



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"



Un legado de transformación social

Unicórdoba, calidad, innovación e inclusión para la transformación del territorio.



Casos confirmados de intentos de suicidio en Córdoba, 2016 - 2023

Series de Tiempo

Santiago Enamorado Espitia

Universidad de Córdoba
Departamento de Matemáticas y Estadística

3 de diciembre de 2024

Índice



1. Introducción
2. Estado del arte
3. Descripción de los datos
4. Análisis de la serie temporal
 - 4.1 Tendencia
 - 4.2 Estacionalidad
 - 4.3 Verificación de estacionareidad
5. Transformación de la serie
6. Selección de modelos candidatos
7. Evaluación y diagnóstico del modelo
8. Desempeño del modelo
9. Modelo final
 - 9.1 Pronósticos
10. Conclusiones
11. Bibliografías

Introducción



El suicidio es un problema de salud pública alarmante, con alrededor de 700,000 muertes anuales según la OMS. Sus causas son complejas, incluyendo factores como trastornos mentales, problemas socioeconómicos, entre otros.

En Colombia, la falta de muchos recursos y los desafíos socioeconómicos agravan esta situación. Específicamente en Córdoba, el acceso limitado a servicios en zonas rurales, los altos índices de violencia, pobreza y desplazamiento forzado, aumentan el riesgo de generar emociones negativas en las personas.

Este estudio busca analizar los comportamientos sobre los casos confirmados de intentos de suicidio en Córdoba (2016-2023) a través de una serie temporal, con la finalidad de identificar el modelo más adecuado para fines de pronóstico.

Estado del arte



Se realizó un estudio para analizar el impacto del atentado a las Torres Gemelas el 11 de septiembre de 2001 sobre las tasas de suicidio en Estados Unidos. Inicialmente, se probaron modelos ARMA (15,0) y (0,6), pero su efectividad fue cuestionada debido a que no cumplían con los requisitos de estacionariedad y presentaban órdenes demasiado altos, lo que dificultaba una interpretación adecuada.

Para abordar estas limitaciones, los analistas ajustaron un modelo ARIMA (1,1,2) que incluyó una diferenciación en la serie temporal. Este modelo permitió corregir problemas de autocorrelación en los residuos y proporcionó mejores resultados para evaluar el aumento temporal en las tasas de suicidio tras el trágico evento del 11 de septiembre de 2001, destacando la relevancia de una validación estadística adecuada en el análisis de series de tiempo.

Descripción de los datos



Los datos de los intentos de suicidio (2016-2023), fueron importados de las bases de datos que nos ofrece Sivigilia.

Procedimiento y depuración de los datos: Después de haber importado todas las bases de datos una a una desde 2016 a 2023, proseguimos a abrir los respectivos archivos en excel, aquí nos encontramos con muchas variables en cada archivo, pero nos enfocamos solo en el departamento de ocurrencia y los intentos de suicidio confirmados de forma diaria. Filtramos el departamento para obtener solo los confirmados de Córdoba. Al hacer esto, sumamos todos los casos confirmados por mes para poder importar estos datos en un archivo más accesible en R. Y así, se pudo empezar el respectivo análisis de la serie temporal.

Análisis de la serie temporal

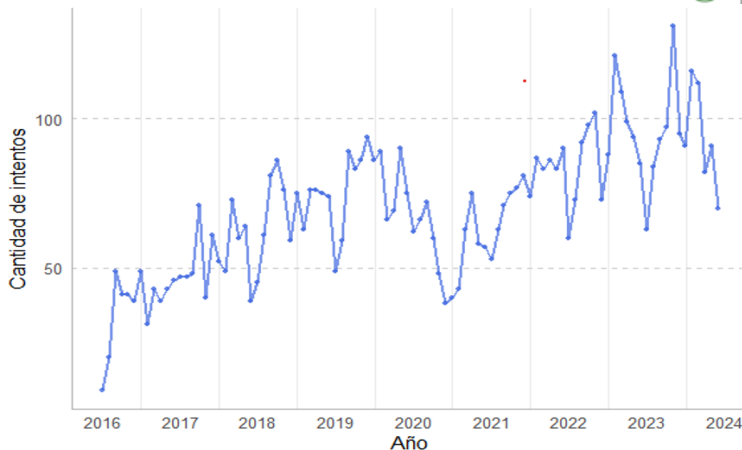


Figura 1: Serie temporal de los intentos de suicidio (2016 - 2023). **Fuente:** Elaboración propia

Análisis de la serie temporal

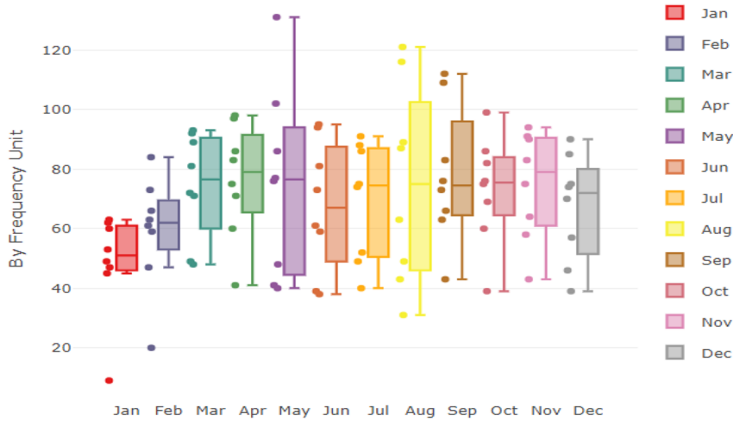


Figura 2: Estacionalidad de los intentos de suicidio. **Fuente:** Elaboración propia

Verificación de estacionareidad



Prueba KPSS (Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin):

H_0 :La serie temporal es estacionaria

H_1 :La serie temporal no es estacionaria

Estadísticas	KPSS	P-valor
Resultado	1.6168	0.01

Cuadro 1: Resultado de la prueba KPSS

Transformación de la serie



► Transformación de BoxCox:

$$\lambda = 0,5559948$$

► Validación cruzada:

► Para $h = 12$:

Conjunto	Entrenamiento	Prueba
Fecha	2016, 1 - 2022, 12	2023, 1 - 2023, 12

Cuadro 2: Validación cruzada para $h = 12$

► Para $h = 6$:

Conjunto	Entrenamiento	Prueba
Fecha	2016, 1 - 2023, 6	2023, 6 - 2023, 12

Cuadro 3: Validación cruzada para $h = 6$

► Diferenciación regular:

$$d = 1$$

► **Prueba de ADF (Dickey-Fuller aumentada) para $h = 12$ y $h = 6$:**

H_0 :La serie temporal no es estacionaria

H_1 :La serie temporal es estacionaria

h	Dickey-Fuller	P-valor
12	-5.8209	0.01
6	-6.2557	0.01

Cuadro 4: Resultado de la prueba ADF.

Transformación de la serie

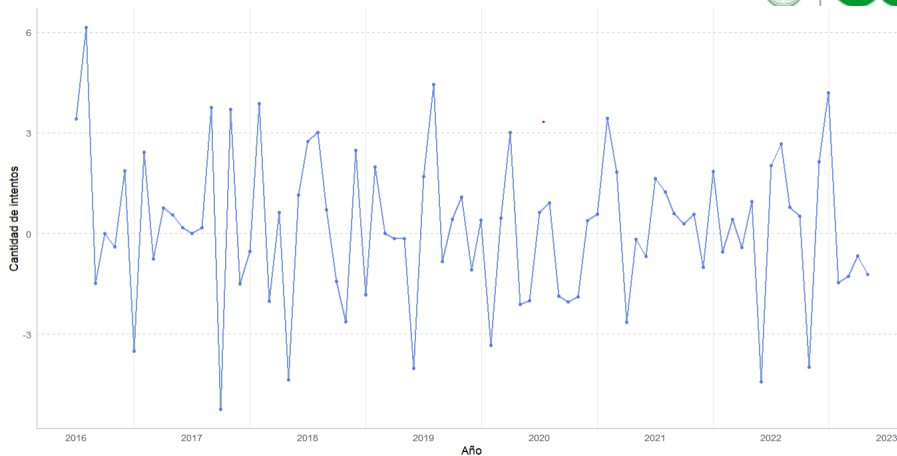


Figura 3: Serie transformada y diferenciada para $h = 12$. **Fuente:** Elaboración propia

Transformación de la serie

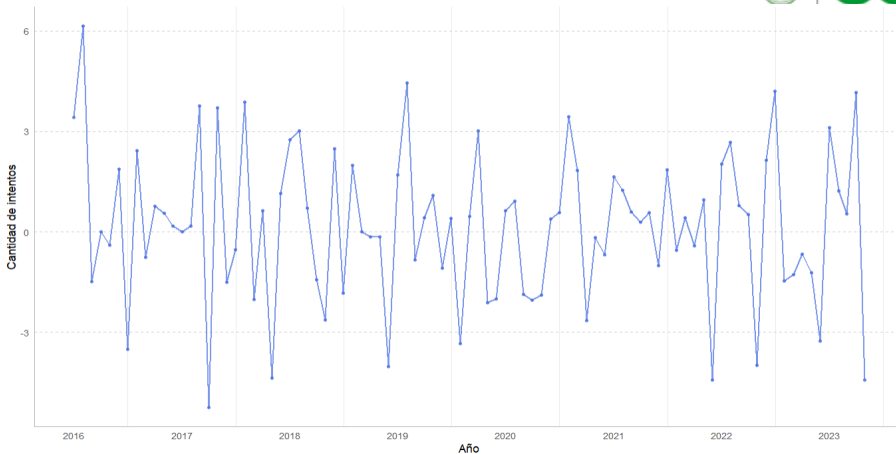


Figura 4: Serie transformada y diferenciada para $h = 6$. **Fuente:** Elaboración propia

Selección de modelos candidatos



► Fase 1:

► Para $h = 12$:

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"
1	"x"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"
2	"x"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"
3	"x"	"o"	"o"	"x"	"x"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"
4	"o"	"x"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"
5	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"	"x"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"
6	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"	"x"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"
7	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"
8	"x"	"x"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"
9	"x"	"x"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"	"x"	"o"
10	"x"	"o"	"x"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"	"o"

Figura 5: EACF para el modelo ARIMA, $h = 12$. **Fuente:** Elaboración propia

Selección de modelos candidatos



ϕ_1	θ_1	c_0	AIC
0.4318	-0.8264	0.1417	362.39

Cuadro 5: Coeficientes del modelo (1,1,1) con c_0 para $h = 12$

Parámetro	Z	P-valor
ϕ_1	2.5802	0.009874
θ_1	-7.6890	1.483e-14
c_0	1.9301	0.053596

Cuadro 6: Prueba de significancia de los coeficientes del modelo (1,1,1) con c_0 para $h = 12$

ϕ_1	θ_1	AIC
0.4024	-0.7573	363.41

Cuadro 7: Coeficientes del modelo (1,1,1) sin c_0 para $h = 12$

Selección de modelos candidatos

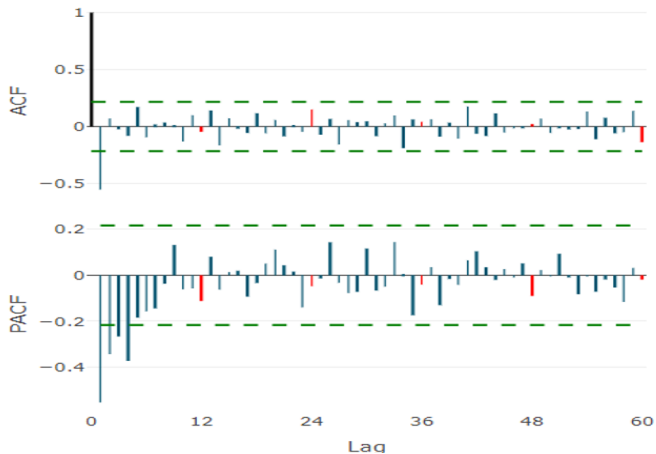


Figura 6: ACF y PACF para el modelo SARIMA con $h = 12$. **Fuente:** Elaboración propia

Selección de modelos candidatos



Fase 2:

► Para $h = 12$:

Modelo	ϕ_1	θ_1	θ_2	c_0	AIC
ARIMA(1,1,1)	0.4318	-0.8264	0	0.1417	362.39
ARIMA(1,1,1)	0.4024	-0.7573	0	0	363.41
ARIMA(0,1,2)	0	-0.3932	-0.2698	0.1451	362.14

Cuadro 8: Coeficientes de los modelos ARIMA para $h = 12$

Modelo	θ_1	AIC
SARIMA(0,1,1)(0,0,0) _[12]	-0.3950	365.9

Cuadro 9: Coeficientes del modelo SARIMA para $h = 12$

Selección de modelos candidatos



► Para $h = 6$:

Modelo	ϕ_1	θ_1	c_0	AIC
ARIMA(1,1,1)	0.4382	-0.8490	0.1345	392.53

Cuadro 10: Coeficientes del modelo ARIMA para $h = 6$

Modelo	θ_1	Φ_1	Θ_1	Θ_2	AIC
SARIMA(0,1,1)(0,0,0) _[12]	-1.0000	0	0	0	475.21
SARIMA(0,1,1)(1,0,2)_[12]	-0.4303	0.8178	-0.7897	0.3251	387.21

Cuadro 11: Coeficientes de los modelos SARIMA para $h = 6$

Evaluación y diagnóstico del modelo



► Fase 3:

► Para $h = 12$

Prueba	Hipótesis	P-valor
ARCH	H_0 : Residuales homogéneos H_1 : Residuales no homogéneos	0.8404
Ljung-Box	$H_0: p_k = 0$ $H_1: p_k \neq 0$	0.6118
Anderson-Darling	H_0 : Residuales normales H_1 : Residuales no normales	0.1821
t-student	$H_0: E(e_t) = 0$ $H_1: E(e_t) \neq 0$	0.6471

Cuadro 12: Diagnóstico del modelo
ARIMA(1,1,1) con c_0

Prueba	Hipótesis	P-valor
ARCH	H_0 : Residuales homogéneos H_1 : Residuales no homogéneos	0.9606
Ljung-Box	$H_0: p_k = 0$ $H_1: p_k \neq 0$	0.6102
Anderson-Darling	H_0 : Residuales normales H_1 : Residuales no normales	0.2494
t-student	$H_0: E(e_t) = 0$ $H_1: E(e_t) \neq 0$	0.0574

Cuadro 13: Diagnóstico del modelo
ARIMA(1,1,1) sin c_0

Evaluación y diagnóstico del modelo



Prueba	Hipótesis	P-valor
ARCH	H_0 : Residuales homogéneos H_1 : Residuales no homogéneos	0.9093
Ljung-Box	$H_0: \rho_k = 0$ $H_1: \rho_k \neq 0$	0.5812
Anderson-Darling	H_0 : Residuales normales H_1 : Residuales no normales	0.1914
t-student	$H_0: E(e_t) = 0$ $H_1: E(e_t) \neq 0$	0.6813

Cuadro 14: Diagnóstico del modelo
ARIMA(0,1,2)

Prueba	Hipótesis	P-valor
ARCH	H_0 : Residuales homogéneos H_1 : Residuales no homogéneos	0.9132
Ljung-Box	$H_0: \rho_k = 0$ $H_1: \rho_k \neq 0$	0.1074
Anderson-Darling	H_0 : Residuales normales H_1 : Residuales no normales	0.08967
t-student	$H_0: E(e_t) = 0$ $H_1: E(e_t) \neq 0$	0.1935

Cuadro 15: Diagnóstico del modelo
SARIMA(0,1,1)(0,0,0)_[12]

Evaluación y diagnóstico del modelo



► Para $h = 6$:

Prueba	Hipótesis	P-valor
ARCH	H_0 : Residuales homogéneos H_1 : Residuales no homogéneos	0.8797
Ljung-Box	$H_0: p_k = 0$ $H_1: p_k \neq 0$	0.7655
Anderson-Darling	H_0 : Residuales normales H_1 : Residuales no normales	0.05726
t-student	$H_0: E(e_t) = 0$ $H_1: E(e_t) \neq 0$	0.6227

Cuadro 16: Diagnóstico del modelo
ARIMA(1,1,1)

Prueba	Hipótesis	P-valor
ARCH	H_0 : Residuales homogéneos H_1 : Residuales no homogéneos	0.1573
Ljung-Box	$H_0: p_k = 0$ $H_1: p_k \neq 0$	0.00003518
Anderson-Darling	H_0 : Residuales normales H_1 : Residuales no normales	0.217
t-student	$H_0: E(e_t) = 0$ $H_1: E(e_t) \neq 0$	0.9375

Cuadro 17: Diagnóstico del modelo
SARIMA(0,1,1)(0,0,0)₁₂

Evaluación y diagnóstico del modelo



Prueba	Hipótesis	P-valor
ARCH	H_0 : Residuales homogéneos H_1 : Residuales no homogéneos	0.4908
Ljung-Box	$H_0: p_k = 0$ $H_1: p_k \neq 0$	0.8684
Anderson-Darling	H_0 : Residuales normales H_1 : Residuales no normales	0.1997
t-student	$H_0: E(e_t) = 0$ $H_1: E(e_t) \neq 0$	0.4709

Cuadro 18: Diagnóstico del modelo **SARIMA(0,1,1)(1,0,2)_[12]**

Desempeño del modelo



► Para $h = 12$:

Modelo	ME	RMSE	MAE	MPE	MAPE	ACF1	Theil's U
ARIMA(1,1,1) con c_0	0.5727	12.5039	9.662	-0.9363	16.2064	0.0306	0.9476
ARIMA(1,1,1) sin c_0	2.6414	12.7280	9.8942	2.3135	16.1507	-0.0082	0.9782
ARIMA(0,1,2)	0.5163	12.4551	9.7858	-1.0890	16.5191	0.0220	0.9380
SARIMA(0,1,1)(0,0,0) _[12]	1.8153	13.1235	9.9758	0.9898	16.1562	0.0714	0.9962

Cuadro 19: Métricas de desempeño del conjunto de entrenamiento de los modelos para $h = 12$

Modelo	ME	RMSE	MAE	MPE	MAPE	ACF1	Theil's U
ARIMA(1,1,1) con c_0	-8.1170	19.7085	16.2581	-12.6397	19.1937	0.1842	0.9075
ARIMA(1,1,1) sin c_0	2.2806	17.9558	13.3182	-1.2702	14.4830	0.1632	0.8008
ARIMA(0,1,2)	-9.1503	20.2334	16.9145	-13.8192	20.0575	0.1936	0.9369
SARIMA(0,1,1)(0,0,0) _[12]	3.9709	18.6535	13.9903	0.4890	15.0105	0.1748	0.8293

Cuadro 20: Métricas de desempeño del conjunto de prueba de los modelos para $h = 12$

Desempeño del modelo



► Para $h = 6$:

Modelo	ME	RMSE	MAE	MPE	MAPE	ACF1	Theil's U
ARIMA(1,1,1)	0.6590	13.1894	10.1287	-0.9567	16.3903	0.00893	0.9441
SARIMA(0,1,1)(0,0,0)[12]	68.5828	71.5472	68.5828	98.5860	98.5860	0.7354	4.7645
SARIMA(0,1,1)(1,0,2)[12]	0.9440	12.4238	9.5019	-0.2403	14.7468	0.0179	0.8623

Cuadro 21: Métricas de desempeño del conjunto de entrenamiento de los modelos para $h = 6$

Modelo	ME	RMSE	MAE	MPE	MAPE	ACF1	Theil's U
ARIMA(1,1,1)	-9.1288	19.7606	17.3353	-13.3716	20.5439	0.2390	1.0978
SARIMA(0,1,1)(0,0,0)[12]	92.7539	94.1320	92.7539	98.9958	98.9958	0.1489	4.7510
SARIMA(0,1,1)(1,0,2)[12]	-14.5664	23.1624	18.6481	-19.3791	22.9354	0.2149	1.2742

Cuadro 22: Métricas de desempeño del conjunto de prueba de los modelos para $h = 6$

Desempeño del modelo



	ME	RMSE	MAE	MPE	MAPE	ACF1	Theil's U
Entrenamiento	2.6414	12.7280	9.8942	2.3135	16.1507	-0.0082	0.9782
Prueba	2.2806	17.9558	13.3182	-1.2702	14.4830	0.1632	0.8008

Cuadro 23: Métricas de ARIMA(1,1,1) sin c_0 para $h = 12$

	ME	RMSE	MAE	MPE	MAPE	ACF1	Theil's U
Entrenamiento	0.6590	13.1894	10.1287	-0.9567	16.3903	0.00893	0.9441
Prueba	-9.1288	19.7606	17.3353	-13.3716	20.5439	0.2390	1.0978

Cuadro 24: Métricas de ARIMA(1,1,1) para $h = 6$

Modelo final



Recordemos:

ϕ_1	θ_1
0.4024	-0.7573

Cuadro 25: Coeficientes del modelo ARIMA(1,1,1) sin c_0 para $h = 12$

Se construye el modelo a partir de:

$$\phi_p(B)\nabla^d y_t = c_0 + \theta_q(B)a_t$$

$$\Rightarrow \phi_1(B)\nabla^1 y_t = c_0 + \theta_1(B)a_t$$

$$\Rightarrow \phi_1(B)(1-B)^1 y_t = c_0 + \theta_1(B)a_t$$

$$\Rightarrow (1 - \phi_1 B)(y_t - y_{t-1}) = c_0 + (1 + \theta_1 B)a_t$$

$$\Rightarrow y_t - y_{t-1} - \phi_1 B y_t + \phi_1 B y_{t-1} = c_0 + a_t + \theta_1 B a_t$$

$$\Rightarrow y_t - y_{t-1} - \phi_1 y_{t-1} + \phi_1 y_{t-2} = c_0 + a_t + \theta_1 a_{t-1}$$

$$\Leftrightarrow y_t = c_0 + y_{t-1} + \phi_1 y_{t-1} - \phi_1 y_{t-2} + \theta_1 a_{t-1} + a_t; c_0 = 0$$

$$\Rightarrow y_t = y_{t-1} + \phi_1 y_{t-1} - \phi_1 y_{t-2} + \theta_1 a_{t-1} + a_t$$

Modelo final



El modelo final es:

$$y_t = y_{t-1} + 0,4024y_{t-1} - 0,4024y_{t-2} - 0,7573a_{t-1} + a_t$$

Pronósticos



Figura 7: Pronóstico de los intentos de suicidio. **Fuente:** Elaboración propia

Conclusiones



A través del respectivo análisis de la serie temporal hecho, se determinó que el modelo ARIMA(1,1,1) sin c_0 para un pronóstico de a lo mucho 12 meses es el más adecuado, entre todos los modelos comparados.

Se encontró una tendencia ascendente a lo largo del tiempo, y patrones estacionales en los intentos de suicidio, lo que sugiere realizar un análisis más profundo a futuro, donde se tengan en cuenta la presencia de factores y variables en común que estén afectando al aumento significativo y la estacionalidad presentada.

Bibliografías



- Infobae. (2024, septiembre 10). *Alarmante panorama para la salud mental en Colombia: Intentos de suicidio van en aumento desde la pandemia*. Infobae.
- Ministerio de Justicia. (2024, julio 07). *MinJusticia presenta relevante informe sobre el fenómeno de la violencia intrafamiliar en Colombia (2016-2023)*. Ministerio de Justicia.
- Revista Colombiana de Psiquiatría. (2023, abril 04). *Caracterización del suicidio en el departamento de Córdoba (Colombia), en el periodo 2015-2020*. Revista Colombiana de Psiquiatría.
- Instituto Nacional de Salud. (2022). *Informe de Evento Intento de Suicidio, 2022*. Instituto Nacional de Salud.
- (2023). *Informe de evento. Intento de suicidio a periodo epidemiológico I de 2023*.

Bibliografías



- El espectador. (2019, marzo 31). *La violencia está despoblando el sur de Córdoba*. EL Espectador.
- World Health Organization. (2021, junio 17). *One in 100 deaths is by suicide*. World Health Organization.
- ResearchGate. (2013, junio). *Effect of 9/11 on suicide: appropriateness of a time series model*. ResearchGate.
- Universidad De Córdoba. (2023, febrero). *ESTRUCTURAS HÍBRIDAS PARA EL MODELADO Y PRONÓSTICO DE SERIES TEMPORALES: METODOLOGÍAS Y APLICACIONES*. Universidad De Córdoba.
- Link de la base de datos:
<https://portalsivigila.ins.gov.co/Paginas/Buscador.aspx#>



GRACIAS

Conéctate con sentido



@unicordoba_col



Universidad de Córdoba



unicordoba_colombia



unicordobaTV



unicordobacolombia

90.0 **Unicórdoba**
estéreo
Nuestra señal cultural

www.unicordoba.edu.co

Reacreditados Institucionalmente, resolución N° 000020 del 11 de enero de 2023 por el Ministerio de Educación Nacional, certificados en: ISO: 9001 – ISO: 45001 e ISO: 14001 ICONTEC

Unicórdoba, calidad, innovación e inclusión para la transformación del territorio