

Basic elements of probability III: Risks Evaluation.

Elementos básicos de probabilidad III: Evaluación de Riesgos.

Juan Luis Soto Espinosa ¹  <https://orcid.org/0000-0003-2600-9292>

¹ Facultad de Estudios Superiores Zaragoza

Correo electrónico de contacto: soej@unam.mx

Fecha de envío: 22/02/2023

Fecha de aprobación: 29/03/2023

Introducción

Como se revisó en la entrega del número anterior, la probabilidad refleja las expectativas de que un suceso determinado ocurra. Estas estimaciones se obtienen determinando el número de sucesos favorables se presentan dentro de un número de sucesos totales que se evalúan en un punto del tiempo. Esta característica permite que la estimación de la ocurrencia de un evento pueda ser expresada utilizando valores numéricos.

El poder expresar la probabilidad a través de un valor numérico, permite determinar la posibilidad de que un evento ocurra a través de un cálculo numérico.

Si A es un evento del universo de resultados posibles (S), entonces la probabilidad del evento A es:

$$0 \leq P(A) \leq 1$$

Donde el valor más bajo es 0 corresponde al suceso imposible (un evento que nunca se presenta en el conjunto de resultados posibles), mientras que 1 es el valor más alto y corresponde a los eventos seguros (un resultado que siempre se presenta bajo las condiciones del experimento). Para el resto de los casos es posible calcular la probabilidad mediante la ecuación:

$$P(A) = \frac{\text{No de casos favorables}}{\text{No de casos totales}}$$

Dónde:

P(A) = Probabilidad del evento A

Los eventos favorables dentro de un experimento son definidos de acuerdo con los objetivos y las variables de estudio. Los eventos favorables pueden tratarse de efectos positivos, cuando se aborda el estudio de una variable que se refiere a una condición benéfica para la población de estudio; sin embargo, pueden considerar efectos negativos, cuando la variable aborda efectos no deseados para la población de estudio.

Riesgo

En este sentido y dentro del ámbito de la salud, un evento favorable negativo es la probabilidad de ocurrencia de una enfermedad, lesión o alteración negativa del estado de salud de los individuos, a este tipo de eventos negativos se les conoce con el nombre de *Riesgos*.

El *Riesgo* en epidemiología se define formalmente como “probabilidad de ocurrencia de un evento adverso a la salud (patología) en una población determinada, expresado a través del indicador paradigmático de incidencia.” (Mitineen, 2011 P. 25).

Existen diferentes causas que generan riesgos,

Documentos educativos

A los eventos, características o circunstancias de una persona o conjunto de personas, que es posible asociar con la probabilidad de ocurrencia de un evento negativo a la salud, se le denomina *Factor De Riesgo*.

El concepto factor de riesgo tiene diferentes acepciones, dependiendo de la fuente que se consulte, algunos autores lo definen como “una característica o exposición que puede estar asociada a una mayor probabilidad de desarrollar una enfermedad” (Organización Panamericana de la Salud, 2022); aunque no sea necesariamente un factor "causal", sino un indicador; otros autores lo definen como “un atributo o exposición que aumenta la probabilidad de aparición de un efecto nocivo a la salud (enfermedad específica)”; y otros lo definen como “un determinante que puede ser modificado por la intervención, disminuyendo la probabilidad de una enfermedad o el resultado de salud específico (un factor de riesgo modificable)” (Echemendia, 2011).

Los factores de riesgo, de acuerdo con su origen y características, se clasifican en:

- **Biológicos:** Inherentes a los individuos por sus condiciones metabólicas y genéticas. En este rubro se pueden incluir la edad, sexo, Índice de Masa Corporal, (IMC), tensión arterial, ritmo cardiaco, química sanguínea, entre otros.
- **Ambientales:** Condiciones relacionadas con el entorno en el que viven y se desarrollan los individuos; en esta categoría podemos mencionar las condiciones de pobreza, de saneamiento, de abastecimiento de agua, humedad ambiental, altitud, niveles de contaminación, entre otros.
- **Económicos:** Relacionados con la percepción económica de los individuos; en este apartado se considera el nivel socioeconómico, percepción del individuo,

gasto por unidad de tiempo, entre otros.

- **Socioculturales:** Son aquellos relacionados con los servicios de salud y condiciones de vivienda. En este rubro se puede mencionar el tipo de vivienda, trabajo, nivel de educación, escasa cobertura de servicios de salud, calidad deficiente de servicios, accesibilidad baja, entre otros.
- **De comportamiento:** Relacionados con el comportamiento y los hábitos de los individuos. A esta categoría pertenecen el tabaquismo, el consumo de drogas, las prácticas sexuales arriesgadas, hábitos alimenticios deficientes, entre otros.

El conocimiento de las características, función y la magnitud de los factores de riesgo específicos facilita la planificación y la organización de medidas eficaces de salud, incluida la prevención primaria. Sin embargo, para distinguir o reconocer a aquellas personas o grupos de población con un mayor riesgo de presentar alteraciones de salud y con mayores necesidades, es necesario recurrir al uso de diferentes herramientas epidemiológicas, entre las que destacan el riesgo absoluto, el riesgo relativo y el riesgo atribuible.

Para poder abordar los conceptos mencionados, es necesario, en primer lugar, construir una *Tabla De Contingencia*, en la que se presentan los individuos que presentan o no un padecimiento, asociado con la exposición a un factor de riesgo determinado.

Recordemos que una *Tabla De Contingencia* es un arreglo que presenta un resumen de datos que permite observar la forma en que se asocian dos variables de tipo nominal, categórico u ordinal; debido a esto, constituyen una de las herramientas de análisis causal más utilizadas en estadística inferencial. Las *Tablas De Contingencia* también son llamadas *Tablas De Doble Entrada*, *Tablas Cruzadas* o *Cross Tabs*.

Documentos educativos

La *Tabla De Contingencia* requerida para realizar un análisis de riesgo es una tabla 2 X 2 (dos columnas, dos filas), en las columnas se presentan los datos correspondientes a la presencia de un padecimiento, alteración de la salud o enfermedad, mientras que en las filas se presentan los datos de exposición a un determinado *Factor de Riesgo*. Esta tabla de contingencia tiene la estructura siguiente:

Tabla 1 Tabla de contingencia 2x2 para estimación de riesgo

		Padecimiento o alteración		
		Enfermos	Sanos	Total
Factor de riesgo	Expuestos	a	b	a+b
	No expuestos	c	d	c+d
	Total	a+c	b+d	N

En dónde:

a = Número de individuos que presentan el padecimiento y están expuestos al factor de riesgo

b = Número de individuos que no presentan el padecimiento y que están expuestos al factor de riesgo

c = Número de individuos que presentan el padecimiento y no se encuentran expuestos al factor de riesgo.

d = Número de individuos que no presentan el padecimiento y que no están expuestos al factor de riesgo.

a + b = Incidencia total de individuos expuestos al factor de riesgo en la población o muestra.

a + c = Incidencia total de individuos con el padecimiento (enfermos) en la población o la muestra.

b + d = Incidencia total de individuos sin el padecimiento (sanos) en la población o muestra.

c + d = Incidencia total de individuos no expuestos al factor de riesgo en la población o muestra.

N = Tamaño total de la población o muestra de estudio.

El riesgo es la probabilidad de que una persona contraiga una enfermedad o padezca alguna alteración negativa en su estado de salud.

Riesgo Absoluto (RA) o Tasa de riesgo

Se llama *Riesgo Absoluto* a la incidencia de la enfermedad o padecimiento en el total de los individuos que conforman la población o muestra de estudio. El riesgo absoluto es la probabilidad que tiene un individuo de presentar un evento negativo en un periodo determinado de tiempo. Es equivalente a las tasas de riesgos de trabajo publicadas.

Considerando la tabla de contingencia (Tabla 1), el riesgo absoluto de la población total se calcula con la ecuación:

$$RA = \frac{(a + c)}{N}$$

Dónde:

RA = Riesgo Absoluto

a + c = Total de individuos con el padecimiento (enfermos) en la población o la muestra.

N = Tamaño total de la población o muestra de estudio.

Documentos educativos

También es posible determinar el riesgo absoluto de la población de individuos expuestos, la cual está dada por:

$$RA_E = \frac{a}{(a + b)}$$

Dónde:

RA_E = Riesgo Absoluto de Expuestos

a = Número de individuos que presentan el padecimiento y están expuestos al factor de riesgo

$a + b$ = Total de individuos expuestos al factor de riesgo en la población o muestra.

Así como determinar el riesgo absoluto de la población no expuesta, para lo que se utiliza la ecuación:

$$RA_S = \frac{c}{(c + d)}$$

Dónde:

RA_S = Riesgo Absoluto de No Expuestos

c = Número de individuos que presentan el padecimiento y no se encuentran expuestos al factor de riesgo.

$c + d$ = Total de individuos no expuestos al factor de riesgo en la población o muestra.

El riesgo absoluto es un indicador qui permite estimar la magnitud de riesgo en un grupo de individuos con una cierta exposición a un factor de riesgo determinado. Se puede estimar también el riesgo de enfermedad en sujetos no expuestos, para comparar y analizar si la exposición presenta una diferencia significativa respecto al riesgo de la enfermedad.

Riesgo Relativo (RR)

El *Riesgo Relativo*, también llamado *Razón De Riesgo*, es una medida de asociación que permite

comparar la frecuencia con la que se presenta un padecimiento o enfermedad entre los individuos expuestos a un factor de riesgo respecto a los que no lo tienen.

El *Riesgo Relativo* (representado por Las letras RR) es el cociente entre el RA, la incidencia del grupo con exposición al factor de riesgo y el RA del grupo de referencia (no expuesto).

Para obtener el valor de *Riesgo Relativo* se tiene la siguiente ecuación:

$$RR = \frac{\frac{a}{a + b}}{\frac{c}{c + d}} = \frac{RA_E}{RA_S}$$

Dónde:

RR = Riesgo relativo

a = Número de individuos que presentan el padecimiento y presentan el factor de riesgo

$a+b$ = Total de expuestos

c = Número de individuos que presentan el padecimiento y NO están expuestos al factor de riesgo.

$c+d$ = Total de no expuestos

El *Riesgo Relativo* tiene las siguientes características:

- Es una medida adimensional (no tiene unidades).
- El rango de valores que puede obtener va de 0 a ∞ .
- Se presenta el valor de $RR=1$ en los casos donde no hay asociación entre la presencia del factor y el evento que se estudia.
- Si se obtiene un valor de $RR > 1$, se tendrá una asociación es positiva, es decir si la presencia del factor se asocia a mayor ocurrencia del

Documentos educativos

evento, y

- Si se obtiene un valor de $RR < 1$, se tendrá una asociación negativa, es decir, la presencia del factor se asocia con una menor ocurrencia del evento.

Razón de probabilidades

La *Razón de Probabilidades*, también conocida como *Razón de Oportunidades*, *Razón de Momios* u *Odds Ratio* (en inglés) (RM) es una medida estadística que mide el nivel de asociación entre dos eventos A y B. Este cociente se usa frecuentemente en el ámbito de las ciencias de la salud, para medir el grado de vinculación entre un factor de riesgo A y la presencia de una alteración del estado de salud B.

La razón de probabilidades, más comúnmente conocida como *Razón de Momios*, es el cociente entre dos probabilidades. El término *Momio* proviene del mundo de las apuestas. Un *Momio* es la posibilidad de que un resultado se presente o no, en otras palabras, la posibilidad que un equipo de cualquier deporte gane, pierda o empate.

En las ciencias de la salud, el *Momio* representa la posibilidad de que un padecimiento, enfermedad o alteración de la salud se presente en un grupo con exposición a un factor de riesgo respecto a un grupo sin exposición.

El cálculo del valor de la *Razón de Momios* se realiza mediante el siguiente cálculo, partiendo de una estructura como la de la Tabla 1:

$$RM = \frac{\text{Probabilidad del grupo expuesto}}{\text{Probabilidad del grupo no expuesto}}$$

$$RM = \frac{\frac{a}{a+b}}{\frac{c}{c+d}} = \frac{\frac{a}{b}}{\frac{c}{d}}$$

Simplificando, tenemos:

$$RM = \frac{a}{b} \cdot \frac{d}{c}$$

Dónde:

RM = Razón de momios

a = Número de individuos que presentan el padecimiento y están expuestos al factor de riesgo

b = Número de individuos que no presentan el padecimiento y que están expuestos al factor de riesgo

c = Número de individuos que presentan el padecimiento y no se encuentran expuestos al factor de riesgo.

d = Número de individuos que no presentan el padecimiento y que no están expuestos al factor de riesgo.

De manera análoga al Riesgo Relativo, si el valor de la RM es igual a 1, se asume que no existe asociación entre las probabilidades que se estudian (ambas presentan más o menos la misma probabilidad de ocurrencia). Si el valor de RM es mayor que 1, se asume que la probabilidad de ocurrencia del padecimiento en cuestión es más elevada; mientras que, si en el valor de RM es menor que UNO, se asume que la probabilidad de ocurrencia de un padecimiento es muy baja.

Documentos educativos

Diferencia entre Riesgo Relativo y Razón de Momios

El Riesgo Relativo es una medida más intuitiva.

La Razón de Momios se puede estimar independientemente del tipo de estudio, mientras que el Riesgo Relativo no se puede determinar en los diseños casos y control.

La Razón de Momios permite, haciendo uso de herramientas de regresión logística, ajustar considerando el efecto de variables confusoras.

La Razón de Momios siempre está más alejada del valor 1 que el Riesgo Relativo.

En los casos en los que el riesgo es bajo, los valores obtenidos en los dos parámetros son muy parecidos.

Ejemplos de uso

Caso 1:

Con el fin de mostrar el uso de las diferentes herramientas de estimación de riesgo, se abordarán algunos ejemplos:

Caso 1 (tomado de Lifeder, 2022):

En una Facultad de la UNAM, se realiza un estudio de tabaquismo. En una población de 1,050 personas de ambos sexos se encontró que 420 tenían el hábito tabáquico. Después de analizar el grupo de personas fumadoras, se determinó que 85 de ellas padecían de cáncer de pulmón, mientras que dentro del grupo de población no fumadora solamente se encontraron 6 que padecían de dicha enfermedad.

Como primer paso para analizar el riesgo, se construye la tabla de contingencia respectiva a partir de los datos proporcionados:

Tabla 1. Cáncer de pulmón y tabaquismo

		Cáncer de pulmón		
		Positivo	Negativo	Total
Factor de riesgo	Fumadores	85 (a)	335 (b)	420 (a+b)
	No fumadores	6 (c)	624 (d)	630 (c+d)
	Total	91 (a+c)	959 (b+d)	1,050 (N)

El Riesgo Absoluto de la población de padecer cáncer de pulmón está dado por:

$$RA = \frac{(a + c)}{N} = \frac{91}{1050} = 0.0866$$

Lo que quiere decir que la población tiene una probabilidad de 0.0866 (8.66 %) de contraer cáncer de pulmón.

El riesgo absoluto de la población expuesta (fumadores) está dada por:

$$RA_E = \frac{a}{(a + b)} = \frac{85}{420} = 0.2023$$

De donde se deriva que la población expuesta (fumadora) tiene una probabilidad de 0.2023 (20.23 %) de contraer cáncer de pulmón.

Mientras que el riesgo absoluto de la población no expuesta (no fumadores) está dado por:

$$RA_{NE} = \frac{c}{(c + d)} = \frac{6}{630} = 0.0095$$

Con esta operación se determina que la probabilidad de que una persona de la población no expuesta contraiga cáncer de pulmón es de 0.0095 (0.95%).

Determinando el riesgo relativo tenemos:

Documentos educativos

$$RR = \frac{\frac{a}{a+b}}{\frac{c}{c+d}} = \frac{\frac{85}{420}}{\frac{6}{630}} = \frac{0.2023}{0.0095} = 21.295$$

O lo que es lo mismo:

$$RR = \frac{RA_E}{RA_{NE}} = \frac{0.2023}{0.0095} = 21.295$$

El riesgo relativo nos permite determinar que la probabilidad de adquirir cáncer de pulmón es 21.295 veces mayor en los miembros de la población expuesta que en los individuos que conforman la población no expuesta.

Veamos la diferencia al determinar la Razón de Momios para los datos suministrados. Por definición, la razón de momios es el cociente la posibilidad de tener cáncer si se es fumador, dividido entre la posibilidad de tenerlo si no se es fumador.

Para el cálculo de la Razón de Momios, se tiene la siguiente ecuación:

$$RM = \frac{\text{Probabilidad de fumadores (Pf)}}{\text{Probabilidad de no fumadores (PNF)}}$$

$$Pf = \frac{\frac{a}{a+b}}{\frac{b}{a+b}}$$

Resolviendo y simplificando tenemos:

$$Pf = \frac{\frac{a}{a+b}}{\frac{b}{a+b}} = \frac{a(a+b)}{b(a+b)}$$

Como dividir a+b entre a+b es igual a 1 tenemos:

$$Pf = \frac{a}{b} * 1 =$$

$$Pf = \frac{a}{b}$$

Por otra parte, la probabilidad de no fumadores está dada por:

$$Pnf = \frac{\frac{c}{c+d}}{\frac{d}{c+d}}$$

Resolviendo y simplificando tenemos:

$$Pnf = \frac{\frac{c}{c+d}}{\frac{d}{c+d}} = \frac{c(c+d)}{d(c+d)}$$

De manera análoga, dividir c+d entre c+d es igual a 1, por lo que:

$$Pnf = \frac{c}{d} * 1 =$$

$$Pnf = \frac{c}{d}$$

De lo anterior, se deriva que la razón de momios puede expresarse como:

$$RM = \frac{\frac{a}{b}}{\frac{c}{d}}$$

Para el ejemplo propuesto, la razón de momios está dada por:

$$RM = \frac{\frac{a}{b}}{\frac{c}{d}} = \frac{\frac{85}{335}}{\frac{6}{624}} = \frac{0.2537}{0.0096} = 26.42$$

Este resultado se interpreta como que la posibilidad de padecer cáncer en las personas fumadoras en relación con las no-fumadoras es 26.42 veces mayor. Mayor a lo calculado con el RR que es una medida más precisa del riesgo,

Documentos educativos

Para reafirmar el uso de estas herramientas estadísticas, abordemos un segundo ejemplo:

Caso 2

En una población trabajadora de 2350 personas de una empresa de construcción. Durante el examen médico anual, 930 trabajadores presentan obesidad mórbida y, de este grupo, 510 padecen de diabetes.

En el caso de los 1420 sin obesidad mórbida, solo 250 son diabéticos.

Como primer paso, procedemos a construir la tabla de contingencia respectiva.

Tabla 2. Diabetes y Obesidad

	Diabético	Sano	Total
Obesidad mórbida	510 (a)	420 (b)	930 (a+b)
Sin obesidad mórbida	250 (c)	1,170 (d)	1,420 (c+d)
Total	760 (a+c)	1,590 (b+d)	2350 (N)

El riesgo absoluto de diabetes en la población está dado por:

$$RA = \frac{(a + c)}{N} = \frac{760}{2350} = 0.3234$$

De donde se deriva que el riesgo de que un miembro de la población desarrolle diabetes es de 0.3234 (32.34%).

El riesgo absoluto de desarrollar diabetes en la población expuesta está dado por:

$$RA_E = \frac{a}{(a + b)} = \frac{510}{930} = 0.5483$$

La población con obesidad mórbida tiene una probabilidad de 0.5483 (54.83%) de desarrollar diabetes.

Finalmente, el riesgo absoluto de la población no expuesta (sin obesidad mórbida) está dado por:

$$RA_{NE} = \frac{c}{(c + d)} = \frac{250}{1,420} = 0.1760$$

Como puede apreciarse, la probabilidad de que un individuo de la población sin obesidad mórbida desarrolle diabetes es sólo de 0.1760 (17.60 %).

Al realizar el cálculo del riesgo relativo, dado por:

$$RR = \frac{\frac{a}{a + b}}{\frac{c}{c + d}}$$

Se obtiene que:

$$RR = \frac{\frac{a}{a + b}}{\frac{c}{c + d}} = \frac{\frac{510}{930}}{\frac{250}{1420}} = \frac{0.5483}{0.1760} = 3.1153$$

Con esta operación es posible afirmar que, en esta población, los individuos con obesidad mórbida tienen una probabilidad de desarrollar diabetes 3.1153 veces mayor que los individuos sin obesidad mórbida.

Respecto a la razón de momios, al realizar el cálculo tenemos:

$$RM = \frac{\frac{a}{b}}{\frac{c}{d}}$$

Sustituyendo valores:

$$RM = \frac{\frac{510}{420}}{\frac{250}{1,170}} = \frac{1.2142}{0.2136} = 5.6828$$

Este resultado se interpreta como que la posibilidad de que un trabajador con obesidad mórbida desarrolle diabetes es 5.6828 veces mayor comparada con la probabilidad de desarrollar diabetes de los trabajadores sin obesidad mórbida en esta población de estudio.

Documentos educativos

Nuevamente se puede observar que la RM sobrestima el riesgo.

Referencias:

Aedo, S., Pavlov, S., & Clavero, F. (2010). Riesgo relativo y Odds ratio ¿Qué son y cómo se interpretan? *Rev Obstet Ginecol*, 5(1), 51-4.

Departamento de Didáctica de la Matemática. (2011). *Estadística con proyectos*. (C. Batanero, & C. Díaz, Eds.) Granada, España: Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Granada.

García Pérez, A. (2008). *Estadística aplicada: conceptos básicos* (2a edición ed.). Madrid, España: Educación permanente / Universidad Nacional de Educación a Distancia.

Lifeder. (15 de diciembre de 2022). Razón de momios. <https://www.lifeder.com/razon-de-momios/>.

Echemendía Tocabens, Belkis. (2011). Definiciones acerca del riesgo y sus implicaciones. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 49(3), 470-481. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032011000300014&lng=es&tlng=es.

Declaración de conflicto de intereses

Los autores de este artículo expresan que no tuvieron ningún conflicto de intereses durante la preparación de este documento ni para su publicación.

Obra protegida con una licencia Creative Commons



Próxima entrega

Elementos básicos de probabilidad IV: Distribución de probabilidad.