



INSTITUTO TECNOLÓGICO AUTÓNOMO DE  
MÉXICO

ESTADISTICA APLICADA II

---

Modelo de Regresión Lineal Múltiple para  
el Número de Suicidios

---

*Elaborado por:*

Alejandro Rivera del Hoyo - 145111

Michelle Garcia Vazquez - 143751

Luis Antonio Rivera Flores - 156173

Pablo Barranco Soto - 151528

Eric Baldazua Miraña - 155279

Alejandro Diaz Huera - 154533

*Profesor:*

Víctor Manuel Guerrero Guzmán

## Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>3</b>
<b>2. Resultados</b>	<b>4</b>
<b>3. Análisis</b>	<b>5</b>
3.1. RLM México y Rusia . . . . .	6
3.2. Pronósticos . . . . .	11
<b>4. Conclusiones</b>	<b>12</b>
<b>5. Apéndice</b>	<b>13</b>
5.1. Datos . . . . .	13

## 1. Introducción

Actualmente el suicidio es la segunda causa de muerte en jóvenes entre 15 y 28 años a nivel mundial. En el mundo mueren aproximadamente 800 mil personas por suicidio y se estima que de cada persona que muere por esta causa, hay 20 que lo intentan. Se estima que al año ocurren más de seis mil suicidios en México, más de tres mil suicidios son cometidos por personas menores de 35 años y 8 de cada 10 son cometidas por hombres. Entre 1995 y 2015 la tasa de suicidios en México ha ido en aumento; por todas esas razones y más, la Organización Mundial de la Salud consideró al suicidio en México como un problema de salud pública.

Sin embargo, para poder establecer una política pública eficiente para implementar una cultura de prevención hay que entender el fenómeno, qué lo causa y cuáles son los grupos de la sociedad más expuestos. Dicho lo anterior, decidimos abordar el tema de suicidios analizando cómo han afectado las variables de riqueza, el clima y la religión al nivel de suicidios tanto en México como en el mundo a través del tiempo.

Haciendo uso de la base de datos se llevó a cabo un pequeño estudio analizando los 101 países de los que se obtuvo información. Para comenzar el análisis se graficaron los datos PIB per cápita y la tasa de suicidios para ver un posible comportamiento de los datos, de donde no se observó ninguna relación debido al tamaño de la muestra y al diferente comportamiento del fenómeno en cada país. Con base en lo anterior decidimos reducir la muestra a seis países; la elección se llevó a cabo con base en la cercanía cultural que México tiene con España, Costa Rica y Brasil, Estados Unidos se eligió ya que es nuestro país vecino más influyente y Rusia se seleccionó ya que su comportamiento cultural es diferente a los demás países.

Adicional a lo anterior, decidimos incluir las variables de clima y PIB per capita como variables explicativas dado que existen teorías en el área de psicología y salud mental las cuales afirman que tanto los problemas económicos como el ambiente en el que radica la

persona, el cual está afectado por el clima y la exposición al sol, pueden ser considerados causas de depresión. Se incluyó además el factor de religiosidad en la población como variable explicativa ya que se considera que al pertenecer a una comunidad religiosa, el individuo tiene un respaldo emocional que puede ayudar a la persona, reduciendo la posibilidad de que ésta tome la decisión de suicidarse.

## 2. Resultados

Uno de los principales resultados alcanzados es que el porcentaje de las personas religiosas en el país no aporta información relevante para explicar la evolución de la tasa de suicidios. Esto puede deberse a que en los países estudiados, según los datos, la mayoría de la población es religiosa y el porcentaje de gente religiosa en un país no presenta muchos cambios con respecto al tiempo. Sin embargo, con base en la medida de bondad de ajuste .el coeficiente de determinación"se aprecia que las variables explicativas que mejor interpretan la tasa de suicidios son la temperatura y el PIB per cápita.

Por otro lado, se puede apreciar que en México y en el mundo sin Rusia existe una relación positiva entre el PIB per cápita y la temperatura respecto a la tasa de suicidios. Sin embargo, en Rusia la relación es inversa. Dicha diferencia de tendencias puede ser atribuida a las diferencias culturales que existen entre Rusia y los demás países de occidente estudiados.

Tanto para el modelo de regresión lineal simple como para el modelo de regresión lineal múltiple utilizados se verificaron los supuestos de dichos modelos, es decir, no autocorrelación, no heteroscedasticidad, normalidad en los errores, media del error distinta de cero y linealidad en los parámetros. Derivado de lo anterior, se verificó que el modelo es adecuado y no fue necesario ningún tipo de ajuste posterior.

### 3. Análisis

Nuestro análisis estadístico comienza explorando el comportamiento de las variables de nuestra muestra. Por lo que graficamos el numero de suicidios contra cada variable como se puede ver en las siguientes graficas.

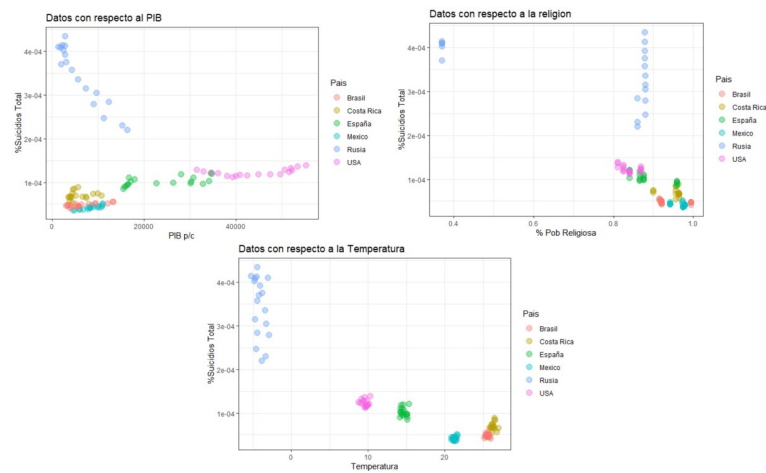


Figura 1: Diagramas de dispersión con Rusia

Dado los resultados obtenidos, decidimos analizar a Rusia por aparte ya que el comportamiento de Rusia respecto a las tres variables es distinto a los otros cinco países. Por lo que realizamos la misma gráfica sin Rusia, como se puede ver a continuación.

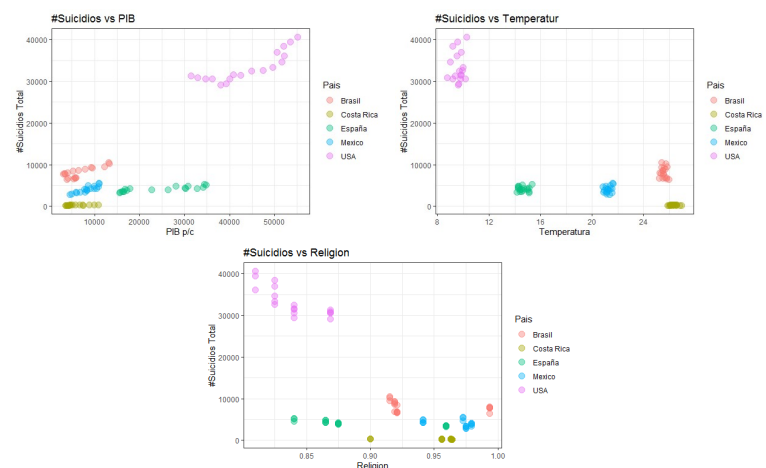


Figura 2: Diagramas de dispersión sin Rusia

Con base en lo anterior decidimos analizar el comportamiento en particular de México y Rusia. México dado que es de natural interés por se nuestro país y Rusia por presentar datos imlemente diferentes a los países de occidente.

### 3.1. RLM México y Rusia

Ahora se van a analizar Rusia y México por separado con regresiones lineales múltiples con el modelo siguiente:  $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \epsilon_i$  en donde  $Y_i$  es el numero de suicidios total en México y Rusia y en donde  $X_1$  es la PIB per capita del país,  $X_2$  es la temperatura promedio del país y  $X_3$  el porcentaje de población religiosa del país. Con los supuestos  $E(\epsilon_i) = 0$ ,  $V(\epsilon_i) = \sigma^2$  constante y  $Cov(\epsilon_i, \epsilon_j) = 0$

Para este análisis, estimamos por el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) los valores de  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  y  $\beta_3$  de cada modelo.

#### México

Comenzamos estimando el modelo con el método ya antes mencionado, para así obtener.  $\hat{Y}_i = \hat{b}_0 + \hat{b}_1 X_1 + \hat{b}_2 X_2 + \hat{b}_3 X_3$

Al realizar la prueba de hipótesis

$$H_0: \beta_3 = 0 \text{ vs } H_A: \beta_3 \neq 0$$

obtuvimos un un p-value de .6 por lo cual no rechazamos la hipótesis nula y quitamos este parámetro de la regresión.

Para México  $\hat{b}_0 = -11390$ ,  $\hat{b}_1 = .3281$ ,  $\hat{b}_2 = 599.4$ .  $\hat{b}_0$  nos dice que en México si tuviéramos temperatura cero y PIB cero tendríamos un numero negativa de suicidios. Sin embargo, tomando temperaturas y PIB reales podemos observar que existen alrededor de 1000 suicidios al año en México. Estos parámetros estimados confirman la relación positiva que existe entre el PIB per capita y la temperatura con el numero

de suicidios total en México.

Además, se obtiene un  $R^2$  de 0.8192 por lo que nuestras dos variables exógenas explican en un 81 % la variable por explicar Y.

A continuación, se verifican los supuestos del modelo. El primero que se analiza es el de no autocorrelación. Para esto se calcula el estadístico de Durbin-Watson que resulta 2.4422 y se compara con las cotas teóricas  $d_u$  y  $d_l$  que son 1.046 y 1.535 respectivamente. Con esto confirmamos que no hay autocorrelación. Además, observando las gráficas de residuos contra ellos mismos un periodo anterior y contra el tiempo, se puede notar que no existe ninguna tendencia que haga intuir que existe autocorrelación.

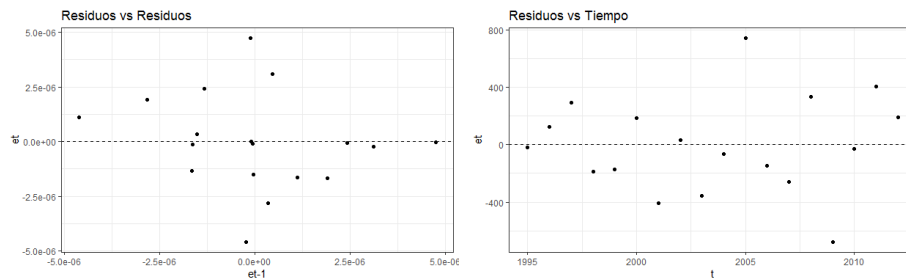


Figura 3

El siguiente supuesto a verificar es el de homoscedasticidad. Se hace la prueba de White (1980) en donde se plantea la siguiente prueba de hipótesis:

$$H_0 : \sigma_i^2 = \sigma^2 ; H_A : \sigma_i^2 \neq \sigma^2.$$

El estadístico  $e_i^2$  usado da como resultado 4.3031 y se compara contra una  $\chi_5^2$  ya que este es el número de parámetros de la regresión auxiliar que es 11.07. Además, conviene graficar los residuos contra sus valores estimados. Con esto confirmamos homoscedasticidad en nuestro modelo.

El siguiente supuesto a verificar es el de media del error distinta de cero. Esto es fácilmente verificable ya que tenemos una ordenada al origen de -11390 y la suma de los residuos es cero.

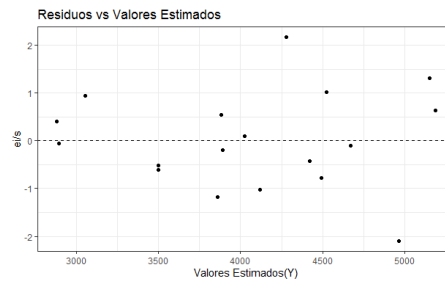


Figura 4

El supuesto de linealidad es verificable con las gráficas de las regresiones lineal simples de las variables y las gráficas de los residuos. En las primeras se puede observar que la tendencia es claramente lineal sin ningún tipo de curvatura.

El ultimo supuesto que se verifica es el de la normalidad en los errores. Esto se hace con la prueba de Jarque-Bera que combina los estadísticos de asimetría y curtosis. Se construye el estadístico de normalidad y resulta en 0.075439 comparandolo con el p-value de una  $\chi^2_2$  que es p-value = 0.963 se puede confirmar que hay normalidad en los errores. Adicionalmente, se hace el histograma de los residuos y se confirma este supuesto.

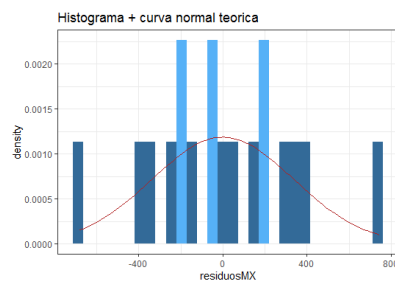


Figura 5

## Rusia

Al igual que con México se comienza el modelo estimando  $\hat{Y}_i = \hat{b}_0 + \hat{b}_1 X_1 + \hat{b}_2 X_2 + \hat{b}_3 X_3$

Al realizar la prueba de hipótesis



$$H_0: \beta_3 = 0 \text{ vs } H_A: \beta_3 \neq 0$$

obtuvimos un un p-value de .8 por lo cual no rechazamos la hipótesis nula y quitamos este parámetro de la regresión.

Para Rusia  $\hat{b}_0 = 54415.969$ ,  $\hat{b}_1 = -1.914$ ,  $\hat{b}_2 = -1155.571$ .  $\hat{b}_0$  nos dice que en Rusia con temperatura y PIB cero hay 54415 suicidios al año. La diferencia con el numero negativo en México es que en Rusia una temperatura de cero si es posible.. Sin embargo, tomando temperaturas y PIB reales podemos observar que existen alrededor de 5000 suicidios al año en México. Estos parámetros estimados confirman la relación negativa que existe entre el PIB per capita y la temperatura con el numero de suicidios total en México. Además,  $\hat{b}_1$  nos indica que por cada dolar en que aumente el PIB per capita en Rusia habrá 1.914 menos suicidios al año. Por otro lado,  $\hat{b}_2$  nos indica que por cada grado que gane Rusia en temperatura promedio al año habrá casi 1156 suicidios menos.

Además, se obtiene un  $R^2$  de 0.9182 por lo que nuestras dos variables exogenas explican en un 91 % la variable por explicar Y. Esto nos indica que nuestro modelo sí explica correctamente el numero total de suicidios al año.

A continuación, se verifican los supuestos del modelo. El primero que se analiza es el de no autocorrelación. Para esto se calcula el estadístico de Durbin-Watson que resulta 1.4831 y se compara con las cotas teóricas  $d_u$  y  $d_l$  que son 1.046 y 1.535 respectivamente. Con esto confirmamos que no hay autocorrelación ya que está en el rango correcto. Además, observando las gráficas de residuos contra ellos mismos un periodo anterior y contra el tiempo, se puede notar que no existe ninguna tendencia que haga intuir que existe autocorrelación.

El siguiente supuesto a verificar es el de homoscedasticidad. Se hace la prueba de White (1980) en donde se plantea la siguiente prueba de hipotesis:

$$H_0 : \sigma_i^2 = \sigma^2 ; H_A : \sigma_i^2 \neq \sigma^2.$$

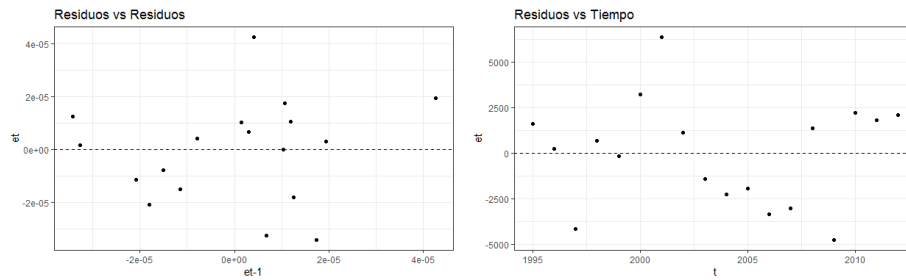


Figura 6

El estadístico  $e_i^2$  usado da como resultado 2.228 y se compara contra una  $\chi_5^2$  ya que este es el número de parámetros de la regresión auxiliar que es 11.07. Además, conviene graficar los residuos contra sus valores estimados. Con esto confirmamos homoscedasticidad en nuestro modelo.

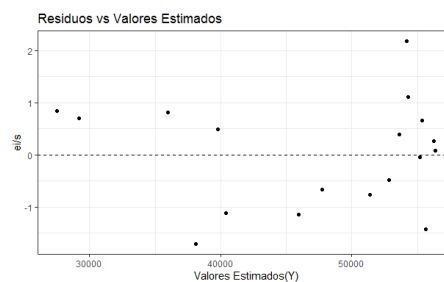


Figura 7

El siguiente supuesto a verificar es el de media del error distinta de cero. Esto es fácilmente verificable ya que tenemos una ordenada al origen de 54415.969 y la suma de los residuos es cero.

El supuesto de linealidad es verificable con las gráficas de las regresiones lineal simples de las variables y las gráficas de los residuos. En las primeras se puede observar que la tendencia es claramente lineal sin ningún tipo de curvatura.

El último supuesto que se verifica es el de la normalidad en los errores. Esto se hace con la prueba de Jarque-Bera que combina los estadísticos de asimetría y curtosis. Se construye el estadístico de normalidad y resulta en 0.19634 comparándolo con el p-value de una  $\chi_2^2$  que es p-value = 0.9065 se puede confirmar que hay normalidad

en los errores. Adicionalmente, se hace el histograma de los residuos y se confirma este supuesto.

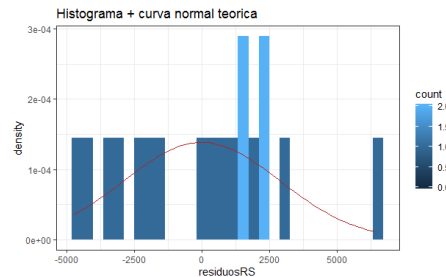


Figura 8

### 3.2. Pronósticos

Con base en los resultados obtenidos, nos propusimos a hacer 2 pronósticos de nuestro modelo, por lo que investigamos algunos datos del 2018 para ambos países y observar que tanto nuestro modelo se acerca a la cifra correcta, así los valores que obtuvimos fueron:

Parámetro	Mexico	Rusia
PIB per Capita	8443	8745
Temperatura Promedio	22.4	-3.85

Cuadro 1: Valores de los países en el 2018

Una vez realizado esto, utilizaremos el modelo para pronosticar el número de suicidios en ese año para México y para Rusia:

#### México

$$\hat{Y} = -11390 + .3281(8443) + 599.4(22.4) = 4806.708$$

#### Rusia

$$\hat{Y} = 54415 - 1.914(8745) - 1155.57(-3.85) = 42126.02$$

En México se estima que en el 2018 hubo 6235 suicidios y en Rusia 45508, por lo que

nuestros pronósticos no fueron exactos, pero se aproximaron bastante bien. Si bien, nuestro modelo no está hecho para pronosticar de manera acertada, pero sí para observar como ambas variables explican este comportamiento, pero es interesante ver que a pesar de eso, estos modelos pueden usarse hasta cierto punto para ver como estará el futuro de un país en cuestión de suicidios. Es claro que los modelos sub-estiman.

## 4. Conclusiones

Después de analizar los resultados, concluimos que los datos sobre el índice de religiosidad presenta un sesgo, debido a que aproximadamente el 90 por ciento de los países tienen un porcentaje de religiosidad igual o mayor a 90 por ciento y éste no varía mucho a través de los años observados, por lo que se realizaron las pruebas correspondientes para verificar si la variable era relevante en el estudio o no. Este resultado contradice la idea original de que un índice de religiosidad alto conlleva una relación negativa con la tasa de suicidios.

En México y los países occidentales estudiados, el PIB per cápita y la temperatura muestran una relación positiva con la tasa de suicidio, resultado que concordó con el planteado inicialmente. Sin embargo, con el análisis se observó que el único país oriental analizado (Rusia), mostró una relación negativa entre la tasa de suicidios y las variables explicativas de temperatura y religiosidad. Aunque habría que hacer un análisis más profundo para entender por completo este factor, podemos atribuir esta diferencia entre Rusia y los otros países analizados a la diversidad cultural que existe entre estos.

Dado lo anterior se puede sugerir que a mayor riqueza entre países occidentales número de suicidios aumenta. Asimismo, se observa un comportamiento similar de la temperatura, pues a mayor temperatura en un país occidental la tasa de suicidios también es mayor.

De igual manera, es pertinente mencionar que en el análisis realizado, solo se incluye un país de cultura diferente a la de los países occidentales. Aunado a esto, la escasez de datos (15 años analizados) así como la inexactitud de la base de datos para algunos países impide tener un alcance mayor del modelo. Por las limitaciones anteriores es posible que nuestra deducción de diversidad de culturas puede ser un dato atípico, por lo que se recomienda analizar mas países de cultura no occidental para tener un mayor alcance del modelo. Se concluye adicionalmente que para obtener resultados más convincentes sobre el comportamiento del número de suicidios dadas las variables analizadas, se sugiere incluir más años en el análisis, o por otro lado analizar el comportamiento de los suicidios en más países, en solo un año.

## 5. Apéndice

### 5.1. Datos

La base de datos que se utilizó para el análisis presentado, se generó utilizando datos obtenidos directamente de la página de internet <http://www.kaggle.com/> presentados en el conjunto de datos “Suicide Rates Overview, 1985 to 2016”. A su vez, este conjunto de datos fue elaborado con información obtenida del índice de desarrollo presentado por la Organización de Naciones Unidas en su programa de desarrollo, la información del PIB per Cápita presentado por el Banco Mundial, así como el número de suicidios en cada país presentado por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Estos datos se separan por país, género y grupo de edad. Es importante notar que la información corresponde únicamente a 101 países, ya que no todos reportan los suicidios o simplemente no son datos que la OMS considere confiables.

A la base de datos ya mencionada, se le aplicaron cambios. Entre estos, esta la introducción de las variables “Temperatura promedio por país” así como “Índice de religiosidad por país”, el cual se mide como el porcentaje de la población que

afirma ser religioso. Los datos sobre temperatura fueron obtenidos indirectamente de la organización Berkeley Earth, la cual cuenta con mas de 1,600 millones de datos recopilados de 16 reportes distintos. A su vez, la información referente a la religiosidad se obtuvo de la base de datos “World Religious Data” a través de la página de internet Data World. Posteriormente, se redujo la base de datos para que únicamente incluyera información del 1995 a 2013, ya que para el resto del año no se cuenta con información completa para ciertas variables.

Una vez modificada nuestra base de datos realizamos un análisis descriptivo de datos, tanto para la información correspondiente a los 101 países (mundo) como para México. En ese análisis pudimos ver que el comportamiento del número de suicidios a nivel mundial sigue una tendencia a la baja, pasando de 15.3 suicidios por cada 100 mil habitantes en 1995, a 11.95 en 2015, mientras que la tendencia de suicidios en México se mueve en sentido contrario, aumentando de 3.6 suicidios por cada 100 mil habitantes en 1994, a 4.49 en 2015.

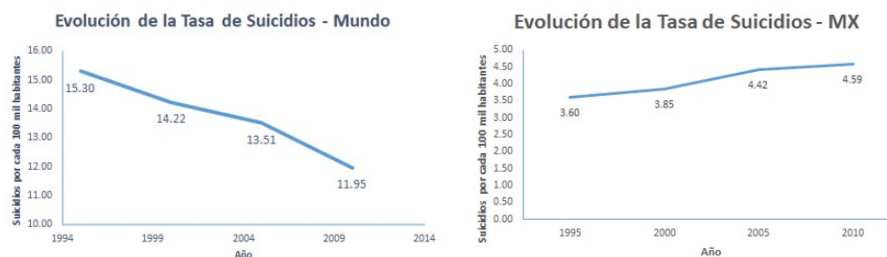


Figura 9: Evolución de Suicidios 1995 - 2015

También corroboramos con nuestros datos que a nivel mundial el 77 por ciento de los suicidios son cometidos por hombres, mientras que en México ese dato aumenta a 80 por ciento, mostrando un comportamiento similar al del resto del mundo. De igual manera, observamos que mas del 50 por ciento de los suicidios tanto a nivel mundial como en México, son cometidos por personas menores a 35 años.

## Referencias

- [1] Kaggle, 2018 *Should we care about suicide*  
<https://www.kaggle.com/fredzanella/should-we-care-about-money-and-a-on-suicide>
- [2] Organización Mundial de la Salud, 2019 *Suicidio*  
<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/suicide>
- [3] Katie Hunt, 2019. *Una persona se suicida cada 40 segundos*  
<https://cnnespanol.cnn.com/2019/09/09/una-persona-se-suicida-cada-40-segundos-se>
- [4] Excelsior, 2019. *Las muertes de la tristeza: las cifras del suicidio en México*  
<https://www.excelsior.com.mx/nacional/las-muertes-de-la-tristeza-las-cifras-del->