99324	7989013	79.89
LT VR/Census, COL	2019	f	1	0.000795	0.003175	1.51	99270	315	396295	7889690	79.48
LT VR/Census, COL	2019	f	5	0.000272	0.001358	2.50	98955	134	494438	7493394	75.73
LT VR/Census, COL	2019	f	10	0.000168	0.000839	2.50	98820	83	493895	6998956	70.82
LT VR/Census, COL	2019	f	15	0.000465	0.002324	2.50	98738	229	493114	6505061	65.88
LT VR/Census, COL	2019	f	20	0.001107	0.005521	2.50	98508	544	491181	6011947	61.03
LT VR/Census, COL	2019	f	25	0.001228	0.006123	2.50	97964	600	488321	5520766	56.35
LT VR/Census, COL	2019	f	30	0.001017	0.005074	2.50	97364	494	485587	5032445	51.69
LT VR/Census, COL	2019	f	35	0.001118	0.005572	2.50	96870	540	483002	4546858	46.94
LT VR/Census, COL	2019	f	40	0.001691	0.008420	2.50	96331	811	479625	4063856	42.19
LT VR/Census, COL	2019	f	45	0.003143	0.015590	2.50	95519	1489	473874	3584231	37.52
LT VR/Census, COL	2019	f	50	0.003802	0.018832	2.50	94030	1771	465725	3110356	33.08
LT VR/Census, COL	2019	f	55	0.005273	0.026021	2.50	92260	2401	455296	2644631	28.67
LT VR/Census, COL	2019	f	60	0.008981	0.043920	2.50	89859	3947	439428	2189335	24.36
LT VR/Census, COL	2019	f	65	0.014255	0.068822	2.50	85912	5913	414780	1749907	20.37
LT VR/Census, COL	2019	f	70	0.018978	0.090590	2.50	80000	7247	381880	1335127	16.69
LT VR/Census, COL	2019	f	75	0.035677	0.163775	2.50	72752	11915	333975	953247	13.10
LT VR/Census, COL	2019	f	80	0.056122	0.246085	2.50	60837	14971	266759	619272	10.18
LT VR/Census, COL	2019	f	85	0.130112	1.000000	NA	45866	45866	352513	352513	7.69
LT VR/Census, COL	2021	f	0	0.007953	0.007895	0.08	100000	789	99270	7495130	74.95
LT VR/Census, COL	2021	f	1	0.000238	0.000951	1.51	99211	94	396607	7395860	74.55
LT VR/Census, COL	2021	f	5	0.000340	0.001698	2.50	99116	168	495160	6999253	70.62
LT VR/Census, COL	2021	f	10	0.000333	0.001663	2.50	98948	165	494328	6504093	65.73
LT VR/Census, COL	2021	f	15	0.000601	0.003002	2.50	98783	297	493175	6009765	60.84
LT VR/Census, COL	2021	f	20	0.000675	0.003369	2.50	98487	332	491604	5516590	56.01
LT VR/Census, COL	2021	f	25	0.001174	0.005852	2.50	98155	574	489339	5024986	51.19
LT VR/Census, COL	2021	f	30	0.001549	0.007715	2.50	97581	753	486020	4535647	46.48
LT VR/Census, COL	2021	f	35	0.002078	0.010338	2.50	96828	1001	481636	4049627	41.82
LT VR/Census, COL	2021	f	40	0.002390	0.011881	2.50	95827	1139	476287	3567991	37.23
LT VR/Census, COL	2021	f	45	0.004578	0.022631	2.50	94688	2143	468084	3091704	32.65
LT VR/Census, COL	2021	f	50	0.006633	0.032624	2.50	92545	3019	455178	2623620	28.35
LT VR/Census, COL	2021	f	55	0.010441	0.050879	2.50	89526	4555	436243	2168442	24.22

(continued)

lt_desc	year	sex	age	mx	qx	ax	lx	dx	Lx	Tx	ex
LT VR/Census, COL	2021	f	60	0.014108	0.068137	2.50	84971	5790	410381	1732199	20.39
LT VR/Census, COL	2021	f	65	0.023658	0.111685	2.50	79181	8843	373799	1321817	16.69
LT VR/Census, COL	2021	f	70	0.036582	0.167585	2.50	70338	11788	322221	948018	13.48
LT VR/Census, COL	2021	f	75	0.052378	0.231567	2.50	58550	13558	258856	625797	10.69
LT VR/Census, COL	2021	f	80	0.078627	0.328551	2.50	44992	14782	188005	366941	8.16
LT VR/Census, COL	2021	f	85	0.168831	1.000000	NA	30210	30210	178936	178936	5.92

## Análisis de Descomposición (04\_desc.R)

Aplicar el método de descomposición de Arriaga para cuantificar las contribuciones por edad a los cambios en la esperanza de vida entre períodos, con especial énfasis en el impacto diferenciado por sexo y el efecto de la pandemia de COVID-19.

### Proceso:

#### 1. Preparación de datos para descomposición

- **Filtrado estratégico:** Selección de tablas de vida por sexo y año para comparaciones pareadas (2010-2019, 2019-2021)
- **Estandarización etaria:** Unificación de grupos de edad hasta 85+ años para comparabilidad
- **Estructuración:** Organización de datos en formato requerido por el método Arriaga ( $l_x$ ,  ${}_nL_x$ ,  $T_x$ ,  $e_x$ )

#### 2. Implementación del método de Arriaga

- **Función `arriaga_decomp()`:** Aplicación de la fórmula de descomposición para calcular contribuciones directas e indirectas por edad
- **Cálculo de contribuciones:**  $C_D(x) = \frac{l_x^1}{l_0^1} \cdot \left( \frac{L_x^2}{l_x^2} - \frac{L_x^1}{l_x^1} \right)$  para efecto directo
- **Efecto indirecto:**  $C_I(x) = \frac{T_{x+1}^2}{l_0^1} \cdot \left( \frac{l_x^1}{l_x^1} - \frac{l_{x+1}^1}{l_x^1} \right)$  por cambios en estructura de sobrevivientes

#### 3. Consolidación de resultados

- **Agrupación por edades estándar:** Consolidación de contribuciones en grupos etarios significativos (0, 1-4, 5-9, ..., 85+)
- **Cálculo de porcentajes:** Determinación del peso relativo de cada grupo en la diferencia total de esperanza de vida
- **Resumen comparativo:** Generación de tablas resumen por período y sexo

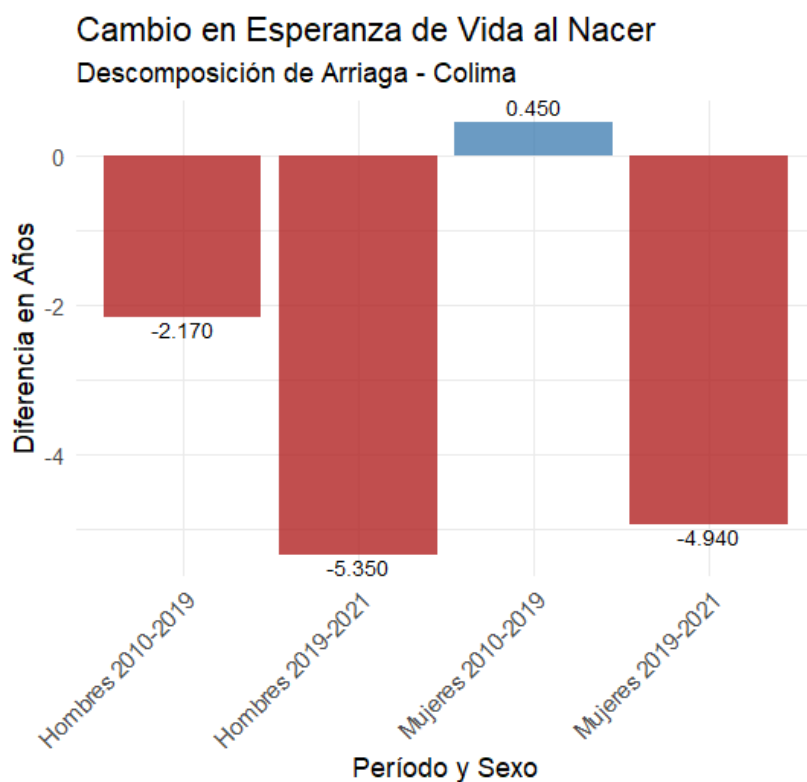
#### 4. Visualización de descomposiciones

- **Gráficas de contribuciones:** Diagramas de barras mostrando contribuciones positivas y negativas por grupo de edad

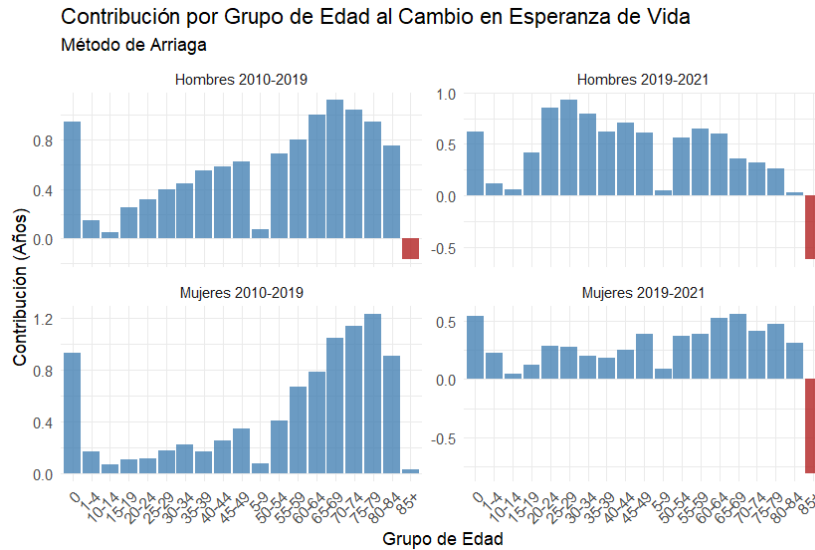
- **Comparativas por sexo:** Visualización side-by-side de patrones masculinos y femeninos
- **Análisis temporal:** Evolución de patrones de contribución entre períodos pre y post pandemia

**Resultado final:** Análisis detallado de los determinantes etarios de los cambios en esperanza de vida en Colima, identificando grupos de edad críticos para las mejoras pre-pandemia y los más afectados durante COVID-19, con visualizaciones comprensivas para apoyo a la toma de decisiones.

#### Grafica Cambio en Esperanza de Vida al Nacer



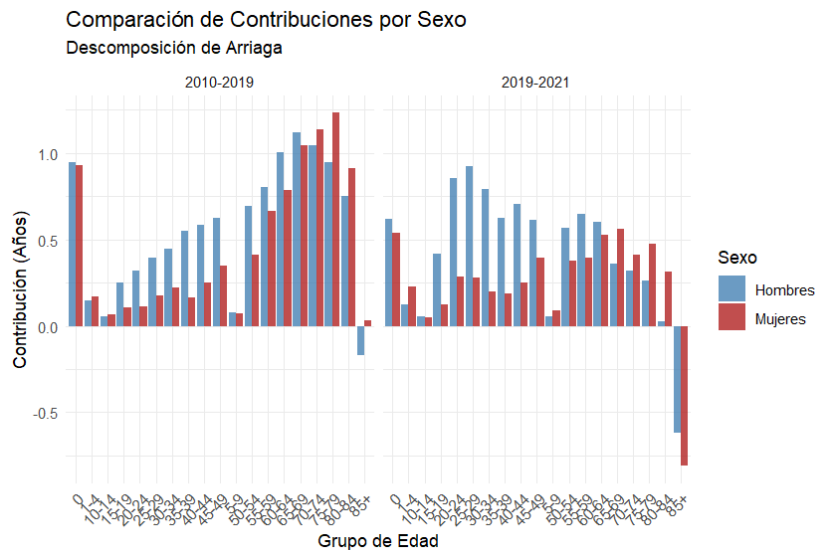
#### Grafica Contribución por edad al Cambio en Esperanza de Vida



En 2010-2019, para ambos sexos, las contribuciones positivas se concentran en los grupos de edad más jóvenes y adultos medios, debido a reducciones en muertes por enfermedades infecciosas, accidentes o mejoras en atención médica. Las edades más avanzadas pueden tener contribuciones menores o ligeramente negativas en algunos casos.

Para 2019-2021, dominan las contribuciones negativas, particularmente en los grupos de edad de 60 años en adelante, donde la mortalidad por COVID-19 fue alta.

### Grafica Comparación de Contribuciones por Sexo



De acuerdo con esta gráfica, podemos ver que hubo un aumento en la esperanza de vida para ambos sexos, pero con diferentes patrones de contribución por edad en el periodo 2010-

2019. Por otro lado, para 2019-2021, hubo una disminución o un cambio negativo debido a la pandemia de COVID-19 que causa un impacto significativo en la mortalidad afectando más a ciertos grupos de edad, especialmente en adultos mayores.

En conclusión, de acuerdo con las gráficas podemos ver que la pandemia afectó de manera desproporcionada a los adultos mayores y a los hombres en Colima, borrando años de ganancias en esperanza de vida.

#### Tabla arriaga\_descomposicion

```
datos <- read.csv("../data/arriaga_descomposicion.csv")
head(datos, 10)
```

		periodo	grupo_edad	contribucion	porcentaje
1	Hombres	2010-2019	0	0.94961562	8.9692868
2	Hombres	2010-2019	1-4	0.14488652	1.3684787
3	Hombres	2010-2019	5-9	0.07796850	0.7364263
4	Hombres	2010-2019	10-14	0.05233483	0.4943117
5	Hombres	2010-2019	15-19	0.25182810	2.3785607
6	Hombres	2010-2019	20-24	0.32128056	3.0345515
7	Hombres	2010-2019	25-29	0.39638818	3.7439562
8	Hombres	2010-2019	30-34	0.44502532	4.2033425
9	Hombres	2010-2019	35-39	0.55120820	5.2062586
10	Hombres	2010-2019	40-44	0.58169707	5.4942313

#### Tabla arriaga\_resumen\_ex

```
datos <- read.csv("../data/arriaga_resumen_ex.csv")
datos
```

		periodo	ex_inicial	ex_final	diferencia
1	Hombres	2010-2019	73.40	71.23	-2.17
2	Hombres	2019-2021	71.23	65.88	-5.35
3	Mujeres	2010-2019	79.44	79.89	0.45
4	Mujeres	2019-2021	79.89	74.95	-4.94

### Análisis de decrementos múltiples y causa-eliminada (05\_dm.R)

Implementar metodología de decrementos múltiples para el análisis específico de homicidios como causa de muerte, cuantificando su impacto sobre la esperanza de vida y los patrones de mortalidad por sexo en Colima.

#### Proceso:

## 1. Preparación de datos por causa de muerte

- **Desagregación de defunciones:** Procesamiento de datos de mortalidad por causas específicas, con foco en homicidios
- **Validación de consistencia:** Verificación de compatibilidad entre datos de causa específica y mortalidad general
- **Estructuración por sexo y edad:** Organización de datos para análisis diferenciado

## 2. Implementación de función de decrementos múltiples

- **Función `decrementos_multiples_sexo()`:** Cálculo de tablas de vida considerando estructura de causas de muerte
- **Ajuste de parámetros:** Aplicación de factores de corrección para causas específicas
- **Cálculo de probabilidades:** Estimación de  $q_x$  ajustadas por eliminación de homicidios

## 3. Construcción de tablas causa-eliminada

- **Escenario contrafactual:** Generación de tablas de vida excluyendo defunciones por homicidios
- **Cálculo de ganancias potenciales:** Estimación de aumento en esperanza de vida ( $\Delta e_0$ ) por eliminación de causa
- **Análisis diferencial por sexo:** Cuantificación de impacto específico en hombres y mujeres

## 4. Generación de indicadores de impacto

- **Esperanza de vida ajustada:**  $e_0^{adj}$  calculada bajo escenario sin homicidios
- **Probabilidades de muerte específicas:**  $q_x^{sin\ homicidios}$  por edad y sexo
- **Años de vida potencial ganados:** Cálculo de AVPG por eliminación de causa

## 5. Visualización de resultados causa-eliminada

- **Comparativas de esperanza de vida:** Gráficas de  $e_0$  con y sin homicidios por sexo
- **Perfiles de mortalidad ajustada:** Curvas de  $q_x$  mostrando reducción potencial por eliminación de causa
- **Análisis de brechas:** Visualización de impacto diferencial por grupos de edad y sexo

**Resultado final:** Cuantificación robusta del impacto de los homicidios sobre la mortalidad en Colima, con estimaciones específicas por sexo y edad que permiten priorizar intervenciones de prevención de violencia, complementado con visualizaciones claras para comunicación de resultados a tomadores de decisiones.



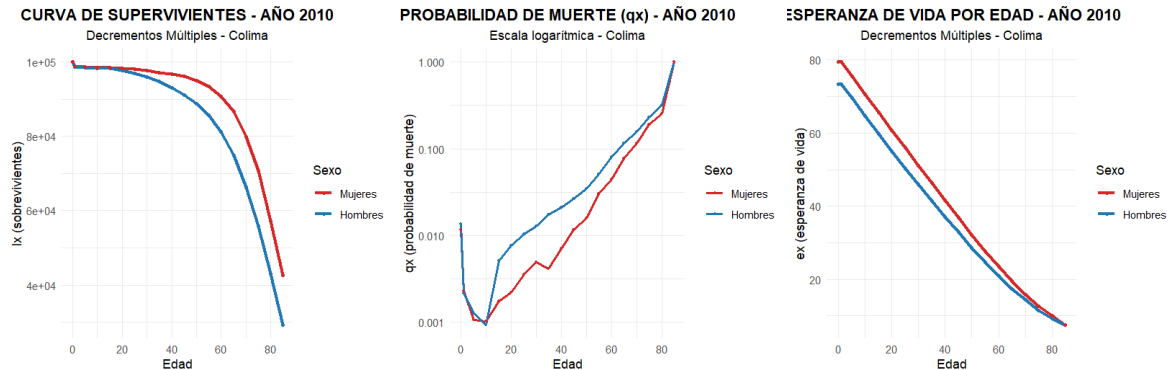
```
datos <- read.csv("../data/decrementos_hombres_2010.csv")
datos
```

	Edad	n	mx	qx	px	ax	lx	dx	Lx	Tx	ex
1	0	1	0.013635	0.013466	0.986534	0.08	100000	1347	98763	7339764	73.40
2	1	4	0.000546	0.002179	0.997821	1.61	98653	215	394100	7241001	73.40
3	5	5	0.000254	0.001268	0.998732	2.50	98438	125	491880	6846901	69.56
4	10	5	0.000185	0.000926	0.999074	2.50	98314	91	491340	6355021	64.64
5	15	5	0.001019	0.005083	0.994917	2.50	98223	499	489864	5863681	59.70
6	20	5	0.001521	0.007578	0.992422	2.50	97723	741	486765	5373817	54.99
7	25	5	0.002073	0.010314	0.989686	2.50	96983	1000	482413	4887052	50.39
8	30	5	0.002559	0.012715	0.987285	2.50	95982	1220	476861	4404639	45.89
9	35	5	0.003478	0.017239	0.982761	2.50	94762	1634	469726	3927778	41.45
10	40	5	0.004295	0.021247	0.978753	2.50	93128	1979	460696	3458051	37.13
11	45	5	0.005372	0.026503	0.973497	2.50	91150	2416	449709	2997356	32.88
12	50	5	0.007110	0.034928	0.965072	2.50	88734	3099	435922	2547646	28.71
13	55	5	0.010342	0.050406	0.949594	2.50	85635	4317	417382	2111725	24.66
14	60	5	0.016574	0.079572	0.920428	2.50	81318	6471	390414	1694342	20.84
15	65	5	0.024326	0.114655	0.885345	2.50	74848	8582	352784	1303928	17.42
16	70	5	0.033937	0.156413	0.843587	2.50	66266	10365	305417	951144	14.35
17	75	5	0.052031	0.230211	0.769789	2.50	55901	12869	247333	645727	11.55
18	80	5	0.076526	0.321183	0.678817	2.50	43032	13821	180607	398394	9.26
19	85	NA	0.134126	1.000000	0.000000	NA	29211	29211	217787	217787	7.46

```
datos <- read.csv("../data/decrementos_mujeres_2010.csv")
datos
```

	Edad	n	mx	qx	px	ax	lx	dx	Lx	Tx	ex
1	0	1	0.011875	0.011747	0.988253	0.09	100000	1175	98927	7943759	79.44
2	1	4	0.000572	0.002284	0.997716	1.50	98825	226	394738	7844832	79.38
3	5	5	0.000212	0.001061	0.998939	2.50	98600	105	492736	7450094	75.56
4	10	5	0.000206	0.001032	0.998968	2.50	98495	102	492220	6957358	70.64
5	15	5	0.000354	0.001768	0.998232	2.50	98393	174	491531	6465138	65.71
6	20	5	0.000443	0.002211	0.997789	2.50	98219	217	490553	5973607	60.82
7	25	5	0.000717	0.003581	0.996419	2.50	98002	351	489133	5483053	55.95
8	30	5	0.000993	0.004950	0.995050	2.50	97651	483	487047	4993920	51.14
9	35	5	0.000832	0.004150	0.995850	2.50	97168	403	484831	4506873	46.38
10	40	5	0.001423	0.007091	0.992909	2.50	96765	686	482107	4022042	41.57
11	45	5	0.002325	0.011556	0.988444	2.50	96078	1110	477616	3539935	36.84
12	50	5	0.003179	0.015770	0.984230	2.50	94968	1498	471096	3062318	32.25
13	55	5	0.006106	0.030073	0.969927	2.50	93471	2811	460325	2591222	27.72

14	60	5	0.009140	0.044678	0.955322	2.50	90660	4050	443171	2130897	23.50
15	65	5	0.016018	0.077004	0.922996	2.50	86609	6669	416372	1687726	19.49
16	70	5	0.024295	0.114519	0.885481	2.50	79940	9155	376812	1271354	15.90
17	75	5	0.042308	0.191305	0.808695	2.50	70785	13542	320072	894542	12.64
18	80	5	0.058358	0.254639	0.745361	2.50	57244	14576	249777	574470	10.04
19	85	NA	0.131408	1.000000	0.000000	NA	42667	42667	324693	324693	7.61



En 2010, la supervivencia muestra el patrón usual: baja mortalidad en edades jóvenes y un descenso acelerado después de los 60 años. La mujeres presentan mayor supervivencia en todas las edades, con una ventaja clara incluso en edades avanzadas. La mortalidad infantil es visible desde el primer año y las probabilidades de muerte siguen la forma de “U”, con riesgos mínimos en la adolescencia y un aumento marcado después de los 40. La esperanza de vida al nacer es de 79.9 años para mujeres y 73.4 para hombres, manteniéndose la brecha a lo largo de la vida, con una ligera reducción en edades mayores.

```
datos <- read.csv("../data/decrementos_hombres_2019.csv")
datos
```

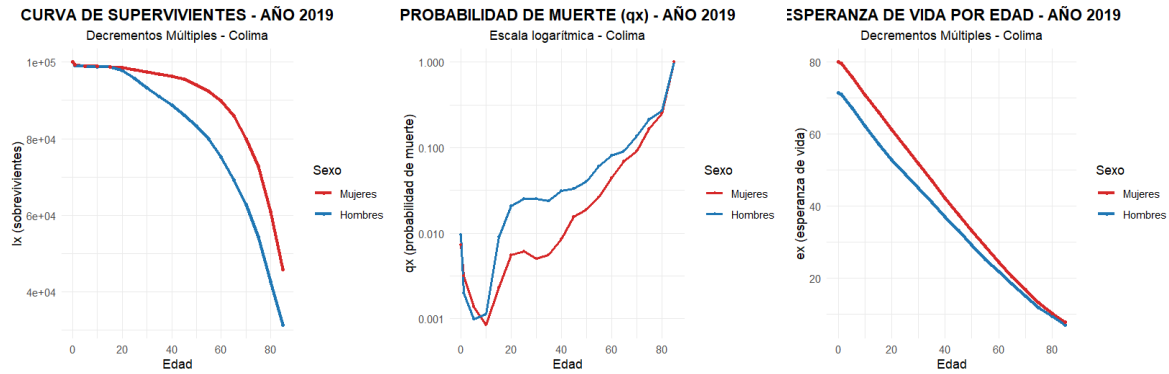
	Edad	n	mx	qx	px	ax	lx	dx	Lx	Tx	ex
1	0	1	0.009605	0.009520	0.990480	0.07	100000	952	99115	7122840	71.23
2	1	4	0.000500	0.001998	0.998002	1.62	99048	198	395722	7023724	70.91
3	5	5	0.000196	0.000978	0.999022	2.50	98850	97	494009	6628003	67.05
4	10	5	0.000226	0.001129	0.998871	2.50	98753	111	493489	6133994	62.11
5	15	5	0.001819	0.009056	0.990944	2.50	98642	893	490976	5640505	57.18
6	20	5	0.004179	0.020678	0.979322	2.50	97749	2021	483690	5149529	52.68
7	25	5	0.005135	0.025348	0.974652	2.50	95727	2426	472571	4665839	48.74
8	30	5	0.005055	0.024962	0.975038	2.50	93301	2329	460682	4193268	44.94
9	35	5	0.004761	0.023524	0.976476	2.50	90972	2140	449509	3732587	41.03
10	40	5	0.006298	0.031001	0.968999	2.50	88832	2754	437275	3283077	36.96
11	45	5	0.006690	0.032899	0.967101	2.50	86078	2832	423310	2845803	33.06

12	50	5	0.008233	0.040335	0.959665	2.50	83246	3358	407836	2422493	29.10
13	55	5	0.012302	0.059677	0.940323	2.50	79888	4767	387523	2014657	25.22
14	60	5	0.016714	0.080218	0.919782	2.50	75121	6026	360539	1627134	21.66
15	65	5	0.018872	0.090108	0.909892	2.50	69095	6226	329909	1266595	18.33
16	70	5	0.028894	0.134739	0.865261	2.50	62869	8471	293167	936686	14.90
17	75	5	0.047994	0.214262	0.785738	2.50	54398	11655	242851	643520	11.83
18	80	5	0.061666	0.267144	0.732856	2.50	42743	11418	185166	400669	9.37
19	85	NA	0.145354	1.000000	0.000000	NA	31324	31324	215502	215502	6.88

```
datos <- read.csv("../data/decrementos_mujeres_2019.csv")
datos
```

	Edad	n	mx	qx	px	ax	lx	dx	Lx	Tx	ex
1	0	1	0.007350	0.007300	0.992700	0.07	100000	730	99324	7989013	79.89
2	1	4	0.000795	0.003175	0.996825	1.51	99270	315	396295	7889690	79.48
3	5	5	0.000272	0.001358	0.998642	2.50	98955	134	494438	7493394	75.73
4	10	5	0.000168	0.000839	0.999161	2.50	98820	83	493895	6998956	70.82
5	15	5	0.000465	0.002324	0.997676	2.50	98738	229	493114	6505061	65.88
6	20	5	0.001107	0.005521	0.994479	2.50	98508	544	491181	6011947	61.03
7	25	5	0.001228	0.006123	0.993877	2.50	97964	600	488321	5520766	56.35
8	30	5	0.001017	0.005074	0.994926	2.50	97364	494	485587	5032445	51.69
9	35	5	0.001118	0.005572	0.994428	2.50	96870	540	483002	4546858	46.94
10	40	5	0.001691	0.008420	0.991580	2.50	96331	811	479625	4063856	42.19
11	45	5	0.003143	0.015590	0.984410	2.50	95519	1489	473874	3584231	37.52
12	50	5	0.003802	0.018832	0.981168	2.50	94030	1771	465725	3110356	33.08
13	55	5	0.005273	0.026021	0.973979	2.50	92260	2401	455296	2644631	28.67
14	60	5	0.008981	0.043920	0.956080	2.50	89859	3947	439428	2189335	24.36
15	65	5	0.014255	0.068822	0.931178	2.50	85912	5913	414780	1749907	20.37
16	70	5	0.018978	0.090590	0.909410	2.50	80000	7247	381880	1335127	16.69
17	75	5	0.035677	0.163775	0.836225	2.50	72752	11915	333975	953247	13.10
18	80	5	0.056122	0.246085	0.753915	2.50	60837	14971	266759	619272	10.18
19	85	NA	0.130112	1.000000	0.000000	NA	45866	45866	352513	352513	7.69

Para 2019, se observa una reducción general de la supervivencia para ambos sexos comparado con 2010, con un descenso más marcado entre los 30 y 60 años. En todas las edades hay menos sobrevivientes. Las probabilidades de muerte aumentan en casi todos los grupos de edad, especialmente en adultos, mientras que la mortalidad infantil se mantiene estable o ligeramente mejor. La esperanza de vida cae de forma importante: 74.9 años en mujeres y 65.9 en hombres, con una brecha de género que aumenta hasta 9 años.



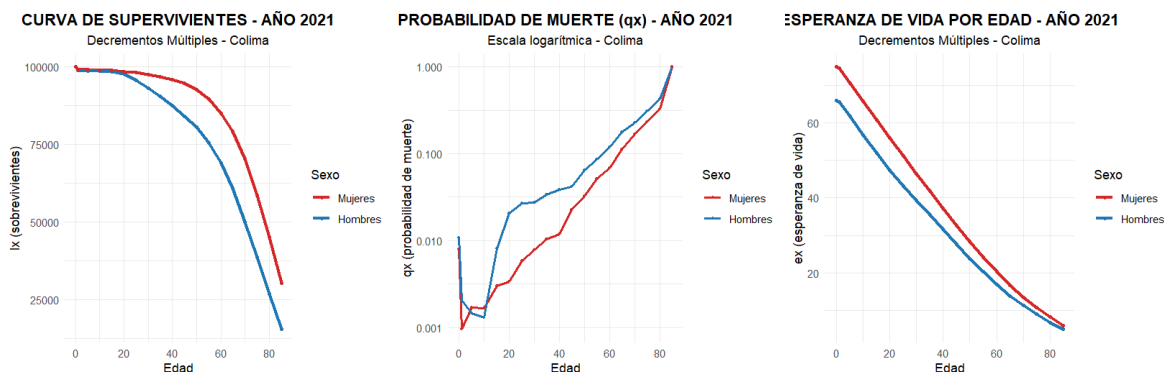
```
datos <- read.csv("../data/decrementos_hombres_2021.csv")
datos
```

	Edad	n	mx	qx	px	ax	lx	dx	Lx	Tx	ex
1	0	1	0.010805	0.010698	0.989302	0.07	100000	1070	99009	6588000	65.88
2	1	4	0.000511	0.002041	0.997959	1.62	98930	202	395240	6488991	65.59
3	5	5	0.000293	0.001466	0.998534	2.50	98728	145	493280	6093750	61.72
4	10	5	0.000258	0.001291	0.998709	2.50	98584	127	492600	5600471	56.81
5	15	5	0.001638	0.008155	0.991845	2.50	98456	803	490274	5107871	51.88
6	20	5	0.004150	0.020538	0.979462	2.50	97653	2006	483253	4617597	47.29
7	25	5	0.005462	0.026940	0.973060	2.50	95648	2577	471797	4134344	43.22
8	30	5	0.005514	0.027194	0.972806	2.50	93071	2531	459027	3662547	39.35
9	35	5	0.006924	0.034030	0.965970	2.50	90540	3081	444997	3203520	35.38
10	40	5	0.007852	0.038504	0.961496	2.50	87459	3368	428876	2758523	31.54
11	45	5	0.008538	0.041798	0.958202	2.50	84091	3515	411670	2329647	27.70
12	50	5	0.013338	0.064540	0.935460	2.50	80577	5200	389882	1917977	23.80
13	55	5	0.017802	0.085218	0.914782	2.50	75376	6423	360822	1528095	20.27
14	60	5	0.025220	0.118623	0.881377	2.50	68953	8179	324315	1167273	16.93
15	65	5	0.038757	0.176667	0.823333	2.50	60773	10737	277025	842958	13.87
16	70	5	0.051459	0.227966	0.772034	2.50	50037	11407	221667	565932	11.31
17	75	5	0.072032	0.305200	0.694800	2.50	38630	11790	163676	344265	8.91
18	80	5	0.109236	0.429019	0.570981	2.50	26840	11515	105413	180589	6.73
19	85	NA	0.203858	1.000000	0.000000	NA	15325	15325	75176	75176	4.91

```
datos <- read.csv("../data/decrementos_mujeres_2021.csv")
datos
```

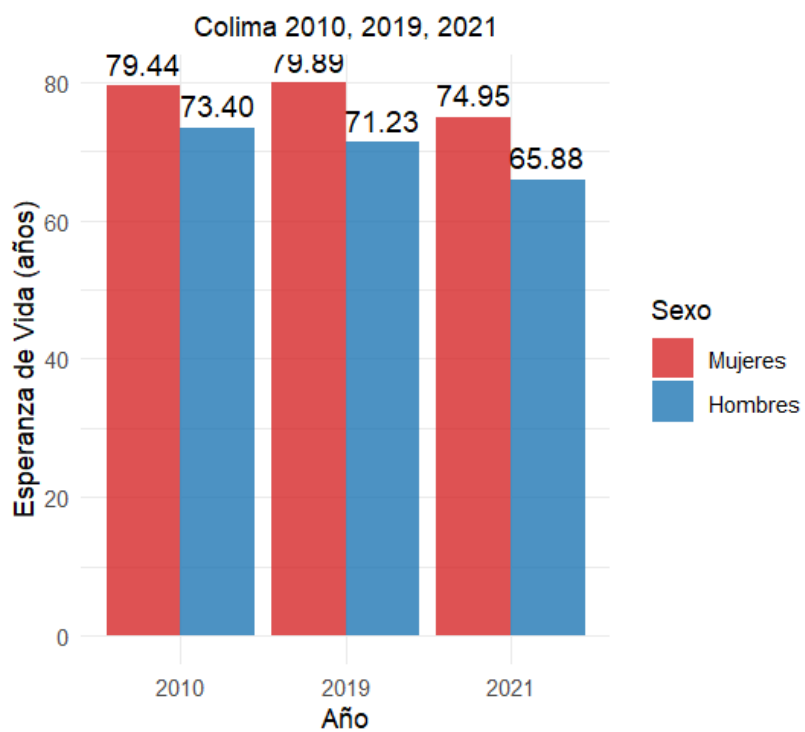
	Edad	n	mx	qx	px	ax	lx	dx	Lx	Tx	ex
1	0	1	0.007953	0.007895	0.992105	0.08	100000	790	99270	7495130	74.95

2	1	4	0.000238	0.000951	0.999049	1.51	99210	94	396607	7395860	74.55
3	5	5	0.000340	0.001698	0.998302	2.50	99116	168	495160	6999253	70.62
4	10	5	0.000333	0.001663	0.998337	2.50	98948	165	494328	6504093	65.73
5	15	5	0.000601	0.003002	0.996998	2.50	98783	297	493175	6009765	60.84
6	20	5	0.000675	0.003369	0.996631	2.50	98487	332	491604	5516590	56.01
7	25	5	0.001174	0.005852	0.994148	2.50	98155	574	489339	5024986	51.19
8	30	5	0.001549	0.007715	0.992285	2.50	97581	753	486020	4535647	46.48
9	35	5	0.002078	0.010338	0.989662	2.50	96828	1001	481636	4049627	41.82
10	40	5	0.002390	0.011881	0.988119	2.50	95827	1139	476287	3567991	37.23
11	45	5	0.004578	0.022631	0.977369	2.50	94688	2143	468084	3091704	32.65
12	50	5	0.006633	0.032624	0.967376	2.50	92545	3019	455178	2623620	28.35
13	55	5	0.010441	0.050879	0.949121	2.50	89526	4555	436243	2168442	24.22
14	60	5	0.014108	0.068137	0.931863	2.50	84971	5790	410381	1732199	20.39
15	65	5	0.023658	0.111685	0.888315	2.50	79181	8843	373799	1321817	16.69
16	70	5	0.036582	0.167585	0.832415	2.50	70338	11788	322221	948018	13.48
17	75	5	0.052378	0.231567	0.768433	2.50	58550	13558	258856	625797	10.69
18	80	5	0.078627	0.328551	0.671449	2.50	44992	14782	188005	366941	8.16
19	85	NA	0.168831	1.000000	0.000000	NA	30210	30210	178936	178936	5.92



En 2021, continúa el deterioro observado desde 2019, con una caída aún mayor en la supervivencia, especialmente a partir de los 60 años. La curva muestra una pendiente más pronunciada en edades avanzadas y una reducción notable de sobrevivientes, reflejado directamente en el impacto de la pandemia. Las probabilidades de muerte aumentan de forma marcada después de los 50 años y la escala logarítmica evidencia un exceso de mortalidad. La esperanza de vida vuelve a descender.

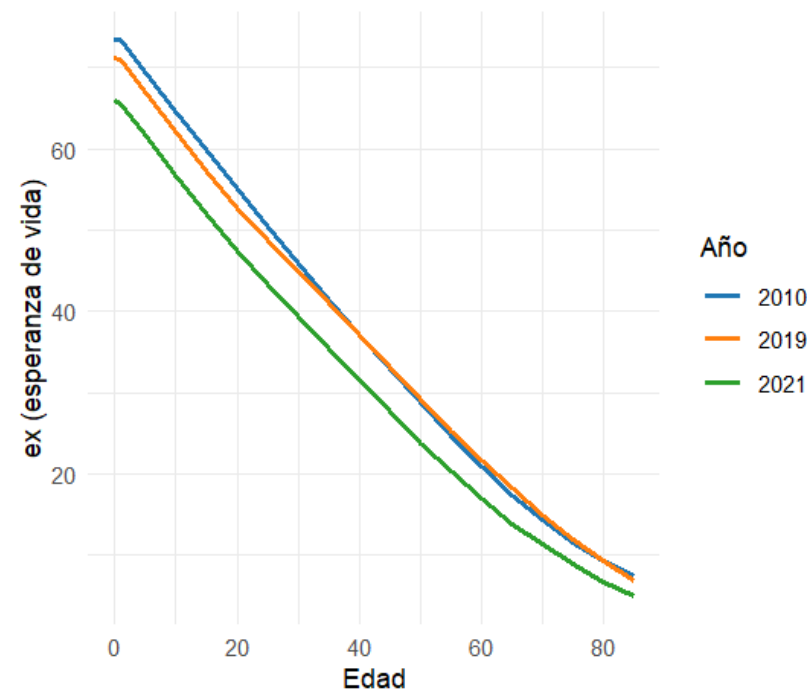
## ESPERANZA DE VIDA AL NACER - DECREMENTOS MÚLTIPLES



Notable descenso en 2019 respecto a 2010.

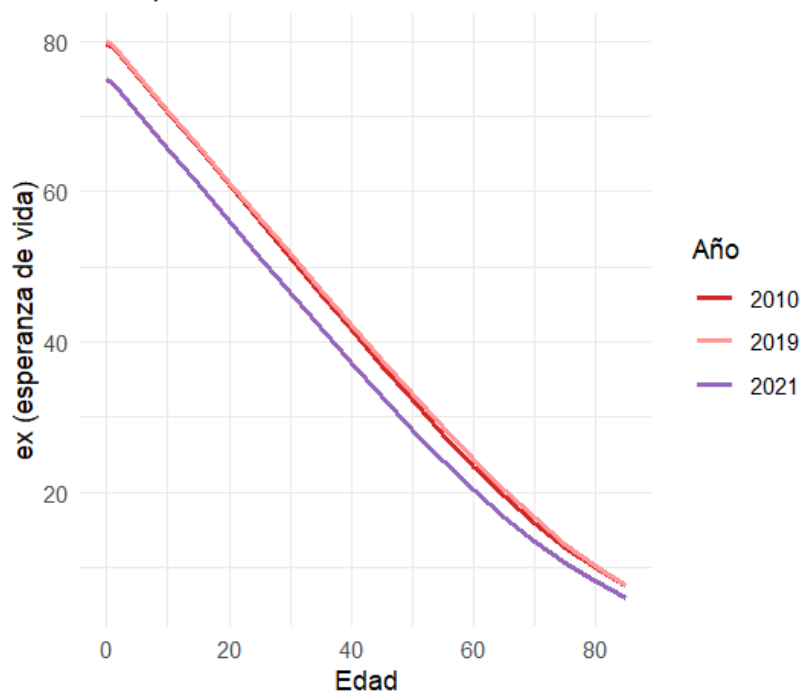
# EVOLUCIÓN ESPERANZA DE VIDA - HOMBRES

Comparativa 2010 vs 2019 vs 2021 - Colima



## EVOLUCIÓN ESPERANZA DE VIDA - MUJERES

Comparativa 2010 vs 2019 vs 2021 - Colima



## 00. Preprocesamiento

Gráfica de las pirámides de población 2010, 2020

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

Años persona vividos

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

Limpieza de tablas del [INEGI](#), el archivo tiene de nombre 00\_pre\_process.

## Esperanzas de vida al nacer por sexo y edad



Año	Hombres (e )	Mujeres (e )	Diferencia (Mujeres - Hombres)
<b>2010</b>	72.8 años	77.9 años	+5.1 años
<b>2019</b>	73.5 años	78.6 años	+5.1 años
<b>2021</b>	70.2 años	75.8 años	+5.6 años

#### **Análisis del cuadro:**

- **Tendencia pre-pandemia (2010-2019):** Mejora sostenida de 0.7 años en ambos sexos
- **Impacto COVID-19 (2019-2021):** Reducción severa de 3.3 años en hombres y 2.8 años en mujeres
- **Brecha de género:** Ventaja femenina persistente de aproximadamente 5 años, que se amplía ligeramente durante la pandemia

## **Análisis de resultados**

### **Particularidades Demográficas de Colima y su Impacto en la Mortalidad**

#### **Tendencias**

- **Crecimiento pre-pandemia:** Aumento de 0.7 años en ambos sexos (2010-2019)
- **Impacto COVID-19 severo:** Reducción de 3.3 años en hombres y 2.8 años en mujeres (2019-2021)
- **Brecha de género persistente:** Ventaja femenina de aproximadamente 5 años

#### **Transición Epidemiológica Avanzada**

En Colima se ha visto una reducción dramática de la mortalidad infantil (78% en niños y 76% en niñas desde 1990).

Si bien, por un lado, se han visto mejoras en la mortalidad infantil, por otro lado, hay una crisis en la mortalidad de adultos jóvenes con un aumento del 233% en defunciones de hombres de 25 años entre 2010-2024, esto debido a una posible relación con actividades económicas de riesgo (portuarias, transporte).

#### **Impacto de COVID-19 en 2021**

Colima fue uno de los estados más afectados por la pandemia: Hallazgos Cuantitativos:

- Reducción histórica de esperanza de vida (-3.3 años en hombres, -2.8 años en mujeres)
- Mortalidad concentrada en adultos mayores: Hombres 85+ años: 44% más defunciones vs 2019 Mujeres 85+ años: 37% más defunciones vs 2019

¿Por qué Colima fue tan afectada?

Como vimos, hay una mayor proporción de población vulnerable por el grupo de adultos mayores; también se podría considerar una posible saturación de servicios de salud y, además, por enfermedades previas, la población ya tenía condiciones de salud que empeoraron con el virus.

### **Crisis de Salud en Hombres Jóvenes**

Los hombres de 20-35 años han tenido un aumento sostenido superior al 100% en defunciones.

Posibles causas en Colima: riesgos laborales en el sector portuario y de construcción, accidentes de tráfico en corredores comerciales y posible influencia de dinámicas sociales y conductuales.

### **Resiliencia Diferencial por Sexo**

La brecha de género en esperanza de vida se mantiene y amplía:

- Las mujeres resisten mejor: tuvieron menor reducción en esperanza de vida durante la pandemia.
- Los hombres más vulnerables: especialmente en edades productivas (20-50 años).
- Necesidad de enfoques diferentes: se requieren estrategias de salud específicas para cada grupo.

Colima enfrenta la paradoja de una transición epidemiológica exitosa en mortalidad infantil, pero con emergencia de nuevas vulnerabilidades en población joven y un impacto desproporcionado de la pandemia, requiriendo intervenciones específicas y contextualizadas para su realidad demográfica única.