

# Modelo de predicción de la Intención Suicida en Adolescentes mediante métodos Bayesianos

Yeiver Esteban Sanabria<sup>1</sup> and Tania Liceth Barrera López<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pregrado Ciencia de Datos Universidad Externado, Bogotá - Colombia

<sup>2</sup>Pregrado Ciencia de Datos Universidad Externado, Bogotá - Colombia

## 1. Introducción

### 1.0.1 Planteamiento del problema

El suicidio es una de las principales causas de muerte a nivel mundial y representa un problema de salud pública de gran magnitud (Kessler, R et al, 1999). En particular, los adolescentes son un grupo vulnerable, ya que experimentan cambios emocionales y psicológicos que pueden aumentar el riesgo de conductas suicidas según Kessler, R. En los últimos años, diversos estudios han señalado que la mayoría de los suicidios ocurren en personas con trastornos mentales no diagnosticados o sin acceso a tratamiento adecuado (J. John Mann, 2023).

Se ha identificado que los trastornos mentales constituyen un factor de riesgo clave en la conducta suicida, aunque no todas las personas con dichos trastornos intentan suicidarse. Además, existen muchos factores que contribuyen a la aparición de estas conductas, con un impacto incluso mayor que los factores genéticos conocidos.

El suicidio es un fenómeno complejo y multifactorial que constituye una de las principales causas de muerte en adolescentes y adultos jóvenes. A nivel mundial, representa la segunda causa de mortalidad en personas de 15 a 29 años (Blasco et al., 2016). La adolescencia es una etapa crítica del desarrollo humano, caracterizada por cambios biológicos, emocionales y sociales que pueden aumentar la vulnerabilidad a trastornos mentales y conductas de riesgo, incluyendo la ideación suicida (Joshi et al., 2015).

Diversos estudios han identificado que el suicidio rara vez ocurre de manera impulsiva y está predicho por factores de riesgo bien definidos, como antecedentes de enfermedades mentales, abuso de sustancias, experiencias adversas en la infancia y falta de apoyo (Harriss et al., 2005). De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), más del 90

Según (Ness et al., 2015), la presencia de alcohol está involucrada en el 58

”El impacto del abuso de alcohol en la reincidencia de autolesiones y la mortalidad demuestra una necesidad real y creciente de que los servicios clínicos aborden la comorbilidad relacionada con el alcohol en pacientes con autolesiones. Este enfoque podría reducir el riesgo para los pacientes y, potencialmente, resultar en una reducción significativa de la alta demanda clínica que presenta este grupo de pacientes” (Ness et al., 2015, p. 02).

Por otra parte, el consumo de sustancias ha sido identificado como un factor de alto riesgo en la conducta suicida adolescente. Según Haw y Hawton (2011), el abuso de drogas está directamente relacionado con la probabilidad de intentos de suicidio y repetición de autolesiones. (Ness et al. 2015) encontraron que el abuso de alcohol en adolescentes aumenta el riesgo de repetición de autolesiones y suicidio en los años posteriores. Esto indica que cualquier modelo predictivo de intención suicida debe incluir variables asociadas al consumo de sustancias y al historial de autolesiones.

En este contexto, la predicción del riesgo suicida es una prioridad para la salud pública, ya que permite la implementación de estrategias preventivas oportunas. Modelos de predicción basados en inteligencia artificial han mostrado resultados prometedores en la identificación de individuos en riesgo, combinando datos clínicos, sociodemográficos y comportamentales (Joshi et al., 2015). Sin embargo, existen desafíos en la precisión de estas herramientas y en su integración en sistemas de salud y educación.

Es fundamental que los modelos predictivos incluyan variables relacionadas con la vulnerabilidad psicológica, el acceso a servicios de salud mental y el impacto de factores externos como el bullying y la violencia intrafamiliar.

Dado que los adolescentes pasan una gran parte de su tiempo en instituciones educativas, los programas de prevención dentro de las escuelas juegan un papel clave en la detección temprana del riesgo suicida. Sin embargo, la falta de capacitación adecuada de los docentes y la limitada disponibilidad de servicios de apoyo psicológico en los centros educativos representan obstáculos para una intervención eficaz (Joshi et al., 2015).

Los factores de riesgo y la protección asociados con los pensamientos y comportamientos suicidas (Blasco et al., 2016) evalúa la prevalencia y la incidencia de 36 meses de pensamientos y comportamientos suicidas identificando el riesgo relevante y factores protectores asociados a la incidencia de pensamientos y conductas suicidas.

En la importancia de la identificación temprana en la intención suicida (Joshi et al., 2015) se identificó que la evaluación de la intención suicida en adolescentes, quienes han intentado autolesionarse, es crucial para prevenir futuros suicidios y se recomienda el uso de herramientas como la Escala de Intención Suicida de Beck (SIS) para predecir el riesgo de suicidio. Se sugiere que una escala reducida de medición de la intención suicida podría ser útil en la práctica clínica. Diversos estudios han demostrado que la autolesión es un factor de riesgo clave para el suicidio en adolescentes, especialmente cuando está acompañada de una fuerte intención suicida (Blasco et al., 2016; Joshi et al., 2015).

(Rabbany et al., 2023) señala que la adversidad infantil (CA), como el abuso físico y sexual, es un predictor importante del riesgo de suicidio. Además, los trastornos del estado de ánimo y los rasgos agresivos median esta relación, lo que sugiere que la agresión podría ser un factor clave en la predisposición suicida. Al señalar que los adolescentes que han sufrido abuso o negligencia tienen una mayor probabilidad de desarrollar conductas suicidas, especialmente si presentan antecedentes de autolesiones según Joshi et al., 2015.

Dado lo dicho por los autores en el texto anterior podemos hacer una conexión por lo dicho en que la adversidad en la infancia, particularmente el abuso físico y sexual, ha sido identificados como factores críticos en el desarrollo de conductas suicidas en adolescentes. Estudios recientes han señalado que los trastornos del estado de ánimo y los rasgos agresivos pueden mediar esta relación, aumentando significativamente el riesgo de intentos de suicidio (Rabbany et al., 2023; Joshi et al., 2015).

## 2. Pregunta de investigación

¿Cuáles son los principales factores de riesgo asociados a la intención suicida en adolescentes y cómo pueden integrarse en modelos predictivos para estimar la proporción de suicidio en adolescentes?

## 3. Objetivos

### 3.1 Objetivo General

Desarrollar un modelo Bayesiano, basado en factores de riesgo, que estime la tasa de suicidios en adolescentes.

### 3.2 Objetivo Específico

- Determinar los factores de riesgo biopsicosociales más relevantes para predecir el intento de suicidio en la población adolescente.
- Determinar factores de protección asociados al riesgo de intento de suicidio en adolescentes.
- Revelar la población adolescente con riesgo de suicidio a partir de los factores encontrados.

Tras la estimación bayesiana del modelo de regresión Beta mediante muestreo MCMC, se obtuvieron las distribuciones posteriores de los coeficientes de regresión y del parámetro de precisión  $\phi$ . La Tabla 2 resume los valores puntuales (media posterior), errores estándar, intervalos creíbles al 95%, así como los diagnósticos de convergencia ( $\hat{R}$ ) y tamaños efectivos de muestra (*Bulk\_ESS* y *Tail\_ESS*) para cada parámetro.

## 4. Metodología

### 4.0.1 Enfoque Metodológico

El presente estudio adopta un enfoque cuantitativo, dado que se basa en el análisis de datos numéricos para la construcción y validación de un modelo estadístico.

### 4.0.2 Diseño de Investigación

El estudio se estructura como no experimental de tipo predictivo.

### 4.0.3 Fuente de datos

Esta base de datos fue recopilada por la OMS mediante la Encuesta Global de Salud Estudiantil Escolar (GSHS) por sus siglas en inglés, recopilada en 26 países. La base de datos contiene preguntas seleccionadas y proporciona el porcentaje de cada género con la edad por cada factor. La base de datos contiene información sobre comportamientos de riesgo para el suicidio en adolescentes. Incluye variables como consumo de alcohol, uso de drogas, actividad sexual, tabaquismo, violencia, bullying, intentos de suicidio y factores familiares. Los datos están segmentados por país, año, grupo de edad y género. Es importante aclarar que el dataset incluye proporciones nacionales, y no respuestas individuales, por lo que debe entenderse como una herramienta de predicción demográfica y/o epidemiológica.

Basándonos en la base de datos, se determinaron las variables de interés, basándonos en la revisión de literatura, y considerando la correlación entre variables relevantes.

- **Year:** Año de recolección. Descartado basado en el modelo utilizado.
- **AGE.GROUP:** Grupo de edad, 13-15 años o 16-17.
- **Sex:** Género.
- **Really\_Get\_Drunk:** Consumo de alcohol hasta el estado de embriaguez.
- **Overweight:** Sobre peso.
- **Use\_Marijuana:** Consumo de marihuana.
- **Have\_Understanding\_Parents:** Conocimiento de los padres respecto a la situación de salud mental.
- **Missed\_classes\_without\_permission:** Ha faltado a clases sin permiso.
- **Had\_sexual\_relative:** Es sexualmente activa.
- **Had\_fights:** Ha tenido peleas.
- **Bulled:** Bullying.

- **Got\_Seriously\_injured:** Ha cometido autolesiones graves.
- **No\_close\_friends:** No tiene amigos cercanos.
- **Attempted\_suicide:** Ha tenido intento de suicidio.

### 4.0.4 Procesamiento de Datos

De la base de datos original se eliminaron seis observaciones con valores faltantes, lo cual representó menos del 6% del total de la muestra. Esta omisión se consideró metodológicamente aceptable, ya que su impacto sobre la estructura de los datos es mínimo.

Las variables categóricas clave, como el sexo y el grupo de edad, fueron recodificadas considerando como categorías de referencia el sexo masculino y el grupo de edad de 16 a 17 años, respectivamente. Esta decisión se fundamentó en estudios previos. Blasco et al. (2016) indican que las mujeres presentan una mayor prevalencia de ideación suicida, lo que justifica el uso del sexo masculino como referencia. De igual forma, Rabbany et al. (2023) identifican un mayor riesgo psicosocial en adolescentes entre los 13 y 15 años, por lo que se tomó el grupo de 16 a 17 años como base comparativa, dada su menor exposición a ciertos factores de riesgo.

## 4.1 Modelo de Predicción

Con base en el objetivo de investigación, se optó por implementar un modelo de regresión Beta. Esta elección metodológica responde al hecho de que la variable dependiente, *Attempted\_suicide*, es una proporción restringida al intervalo (0,1), lo cual invalida los supuestos requeridos por modelos tradicionales como la regresión lineal. Ferrari y Cribari-Neto (2004) señalan que la regresión Beta es especialmente adecuada para modelar tasas y proporciones, ya que permite ajustar tanto la media como la dispersión de la variable dependiente.

Este enfoque también ha sido validado por estudios previos en contextos similares. Por ejemplo, Smithson y Verkuilen (2006) proponen la regresión Beta como alternativa robusta cuando la variable dependiente no se distribuye normalmente. Asimismo, Cribari-Neto y Zeileis (2010) destacan su utilidad para variables continuas acotadas, como las proporciones.

La literatura también ha documentado múltiples aplicaciones del modelo Beta en áreas relacionadas con la salud pública y el comportamiento humano, tales como gasto familiar (Branscum, Johnson y Thurmond, 2007), análisis electoral (Chan, 2006), y volumen de accidentes cerebrovasculares (Swearingen et al., 2011).

A diferencia de la regresión logística, que se limita a predecir la ocurrencia o no de un evento, el modelo de regresión Beta permite estimar la proporción esperada de intento suicida en función de múltiples factores biopsicosociales. Espinheira, Ferrari y Cribari-Neto (2008) destacan esta capacidad como esencial para estudios donde la magnitud del riesgo es más relevante que una clasificación binaria.

El modelo fue estimado bajo un enfoque bayesiano, utilizando el paquete `brms` en R. Esta aproximación permite incorporar conocimiento previo mediante la definición explícita de distribuciones a priori sobre los parámetros del modelo. Cepeda y Gamerman (2005), así como Gamerman (1997), han documentado ampliamente la eficacia del enfoque bayesiano para ajustar modelos con alta complejidad estructural.

Adicionalmente, el marco bayesiano posibilita modelar de manera jerárquica tanto la media como la dispersión, lo cual es fundamental para variables con alta variabilidad individual, como las asociadas al comportamiento suicida (Figueroa-Zúñiga, Arellano-Valle y Ferrari, 2013; Simas, Barreto-Souza y Rocha, 2010).

Los coeficientes para el modelo de regresión Beta se distribuyen de forma Normal, de la siguiente manera:

- **Sexo femenino:** Las mujeres presentan mayor prevalencia de ideación suicida en contextos universitarios y escolares (Blasco, 2016). Por tanto, se espera un efecto positivo moderado.

$$\beta_{\text{SexFemale}} \sim \mathcal{N}(1, 0.5) \quad (1)$$

- **Sobrepeso:** La insatisfacción corporal y el estigma asociado al sobrepeso en la adolescencia se han vinculado con mayor riesgo suicida, aunque con gran variabilidad individual (Rabbany et al., 2023).

$$\beta_{\text{Overweight}} \sim \mathcal{N}(0, 3) \quad (2)$$

- **Uso de marihuana:** El consumo de sustancias como la marihuana se ha asociado significativamente con conductas autolesivas y suicidas en jóvenes (Haw et al., 2011).

$$\beta_{\text{UseMarijuana}} \sim \mathcal{N}(1.5, 2) \quad (3)$$

- **Padres comprensivos:** El apoyo familiar, particularmente la percepción de comprensión por parte de los padres, actúa como un factor protector ante la ideación suicida (Joshi et al., 2015).

$$\beta_{\text{HaveUnderstandingParents}} \sim \mathcal{N}(-1, 1) \quad (4)$$

- **Faltar a clases sin permiso:** El ausentismo injustificado puede reflejar problemas emocionales o desconexión escolar, lo cual incrementa la vulnerabilidad (Blasco, 2016).

$$\beta_{\text{MissedClassesWithoutPermission}} \sim \mathcal{N}(1, 2) \quad (5)$$

- **Participación en peleas:** Comportamientos agresivos pueden ser expresión de sufrimiento psicológico interno o dinámicas sociales conflictivas (Rabbany et al., 2023).

$$\beta_{\text{HadFights}} \sim \mathcal{N}(2, 0.5) \quad (6)$$

- **Ser víctima de bullying:** El acoso escolar es uno de los predictores más consistentes de ideación suicida en adolescentes (Joshi et al., 2015).

$$\beta_{\text{Bullied}} \sim \mathcal{N}(2, 0.5) \quad (7)$$

- **No tener amigos cercanos:** La ausencia de vínculos sociales significativos está asociada con mayor riesgo de aislamiento y desesperanza (Blasco, 2016).

$$\beta_{\text{NoCloseFriends}} \sim \mathcal{N}(2, 0.5) \quad (8)$$

- **Haber sido gravemente herido:** Las lesiones físicas pueden reflejar contextos de violencia o autolesiones, ambos relacionados con riesgo suicida (Harriss et al., 2005).

$$\beta_{\text{GotSeriouslyInjured}} \sim \mathcal{N}(2.5, 2) \quad (9)$$

- **Embriagarse con frecuencia:** El consumo excesivo de alcohol incrementa la impulsividad y disminuye la inhibición, lo que puede facilitar conductas suicidas (Ness et al., 2015).

$$\beta_{\text{ReallyGetDrunk}} \sim \mathcal{N}(2, 1) \quad (10)$$

- **Grupo etario 13-15 años:** La adolescencia temprana se considera un periodo crítico de desarrollo emocional, con alta vulnerabilidad a la ideación suicida.

$$\beta_{\text{Age.Group13M15}} \sim \mathcal{N}(2, 1) \quad (11)$$

Finalmente, el parámetro de dispersión  $\phi$  no se fijó explícitamente, permitiendo al modelo BRMS de R aplicar su prior por defecto:

$$\alpha_{\phi} \sim \mathcal{N}(0, 5^2)$$

## 4.2 Función de Verosimilitud

Sea  $\{y_i\}_{i=1}^{100}$  el conjunto de observaciones de la variable respuesta, con  $y_i \in (0, 1)$ . Bajo una regresión Beta parametrizada en media  $\mu_i$  y precisión  $\phi$ , se tiene

$$y_i \sim \text{Beta}(\alpha_i, \beta_i), \quad \alpha_i = \mu_i \phi, \quad \beta_i = (1 - \mu_i) \phi, \quad \mu_i = \text{logit}^{-1}(X_i^\top \beta).$$

La función de verosimilitud conjunta para las 100 observaciones es

$$\mathcal{L}(\beta, \phi | \mathbf{y}) = \prod_{i=1}^{100} \frac{\Gamma(\phi)}{\Gamma(\mu_i \phi) \Gamma((1 - \mu_i) \phi)} y_i^{\mu_i \phi - 1} (1 - y_i)^{(1 - \mu_i) \phi - 1}.$$

Su versión logarítmica, empleada en el muestreo bayesiano, resulta en

$$\mathcal{L}(\beta, \phi | \mathbf{y}) = \sum_{i=1}^{100} \left[ \ln \Gamma(\phi) - \ln \Gamma(\mu_i \phi) - \ln \Gamma((1 - \mu_i) \phi) + (\mu_i \phi - 1) \ln y_i + ((1 - \mu_i) \phi - 1) \ln(1 - y_i) \right].$$

## 4.3 Estimación por Muestreo No-U-Turn (NUTS)

## 4.4 Estimación Bayesiana y Muestreo MCMC

Para aproximar el posterior de los parámetros del modelo Beta se empleó la librería `brms` (v2.x) sobre Stan, usando el muestreador No-U-Turn Sampler (NUTS). Los detalles de la configuración de MCMC fueron:

- **Número de cadenas:** 4
- **Iteraciones por cadena:** 4 000 (2 000 warm-up + 2 000 muestreo)
- **Warm-up (burn-in):** 50 % de las iteraciones (2 000)
- **Cores utilizados:** 4 (una por cadena, en paralelo)
- **Semilla:** seed = 123 para garantizar reproducibilidad
- **Distribución familiar:** family = Beta()
- **Priors:** tal como se definieron en la Sección de Priors
- **Control de adaptabilidad:** valores por defecto de adapt\_delta = 0.8 y max\_treedepth = 10

Tras el muestreo, se evaluaron los criterios de convergencia y eficiencia:

- $\hat{R}$  (Rhat) para cada parámetro, buscando valores cercanos a 1.00.

- *Bulk\_ESS* y *Tail\_ESS*, con valores mínimos por encima de 200 para asegurar tamaño efectivo adecuado.

- Inspección de trazas y densidades posteriores para descartar mezclas deficientes.

Con esta configuración se garantiza una aproximación robusta del posterior de los coeficientes  $\beta$  y del parámetro de precisión  $\phi$ , asegurando validez estadística y reproducibilidad del análisis.

## 5. Resultados

### 5.1 Resumen de Posteriores

Tras la estimación bayesiana del modelo de regresión Beta mediante muestreo MCMC, se obtuvieron las distribuciones posteriores de los coeficientes de regresión y del parámetro de precisión  $\phi$ . La Tabla 2 resume los valores puntuales (media posterior), errores estándar, intervalos creíbles al 95%, así como los diagnósticos de convergencia ( $\hat{R}$ ) y tamaños efectivos de muestra (*Bulk\_ESS* y *Tail\_ESS*) para cada parámetro.

### 5.2 Visualización de Resultados

Para evaluar la calidad del ajuste del modelo, se realizaron diversas verificaciones visuales utilizando gráficos de los resultados del muestreo MCMC. A continuación se presentan las gráficas que permiten evaluar diferentes aspectos del modelo ajustado.

#### 5.2.1 Densidades Marginales

La gráfica de Áreas de Posterior con Intervalo de Credibilidad al 95% muestra la distribución posterior de los parámetros. Los intervalos de credibilidad al 95% confirman que los parámetros ajustados se encuentran dentro de rangos razonables, lo que indica que el modelo ha capturado adecuadamente las relaciones entre las variables. A continuación se presenta la gráfica correspondiente:

**Algorithm 1** No-U-Turn Sampler (parte 1: bucle principal)

---

```

1: Input:  $\theta^{(0)}$ ,  $\varepsilon$ ,  $M$ ,  $N$ 
2: Output: muestras  $\{\theta^{(s)}\}_{s=1}^N$ 
3:  $\theta \leftarrow \theta^{(0)}$ 
4: for  $s = 1$  to  $N$  do
5:   muestrea  $p \sim \mathcal{N}(0, M)$ 
6:   calcula  $H(\theta, p) = \log \pi(\theta) - 12 p^\top M^{-1} p$ 
7:   muestrea  $u \sim \text{Uniform}(0, \exp(H(\theta, p)))$ 
8:   inicia:

$$\theta^- = \theta^+ = \theta, p^- = p^+ = p, j = 0, \theta^* = \theta, n = 1, s_{\text{stop}} = 1$$

9:   while  $s_{\text{stop}} = 1$  do
10:    elige  $v \in \{-1, +1\}$ 
11:    if  $v = -1$  then
12:      llamar BUILDTREE a  $(\theta^-, p^-, u, v, j, \varepsilon)$ 
13:    else
14:      llamar BUILDTREE a  $(\theta^+, p^+, u, v, j, \varepsilon)$ 
15:    end if
16:    actualiza  $\theta^*, n, s_{\text{stop}}, j$ 
17:  end while
18:   $\theta \leftarrow \theta^*$ 
19:  guarda  $\theta^{(s)} \leftarrow \theta$ 
20: end for
21: Return  $\{\theta^{(s)}\}$ 

```

---

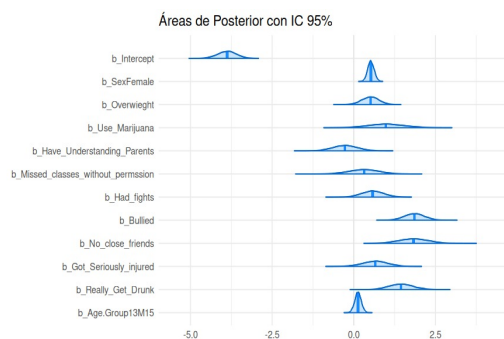


Fig. 1. Áreas de Posterior con Intervalo de Credibilidad al 95%

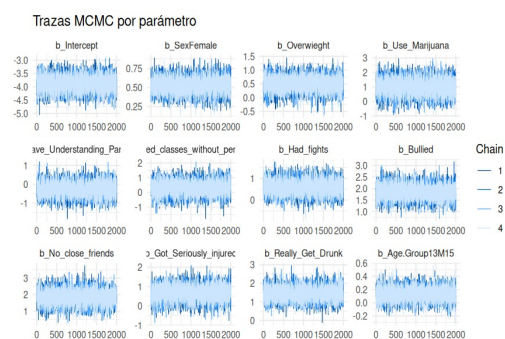


Fig. 2. Trazas de Convergencia

### 5.2.2 Trazas de Convergencia

Las trazas MCMC por parámetro muestran que las cadenas de Markov para cada parámetro se mezclan correctamente, lo que sugiere que el modelo ha convergido adecuadamente y que el muestreo ha sido eficiente. A continuación se presenta la gráfica de trazas de los parámetros:

### 5.2.3 Chequeo Posterior Predictivo

El **\*\*Chequeo Posterior Predictivo\*\*** muestra que el modelo ajustado es capaz de generar datos que se ajustan adecuadamente a los datos observados, lo que sugiere que el modelo tiene un buen desempeño en términos de predicción. En la siguiente gráfica se presenta el resultado de este chequeo

**Algorithm 2** BuildTree (parte 2)

---

```

1: function BUILDTREE( $\theta, p, u, v, j, \epsilon$ )
2:   if  $j = 0$  then
3:     leapfrog en dirección  $v$ :  $(\theta', p')$ 
4:      $H' = \log \pi(\theta') - 12 p'^{\top} M^{-1} p'$ 
5:      $n' \leftarrow [u \leq \exp(H')]$ ,  $s' \leftarrow [u < \exp(\delta_{\max} + H')]$ 
6:     return  $(\theta', p', \theta', p', \theta', n', s')$ 
7:   else
8:      $(\theta^-, p^-, \theta^+, p^+, \theta', n', s') \leftarrow \text{BUILDTREE}(\theta, p, u, v, j-1, \epsilon)$ 
9:     if  $s' = 1$  then
10:      if  $v = -1$  then
11:        BUILDTREE( $\theta^-, p^-, u, v, j-1, \epsilon$ )
12:      else
13:        BUILDTREE( $\theta^+, p^+, u, v, j-1, \epsilon$ )
14:      end if
15:      actualiza  $\theta', n', s'$ 
16:    end if
17:    return  $(\theta^-, p^-, \theta^+, p^+, \theta', n', s')$ 
18:   end if
19: end function

```

---

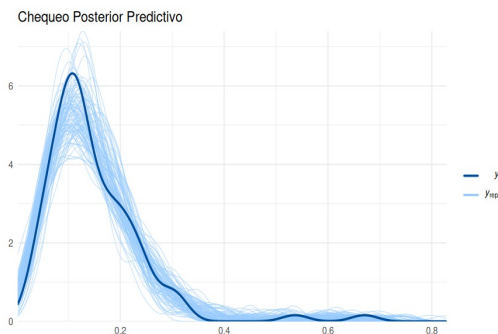


Fig. 3. Distribuciones Predictivas Posteriores vs. Datos Observados

- El 99.0% de los puntos de datos presentaron valores  $k \leq 0.7$ , indicando que la aproximación LOO es confiable en casi todos los casos.
- Solo el 1.0% cayó en el rango  $(0.7, 1]$ , considerado como potencialmente problemático, y ninguno superó el umbral de  $k > 1$ .

Estos resultados sugieren que la validación cruzada LOO es estable y aplicable en este modelo.

- **Bayes  $R^2$** : Se obtuvo un valor de 0.734 (EE = 0.029, IC 95% = [0.666, 0.778]). Esto indica que aproximadamente el 73.4% de la variabilidad observada en los datos es explicada por el modelo, lo cual representa un ajuste sólido.

## Desempeño del Modelo

Para evaluar el desempeño del modelo bayesiano, se utilizaron métricas de validación cruzada basada en *leave-one-out* (LOO) y la métrica de bondad de ajuste Bayes  $R^2$ .

- **elpd\_loo (Expected Log Predictive Density)**: Se obtuvo un valor de 162.1 con un error estándar de 9.9.
- **p\_loo (Número efectivo de parámetros)**: El valor estimado fue 13.2 con un error estándar de 3.2. Sugiere un buen equilibrio entre ajuste y parsimonia.
- **LOOIC (Leave-One-Out Information Criterion)**: Se reportó un valor de  $-324.3$  (EE = 19.7).
- **Diagnóstico de Pareto- $k$** :

Tabla. 1. Resumen de los coeficientes posteriores del modelo de regresión Beta

<b>Parámetro</b>	<b>Media</b>	<b>Error Est.</b>	<b>IC 95% Inferior</b>	<b>IC 95% Superior</b>	<b>Rhat</b>	<b>Bulk_ESS</b>	<b>Tail_ESS</b>
Intercept	-3.88	0.29	-4.45	-3.32	1.00	6730	6404
Sexo: Mujer	0.53	0.10	0.33	0.73	1.00	7084	6218
Sobrepeso	0.50	0.27	-0.03	1.02	1.00	8208	5985
Uso de Marihuana	0.99	0.56	-0.12	2.09	1.00	7600	6379
Comprensión de Padres	-0.26	0.38	-0.99	0.48	1.00	8179	6352
Faltó sin Permiso	0.31	0.47	-0.63	1.22	1.00	7341	6374
Peleas	0.58	0.33	-0.06	1.26	1.00	7524	6125
Acosado/a	1.86	0.31	1.26	2.46	1.00	7604	6642
Sin Amigos Cercanos	1.83	0.44	0.97	2.68	1.00	10408	6438
Lesión Grave	0.66	0.39	-0.14	1.40	1.00	8059	5419
Se Embriagó	1.45	0.37	0.74	2.19	1.00	6724	6272
Edad: 13–15 años	0.13	0.10	-0.07	0.33	1.00	8034	6893
<b>Precisión (<math>\phi</math>)</b>	54.66	8.25	39.94	72.37	1.00	7527	5751



## 6. Discusión

### 6.1 Interpretación General de los Resultados

Dado los resultados obtenidos en el modelo se concluyó que en general las posteriors tuvieron un buen ajuste mediante NUTS, en general las métricas de todos los parámetros RHAT, Bulk ESS, Tail ESS fueron consistentemente altas, lo cual nos sugiere un buen ajuste posterior.

Por otra parte, las conclusiones que se pueden obtener de la significancia de los factores de riesgo incluidos en el momento son en general aceptables, a grandes rasgos las variables con poca evidencia de impacto en la probabilidad de riesgo no resultaron ser estadísticamente significativas bajo la aproximación Bayesiana. Particularmente factores de comorbilidad como el sobrepeso, cuya significancia fue descartada, pueden verse afectadas por la recolección de información, por falta de causalidad debido a variables no incluidas, o como en este caso particular, debido a que según la revisión de literatura específica, esta no es una característica con evidencia sólida de impacto en la probabilidad de suicidio de una población adolescente. Análogamente el consumo de marihuana, si bien incrementa la proporción de intentos de suicidio en una población, no es concluyente respecto a su causalidad directa sobre la variable objetivo, nuevamente la literatura respalda esta conclusión, pues en general hay una relación causal indirecta, en la cual median los trastornos de salud mental, y estos sobre la probabilidad de intento de suicidio, luego la relación causal directa está condicionada, y por lo tanto este resultado es consistente con el estado del arte actual. Respecto a las variables asociadas al conocimiento de los padres respecto a la situación de salud mental del joven y la ausencia a clases, se tiene un resultado contrario a lo mencionado por los autores, puesto que estas variables se consideran grandes predictoras del riesgo de suicidio en la población de estudio. Si bien este resultado puede ser contraintuitivo, nuevamente es justificado debido a las limitaciones metodológicas, y esencialmente a la recolección de información, puesto que estas variables pueden verse afectadas por la forma de medición y recopilación de las mismas, y por causalidad no directa. En cuanto a la variable asociada a las peleas el resultado obtenido por el modelo es contrario a lo esperado, si bien su coeficiente asociado es positivo, e incluso con un valor razonable respecto a la evidencia científica, su significancia no es concluyente bajo los parámetros metodológicos aquí empleados, este hallazgo es contrario a la evidencia, y puede ser un indicador de posible pérdida de información, dado que la literatura argumenta una fuerte asociación entre la agresividad y la probabilidad de intento de suicidio. Analizándolo bajo

la perspectiva de nuestro contexto investigativo puede deberse a la falta de seguimiento a comportamientos fuera de los entornos escolares, en donde se puede evidenciar mejor este tipo de actividades, o en general a problemas asociados a la recolección inicial de información, si bien es un hallazgo significativo, en cuanto es una observación contraria a lo definido en nuestro marco teórico, falta evidencia para poder argumentar adecuadamente esta falta de causalidad, luego es una gran oportunidad de análisis futuro. Las sesiones serias previas tuvieron un comportamiento similar, si bien esta falta de significancia es contemplada tanto en la selección de priors de la calibración del modelo, como en términos teóricos, puesto que se ha concluido que la autolesión previa, no siempre es un predictor de un intento de suicidio, como se ha mencionado en distintas ocasiones, la autolesión muchas veces cumple con un papel de liberación de ansiedad, entre otros, lo cual representa una gran incertidumbre respecto a la intención suicida. En este caso la diferencia entre grupos adolescentes no parece ser significativa, si bien la evidencia señala mayor probabilidad de riesgo de intento suicida en la población más joven, la diferencia suele ser significativa respecto a otros grupos de control y es muy poco abordada la distinción entre grupos poblacionales tan cercanos, por lo tanto es nuevamente un resultado justificado.

Por otra parte los factores con mayor evidencia reflejaron el impacto esperado, particularmente la variable género se concluye relevante, a pesar del control y cambio de los hiperparámetros en las priors, la variable fue consistentemente significativa, si bien su coeficiente variaba en magnitud su significancia se mantuvo constante. Esto nuevamente tiene sentido respecto a la evidencia previa, es muy aceptado que el riesgo de intención suicida en adolescentes mujeres es mayor respecto al grupo de los hombres, y en este caso el modelo respalda esta afirmación. Por otra parte variables de espectro social y académico, surgieron nuevamente como factores no solo relevantes, si no reducibles, en particular el factor asociado al bullying no solo obtuvo el coeficiente de relación más alto, si no que tuvo una bajísima varianza, respecto al resto de parámetros, solo superado por el género, luego tenemos mucha certeza del impacto del matoneo escolar en el aumento de la tasa de suicidio en el grupo de estudio. Esta conclusión está alineada con los autores y la revisión de literatura que consolidó el marco de trabajo seguido, luego es una conclusión certera y con implicaciones directas en la toma de decisiones del entorno académico. La red de apoyo, específicamente la red de amigos demostró ser otra variable con significancia directa en la tasa de intentos de suicidio, esto refleja la importancia de una interacción sana con los iguales, especialmente en las etapas tempranas de la vida, los autores concluyen que tanto de forma directa, como in-

directa a través de la autopercepción, entre otras, la red de apoyo conforma uno de los principales factores predictores de la intencionalidad suicida, y el modelo de regresión bayesiano respalda estas aseveraciones. El alcoholismo en contraste con el consumo de marihuana resultó ser una variable significativa, la evidencia respalda este hallazgo, puesto que más de la mitad de los intentos de suicidio están mediados por el consumo de alcohol, a diferencia de las sustancias supresoras, sustancias como el alcohol reportan una relación directa con la tasa de intentos de suicidios en la población joven.

En conclusión la aproximación bayesiana mediante el modelo de regresión Beta a grandes rasgos permitió explicar el comportamiento general del riesgo de intención suicida en adolescentes. El modelo demostró ser una herramienta interesante de cara a predecir y anticipar la proporción de intentos de suicidio en la población de interés. Si bien hay una gran oportunidad de mejora, particularmente en la recolección de información, y en la evaluación de la misma, la aproximación mediante modelos Bayesianos parece ofrecer una buena oportunidad de explicación y predicción de la tasa de población con riesgo de intención suicida.

Tabla. 2. Resumen de los coeficientes posteriores del modelo de regresión Beta

<b>Parámetro</b>	<b>Media</b>	<b>Error Est.</b>	<b>IC 95% Inferior</b>	<b>IC 95% Superior</b>	<b>Rhat</b>	<b>Bulk_ESS</b>	<b>Tail_ESS</b>
Intercept	-3.88	0.29	-4.45	-3.32	1.00	6730	6404
Sexo: Mujer	0.53	0.10	0.33	0.73	1.00	7084	6218
Sobrepeso	0.50	0.27	-0.03	1.02	1.00	8208	5985
Uso de Marihuana	0.99	0.56	-0.12	2.09	1.00	7600	6379
Comprensión de Padres	-0.26	0.38	-0.99	0.48	1.00	8179	6352
Faltó sin Permiso	0.31	0.47	-0.63	1.22	1.00	7341	6374
Peleas	0.58	0.33	-0.06	1.26	1.00	7524	6125
Acosado/a	1.86	0.31	1.26	2.46	1.00	7604	6642
Sin Amigos Cercanos	1.83	0.44	0.97	2.68	1.00	10408	6438
Lesión Grave	0.66	0.39	-0.14	1.40	1.00	8059	5419
Se Embriagó	1.45	0.37	0.74	2.19	1.00	6724	6272
Edad: 13–15 años	0.13	0.10	-0.07	0.33	1.00	8034	6893
<b>Precisión (<math>\phi</math>)</b>	54.66	8.25	39.94	72.37	1.00	7527	5751

## 6.2 Abstract

La base de datos fue recolectada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) mediante la Encuesta Global de Salud Escolar (GSHS, por sus siglas en inglés), aplicada en 26 países. Esta encuesta proporciona información detallada sobre comportamientos de riesgo y condiciones contextuales que afectan a adolescentes entre 13 y 17 años. Se seleccionaron variables relacionadas con la ideación suicida, abarcando aspectos biopsicosociales que influyen conductas de riesgo. Estas variables son:

- Sex Female
- Overweight
- Marihuana
- Have understanding parents
- Missed classes without permission
- Had fights
- Bullied
- No close friends
- Got seriously injured
- Really get drunk

Se construyó una variable dependiente continua que representa la proporción de respuestas afirmativas a ítems relacionados con la ideación suicida. Esta proporción fue ajustada para evitar los valores extremos 0 y 1, lo que permite el uso adecuado de una distribución beta. Las variables predictoras fueron tratadas como categóricas o continuas, según su naturaleza. Se empleó un modelo de regresión beta con enfoque bayesiano, el cual resulta apropiado para variables dependientes proporcionales definidas en el intervalo  $[0, 1]$ , como ocurre en este caso. Este enfoque ha sido validado en estudios previos en contextos similares (Smithson & Verkuilen, 2006; Ferrari & Cribari-Neto, 2004; Liu et al., 2021).

A diferencia de la regresión logística, que se utiliza para modelar eventos binarios, la regresión beta permite analizar una variable continua que representa el grado o intensidad de la ideación suicida, y no únicamente su presencia o ausencia. Esto posibilita captar diferencias más sutiles entre adolescentes con distintos niveles de riesgo.

Se asumió que el parámetro de dispersión  $\phi$  sigue una distribución normal con media cero y desviación estándar de cinco, consistente con prácticas estándar en modelos de regresión beta bayesianos (Gelman et al., 2013). Se utilizó un modelo de regresión beta bayesiano para estimar la relación entre las covariables y la proporción de

ideación suicida. La función de verosimilitud se basó en la distribución beta reparametrizada en términos de la media condicional  $\mu_i$  y un parámetro de precisión  $\phi$ , y se trabajó con su forma logarítmica para facilitar el muestreo posterior.

## BIBLIOGRAFÍA

- Blasco, M. J., Castellví, P., Almenara, J., Lagares, C., Roca, M., Sesé, A., ... & Alonso, J. (2016). Predictive models for suicidal thoughts and behaviors among Spanish university students: Rationale and methods of the UNIVERSAL (University & mental health) project. *BMC Psychiatry*, 16(122).
- Joshi, S. V., Hartley, S. N., Kessler, M., & Barstead, M. (2015). School-Based Suicide Prevention: Content, Process, and the Role of Trusted Adults and Peers. *Child and Adolescent Psychiatric Clinics of North America*, 24(353-370).
- Ness, J., Hawton, K., Bergen, H., Cooper, J., Steeg, S., Kapur, N., & Clarke, M. (2015). Alcohol use and misuse, self-harm and subsequent mortality: An epidemiological and longitudinal study from the multi-centre study of self-harm in England. *Emerg Med J*, 32(793-799).
- Haw, C. M., & Hawton, K. (2011). Problem drug use, drug misuse and deliberate self-harm: Trends and patient characteristics, with a focus on young people, Oxford, 1993-2006. *Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol*, 46(85-93).
- Rabbany, M., et al. (2023). Childhood adversity and suicidal behavior. *Journal of Psychiatric Research*, 145(233-245).
- Jessica M. Rabbany, Steven Ellis, Allison Metts, Ainsley Burke, David A. Brent, Nadine Melhem, Stephen Marcott & J. John Mann (2023) Mood Disorders and Aggressive Traits Mediate Effects of Reported Childhood Adversity on Suicide Attempt Risk, *Archives of Suicide Research*, 27:4, 1207-1230, DOI: 10.1080/13811118.2022.2112118.
- Harriss, L., Hawton, K., & Zahl, D. (Año). Value of measuring suicidal intent in the assessment of people attending hospital following self-poisoning or self-injury. *BRITISH JOURNAL OF PSYCHIATRY* (2005), 186, (2005).