

# REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:  
Investigación, desarrollo y práctica.

## ANÁLISIS COMPARATIVO EN LA IMPLEMENTACIÓN DE MATRICES PARA PRIORIZACIÓN DE RIESGOS EN EL MUNICIPIO DE PEREIRA, COLOMBIA

Cristian Camilo Fernández Lopera<sup>1</sup>  
Maria Isabel da Silva Nunes<sup>1</sup>

### COMPARATIVE ANALYSIS IN THE IMPLEMENTATION OF MATRICES FOR THE RISK PRIORITIZATION IN THE MUNICIPALITY OF PEREIRA, COLOMBIA

Recibido el 15 de julio de 2020. Aceptado el 13 de enero de 2021

#### Abstract

*The present work is framed in the methods and techniques of disaster risk assessment and management used in various territorial contexts to understand the social, natural and socio-natural processes that determine the risk of the occurrence of a disaster. This work aims to apply the methodologies of the Oregon Emergency Management of the United States of America and the National Civil Protection Authority of Portugal for the prioritization of risk at the local level, taking as a case study the municipality of Pereira, Colombia. To achieve the defined objective, a review of the DesInventar (international) and VISOR (national) emergencies and disasters databases was performed, these databases with information available for the study area, thus, the main types of events recorded in the period of 93 years (1926-2019) were identified. Finally, with the application of the mentioned methodologies, the priorities for risk intervention in the municipality under study were defined. The priority risks in the municipality of Pereira and their order of prioritization (from the highest priority to the least priority) are mass movements, floods, earthquakes and strong winds.*

**Keywords:** Colombia, natural and socionatural hazards, risk assessment, risk characterization, risk matrices.

<sup>1</sup> University of Coimbra, Centre for Social Studies, Institute of Interdisciplinary Research, Portugal.

<sup>2</sup> Centre for Environmental and Marine Studies, Dep. of Environment and Planning, University of Aveiro, Portugal.

Autor correspondal: Colégio de São Jerónimo, Largo D. Dinis, apartado 3087, 3000-995 Coimbra-Portugal. Email: [camilofernandez@ces.uc.pt](mailto:camilofernandez@ces.uc.pt)

## Resumen

El presente trabajo se enmarca en los métodos y técnicas de evaluación y gestión del riesgo de desastres usados en diversos contextos territoriales con el objetivo de entender los procesos sociales, naturales y siconaturales que determinan el riesgo de la ocurrencia de un desastre. Este trabajo tiene por objetivo aplicar las metodologías de la *Oregon Emergency Management* de los Estados Unidos de América y de la Autoridad Nacional de Protección Civil de Portugal para la priorización de riesgo en el nivel local, tomando como caso de estudio el municipio de Pereira, Colombia. Para el logro del objetivo definido, se realizó una revisión de las bases de datos de emergencias y desastres DesInventar (internacional) y VISOR (nacional), dichas bases de datos con información disponible para el área de estudio, así, se identificaron los principales tipos de eventos registrados en el periodo de 93 años (1926-2019). Finalmente, con la aplicación de las metodologías mencionadas, fueron definidas las prioridades de intervención de los riesgos en el municipio objeto de estudio. Los riesgos prioritarios en el municipio de Pereira y su orden de priorización (del más prioritario al menos prioritario) son: movimientos en masa, inundaciones, sismos y vendavales.

**Palabras clave:** Colombia, amenazas naturales y siconaturales, evaluación del riesgo, caracterización del riesgo, matrices de riesgo.

---

## Introducción

Los riesgos de origen natural son aquellos que su configuración depende de un fenómeno meramente natural (p. ej. sismo, ciclón tropical o actividad volcánica). Los riesgos de origen siconatural se refieren a los que en su origen depende de fenómenos naturales, pero en su desarrollo y configuración intercede el ser humano (p. ej. inundaciones, movimientos en masa, avenidas torrenciales) (UNGRD, 2017). Los riesgos de desastres están definidos por las características de la exposición, la vulnerabilidad y las amenazas, siendo siempre los contextos ambiental, socioeconómico, y político, factores determinantes del aumento o disminución de la complejidad del sistema sobre el que se pueden manifestar emergencias o desastres; en este sentido, el análisis del riesgo permite desagregar la complejidad sin perder la visión del todo, a través de un proceso racional de reducción, estando siempre presente el enfoque preventivo sobre el riesgo y los desastres (Azevedo de Almeida, 2010).

En Colombia, el 80% de los municipios se definen con las categorías 5 y 6 (la Ley No. 1551 de 2012 establece 7 categorías y se basan en criterios de: situación geográfica, importancia económica, ingresos corrientes y número de habitantes. Los municipios cercanos la categoría 6 son los que menos población y recursos presentan). Este hecho se traduce en territorios con pocas capacidades económicas e institucionales para realizar análisis complejos sobre las condiciones del riesgo. Esta situación significa que en muchos municipios la Gestión de Riesgo de Desastres (G.R.D.) no se lleva a cabo de manera mínimamente técnica y/o planificada, sino respondiendo a emergencias cotidianas. Por tanto, una de las principales limitaciones para dirigir las acciones de G.R.D. es la falta de criterios de priorización como soporte a las actividades de planificación.

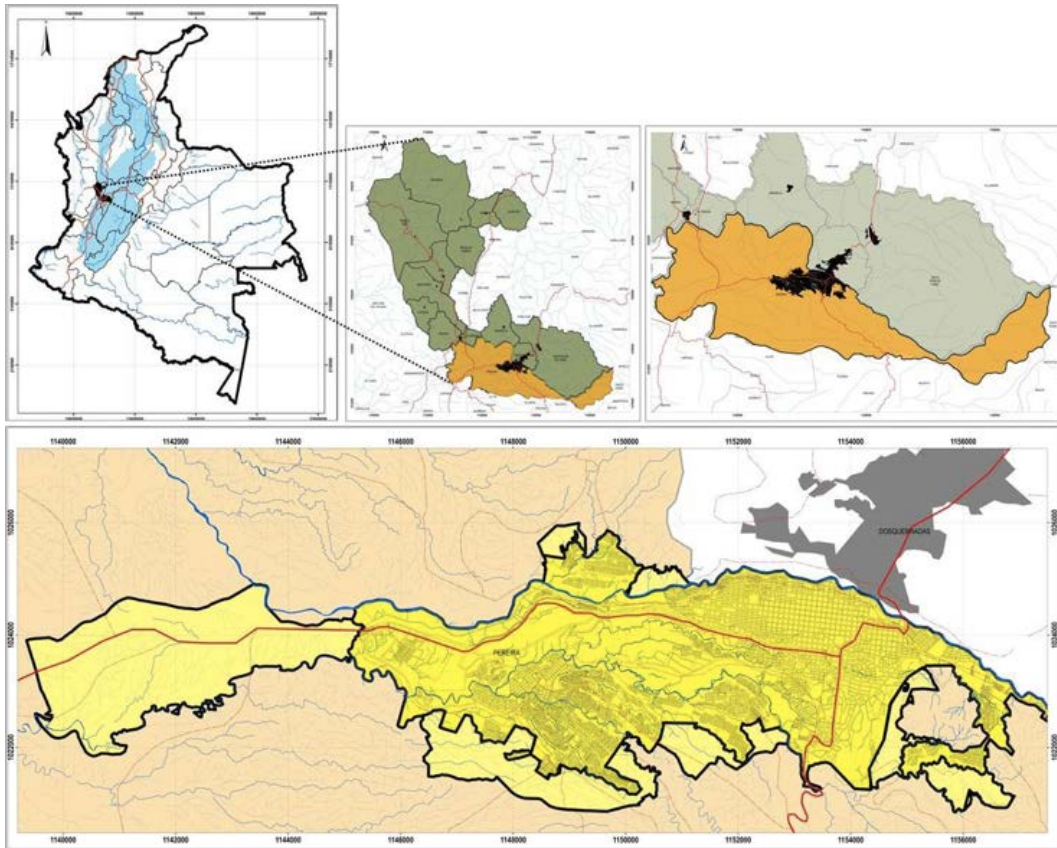
En el contexto colombiano y, de acuerdo con la Ley No. 1523 de 2012, el proceso de Conocimiento de Riesgos comprende cuatro subprocesos entre los que se ubica la caracterización de escenarios de riesgo y el análisis del riesgo. Para conocer el riesgo, es necesario evaluar las características del territorio en estudio, es decir, las amenazas y la vulnerabilidad, que, entre otras cosas, pueden estudiarse a través de los impactos históricos negativos que han ocurrido en el territorio. Estos impactos pueden analizarse a través de bases de datos de registros de emergencias y desastres. Colombia se caracteriza por tener registros históricos consolidados, siendo las bases de datos más conocidas DesInventar (UNDRR, 2020) y VISOR (UNGRD, 2020), esta última utilizada de manera oficial por parte de las autoridades gubernamentales del país. Con base en el conocimiento del comportamiento histórico de los eventos, es posible aplicar metodologías de priorización sobre las cuales, las autoridades puedan apoyarse para la implementación del proceso de conocimiento del riesgo.

En consecuencia, el presente estudio buscó brindar métodos y técnicas para la evaluación del riesgo, teniendo como objetivo principal, priorizar los riesgos en el nivel local, tomando como caso de estudio el municipio de Pereira, Colombia. El trabajo se desarrolló a través de cuatro componentes que incluyeron: una breve presentación del área de estudio, una descripción detallada de cada una de las metodologías utilizadas y las bases de datos consultadas. Posteriormente se realizó un análisis de los registros de eventos históricos de emergencias y desastres, la aplicación de dos metodologías: Autoridad Nacional de Protección Civil – A.N.P.C. de Portugal (ANPC, 2009) y *Oregon Emergency Management* – O.E.M. de los Estados Unidos de América (OEM, 2008). Finalmente, fueron elaboradas conclusiones que expresan las ventajas y desventajas de la aplicación de metodologías de manera comparativa y los resultados de la priorización.

El presente trabajo tuvo como objetivo priorizar los riesgos en el contexto local del municipio de Pereira, Colombia, aplicando, de manera comparativa dichas metodologías. La priorización, que es el producto final del presente trabajo, busca representar una contribución clara y concisa a la comprensión de los riesgos y desastres en el área de estudio, de igual forma brinda una herramienta de apoyo a la toma de decisión para el direccionamiento de recursos para la implementación de acciones de conocimiento del riesgo, reducción del riesgo, exposición/vulnerabilidad y manejo de los desastres, en el marco de un plan municipal de G.R.D. o cualquier otro instrumento de planificación ambiental territorial.

#### Área de estudio

El municipio de Pereira, capital del departamento de Risaralda, se encuentra en la vertiente Occidental de la Cordillera Central. Limita al Norte con los municipios de Dosquebradas, La Virginia, Marsella y Santa Rosa de Cabal, por el Sur con el departamento de Quindío, por el Este con el departamento de Tolima y por el Oeste con el departamento del Valle del Cauca (Fernández C., 2015) (Figura 1).



**Figura 1.** Municipio de Pereira en el contexto nacional y departamental (Vásquez, 2018).

A una altura de 1,411 m.s.n.m., tiene una temperatura de 21 °C y una precipitación mensual promedio de 2,100 mm. La mayor parte del territorio es montañoso y su ubicación genera diversidad de microclimas, áreas de vida, relieves y paisajes (CARDER, 2010). Presenta un régimen de precipitación bimodal con un máximo en los meses de mayo y octubre.

La población total de las zonas urbanas y rurales es de 478,931. La población en el área urbana es 406,348 y en la zona rural 72,583. Del total, 47.24% son hombres (226,227) y 52.76% son mujeres (252,704). El área de estudio tiene una gran diversidad étnica, siendo el grupo étnico predominante negro, mulato y afrocolombiano (5.7% del total de la población municipal). El grupo étnico indígena representa el 0.75% de la población, mientras que la población de las islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina solo el 0.008%. Los tres grupos étnicos se concentran en el área urbana. La tasa de alfabetización del municipio es del 96%, dentro de la categoría "muy alta", que está por encima del promedio nacional (90.1%). La cobertura del servicio eléctrico es del 100% y el suministro de agua es del 99.9%, la cobertura del servicio de saneamiento es del 99%, la telefonía del 90% y el gas natural del 80% (SPM, 2019).

## Metodología

Las metodologías adoptadas en este trabajo buscaron priorizar los riesgos contenidos en un área territorial específica. La priorización permite identificar los riesgos que tienen el mayor impacto y recurrencia en el área de estudio. Por consiguiente, el trabajo se realizó mediante la evaluación de factores externos e internos para cada riesgo relacionados a través de matrices. Las siguientes secciones presentan las características generales y las instrucciones para la aplicación de las metodologías.

Como insumo para el desarrollo de matrices de priorización de riesgos, se consultaron bases de datos de registros de eventos históricos de emergencias y desastres con información disponible y consistente. Al tratarse de un análisis histórico, se procuró tener el mayor número posible de registros, para ello, fueron consultadas la base de datos DesInventar, con información de 1926 a 2018 y la base de datos VISOR-U.N.G.R.D. con información de 1998 a 2019. Para este trabajo, se decidió unificar las dos bases de datos para lograr un período constante de 93 años. Es de resaltar que, para la investigación histórica en Colombia, se utiliza DesInventar, pero la base de datos oficialmente reconocida y administrada por instituciones gubernamentales es VISOR.

Las áreas de estudio seleccionadas en las bases de datos fueron tanto rurales como urbanas y los tipos de eventos fueron naturales (vendavales, sequías y sismos) y socionaturales (avenidas torrenciales, movimientos en masa, inundaciones e incendios de la cobertura vegetal).

Con el objetivo de una priorización inicial a través de registros históricos, se realizó un análisis de recurrencias e impactos por tipo de evento, que incluyó ocurrencias por año en el período 1926-2019, porcentaje de participación de registros históricos, afectaciones por tipo de evento, número de registros de viviendas afectadas, averiadas y destruidas, número de vías afectadas, centros de salud e instituciones educativas afectadas y, número de registros de afectaciones en la infraestructura de suministro de agua potable y saneamiento.

De los siete tipos de eventos analizados a través de las bases de datos, fueron seleccionados los cuatro más relevantes en términos de recurrencia e impacto. Para conocer el orden de priorización dichos eventos, fueron sometidos a análisis mediante matrices de riesgo, con el objetivo de categorizar (muy bajo, moderado, alto, extremo) un evento determinado. El propósito de la aplicación de la matriz de la A.N.P.C. fue exponer un caso netamente heurístico-cualitativo. Por su parte la aplicación de la matriz de la O.E.M. buscó la exposición de un caso heurístico-cuantitativo con factores multiplicadores. La aplicación de las dos metodologías se realizó en aras de comparar y complementar el factor multiplicador (un hecho que requiere un uso más preciso de la información relacionada con los factores de evaluación de riesgos, por ejemplo, vulnerabilidad y peor escenario) de la O.E.M. con los criterios indicativos de A.N.P.C.

### Matriz de riesgo de la Autoridad Nacional de Protección Civil

La A.N.P.C. de Portugal utiliza una matriz de riesgo basada en el grado de severidad y probabilidad asociada al riesgo en estudio. Con base en los escenarios seleccionados y los elementos identificados en la situación de referencia, se debe estimar el grado de gravedad asociado a la ocurrencia de cada escenario para cada riesgo específico (ANPC, 2009). Los criterios para definir los grados de probabilidad se muestran en la Tabla 1 y, los correspondientes a la definición de los grados de gravedad se presentan en la Tabla 2.

**Tabla 1.** Criterios cualitativos para categorización del grado de probabilidad de eventos, según la metodología de la A.N.P.C. (adaptado de ANPC, 2009).

Probabilidad	Descripción
Elevada	Se espera que ocurra en casi todas las circunstancias Y/o presenta nivel elevado de incidentes registrados Y/o fuertes evidencias Y/o fuerte probabilidad de ocurrencia del evento Y/o fuertes razones para ocurrir Y/o puede ocurrir una vez por año o más
Media-Alta	Y/o ocurrirá probablemente en casi todas las circunstancias Y/o registros regulares de incidentes y razones fuertes para que ocurra Y/o pueden ocurrir una vez en cada cinco años Puede ocurrir una vez en periodos de 5-10 años
Media	Podrá ocurrir en algún momento Y/o con una periodicidad incierta, aleatoria y con pocas razones para que ocurra Puede ocurrir una vez en cada 20 años Puede ocurrir una vez en periodos de 20-50 años
Media-Baja	No es probable que ocurra No hay registros o razones que lleven a estimar la probabilidad de ocurrencia Pueden ocurrir una vez cada 100 años
Baja	Podrá ocurrir apenas en circunstancias excepcionales Puede ocurrir una vez cada 500 años o más

La clasificación del grado de gravedad del evento se realiza a través de cinco categorías (Residual, Reducida, Moderada, Acentuada y Crítica) y el impacto se presenta a través de tres componentes del territorio (Población, Medio Ambiente y Socioeconómico); cada impacto tiene una descripción que permite su clasificación. En cuanto al grado de probabilidad de ocurrencia del evento, existen cinco categorías (Baja, Media-baja, Media, Media-alta, Alta) con su respectiva descripción que permite la clasificación del evento.

Una vez que se han identificado los grados de probabilidad de ocurrencia del evento y la gravedad de los eventos que se muestran en las tablas 1 y 2, los riesgos se evalúan mediante una matriz de

categorización (Figura 2) que identifica el grado de riesgo asociado: Extremo, Elevado, Moderado o Bajo. La aplicación tanto de las tablas como de la matriz se aplica a cada uno de los riesgos priorizados inicialmente a través de las bases de datos.

**Tabla 2.** Criterios cualitativos para categorización del grado de gravedad de las consecuencias de los eventos según la metodología de la A.N.P.C (adaptado de ANPC, 2009).

Clasificación	Impacto	Descripción
Residual	Población	No hay heridos ni víctimas mortales. No hay cambios ni desplazamiento de personas o solo de un número restringido, por un período corto (hasta 12 horas). Poco o ningún personal operativo de respuesta a emergencia necesario (no hay apoyo monetario ni material). Daños irrelevantes.
	Ambiente	No hay impacto en el ambiente
	Socio-económica	No hay o hay un nivel reducido de afectaciones en la comunidad. No se registran pérdidas financieras.
Reducida	Población	Pequeño número de heridos, sin víctimas mortales. Algunas hospitalizaciones y evacuación de personas por un periodo de tiempo inferior a 24 horas. Se requiere de algún personal de apoyo y refuerzo de respuesta a emergencias. Algunos daños.
	Ambiente	Pequeño impacto en el ambiente sin efectos duraderos.
	Socio-económica	Disrupción (inferior a 24 horas). Registra algunas pérdidas económicas.
Moderada	Población	Tratamiento médico necesario de algunas personas, pero sin víctimas mortales. Algunas hospitalizaciones. Evacuación de personas por un periodo de 24 horas. Se requiere de algún personal técnico y se registran algunos daños.
	Ambiente	Pequeño impacto en el ambiente sin efectos duraderos.
	Socio-económica	Alguna afectación en la comunidad (menos de 24 horas). Algunas pérdidas financieras.
Acentuada	Población	Registra un número elevado de heridos y de hospitalizaciones. Número elevado de evacuaciones de personas por un periodo superior a 24 horas. Registra víctimas mortales. Requiere de recursos externos a los del municipio para soporte al personal de respuesta. Daños significativos que exigen recursos externos.
	Ambiente	Algunos impactos con efectos de largo plazo.
	Socio-económica	Funcionamiento parcial de la comunidad con suspensión de servicios básicos. Registra pérdidas financieras significativas y requiere de ayuda financiera.
Crítica	Población	Registra gran número de heridos y de hospitalizaciones. Evacuación de personas a gran escala con larga duración. Significativo número de víctimas mortales. Se requiere personas de apoyo y refuerzos para el manejo del desastre.
	Ambiente	Impacto ambiental significativo y/o daños permanentes.
	Socio-económica	La comunidad no es capaz de funcionar sin apoyos externos significativos.

Probabilidad elevada	Riesgo bajo	Riesgo moderado	Riesgo elevado	Riesgo extremo	Riesgo extremo
Probabilidad media-alta	Riesgo bajo	Riesgo moderado	Riesgo elevado	Riesgo elevado	Riesgo extremo
Probabilidad media	Riesgo bajo	Riesgo moderado	Riesgo moderado	Riesgo elevado	Riesgo extremo
Probabilidad media-baja	Riesgo bajo	Riesgo bajo	Riesgo moderado	Riesgo elevado	Riesgo extremo
Probabilidad baja	Riesgo bajo	Riesgo bajo	Riesgo moderado	Riesgo moderado	Riesgo elevado
	Gravedad residual	Gravedad reducida	Gravedad moderada	Gravedad acentuada	Gravedad crítica

**Figura 2.** Matriz de riesgo indicativo para la categorización y priorización de eventos con base en registros históricos (adaptado de ANPC, 2009).

### Matriz de riesgo de la Oregon Emergency Management

La matriz de la O.E.M. de los Estados Unidos es una metodología que produce puntajes que varían entre 24 puntos, mínimo posible y 240 puntos, máximo posible. Los dos factores clave de esta metodología son el análisis de la vulnerabilidad y la probabilidad, con la vulnerabilidad contribuyendo aproximadamente un 60% al resultado final y la probabilidad con un 40% (Azevedo de Almeida, 2010). La principal ventaja de utilizar esta metodología es clasificar un riesgo dado en relación con otros.

La aplicación de esta metodología culmina con el diligenciamiento de una matriz que muestra la clasificación de los diferentes riesgos identificados. Para diligenciar la matriz y analizar la clasificación de riesgos en estudio, la Severidad (S) se debe multiplicar por los Factores de Peso (FP). El FP es un valor constante establecido por la metodología, pero la S se establece consultando los criterios de valoración de cada *subscore* (ocurrencia de eventos históricos, vulnerabilidad, peor escenario y probabilidad) para clasificar el *subscore* en Bajo, Medio o Elevado; con esta clasificación, se puede asignar un valor numérico (entre 1 y 3; entre 4 y 7; entre 8 y 10) a la S y luego multiplicar  $FP \times S = \text{Subscore}$ .

Clasificación de la Severidad: Baja - valor más adecuado entre 1 y 3; Media - valor más adecuado entre 4 y 7; Elevada - valor más adecuado entre 8 y 10.



De igual forma, para la estimación de las categorías es asignado un FP que representa los siguientes valores:

- Ocurrencia de eventos históricos: FP = 2. Baja: ocurrencia entre 0 y 1 eventos en los últimos 100 años. Media: ocurrencia de 2 a 3 eventos en los últimos 100 años. Elevada: ocurrencia de 4 o más eventos en los últimos 100 años.
- Vulnerabilidad: FP = 5. Baja: < de 1% de bienes y personas afectados. Media: 1 – 10% de personas y bienes afectados. Elevada: > 10% de personas y bienes afectados
- Peor Escenario: FP = 10. Baja: < 5% de personas y bienes afectados. Media: 5 – 25% de personas y bienes afectados. Elevada: > 25% de personas y bienes afectados
- Probabilidad: FP = 7. Baja: una ocurrencia del evento probable dentro de 75 a 100 años. Media: una ocurrencia del evento probable dentro de 35 a 75 años. Elevada: una ocurrencia del evento probable dentro de 10 a 35 años.

El cálculo de los *subscores* se desarrolla para cada tipo de riesgo sumando estos para obtener un puntaje o *score* total. Los valores más altos de los *scores* totales representan los riesgos más prioritarios, dando como resultado un *ranking* en la priorización de los riesgos. Los dos factores clave de esta metodología son el análisis indicativo de la vulnerabilidad (que contribuye con el 60% del resultado final) y la probabilidad (40% del resultado final).

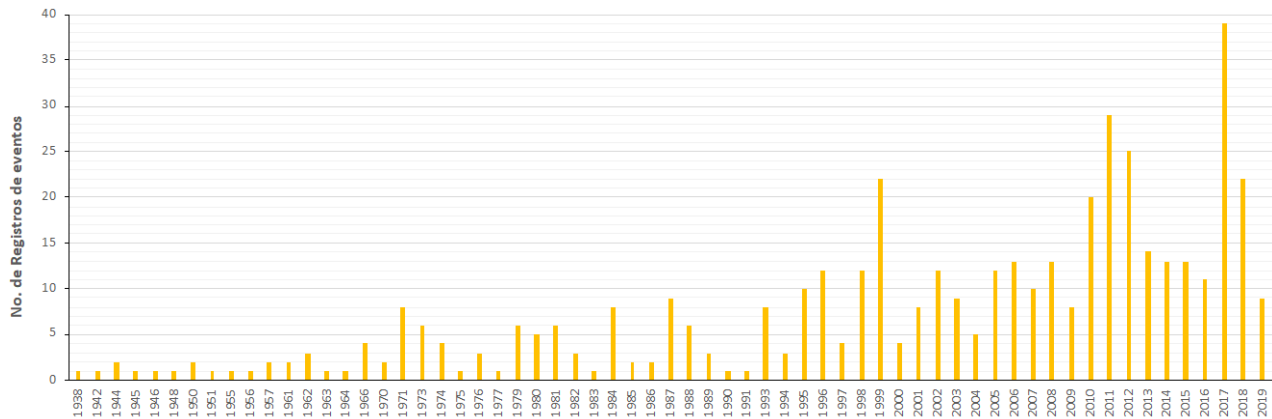
## Resultados y discusión

A continuación, se presentan los resultados del análisis de los registros de eventos históricos consultados en las bases de datos en el periodo de 93 años. Posteriormente, son aplicadas las dos metodologías utilizadas y finalmente se presenta un orden de priorización de los cuatro riesgos más importantes por recurrencia e impacto.

### Análisis de eventos históricos

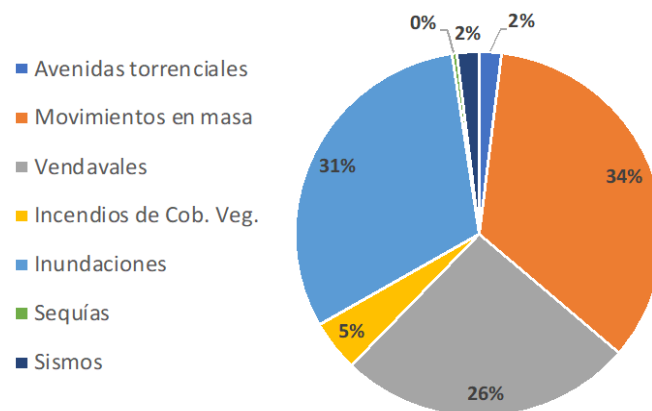
Se identificó un aumento progresivo en el número de registros de emergencias y desastres (Figura 3). El aumento en los registros puede estar asociado con: mejoras (por parte de las instituciones) en la captura, frecuencia, calidad y rigor de los registros, aumento de la población del municipio y, por lo tanto, de los bienes expuestos, aumento de las condiciones de vulnerabilidad, etc. El análisis de registros históricos incluyó 7 tipos de eventos a saber: avenidas torrenciales, inundaciones, movimientos en masa, incendios de la cobertura vegetal, sequías, sismos y vendavales.

El análisis temporal destaca los años 1999 (sismo del Eje Cafetero), 2010 y 2011 (fenómeno La Niña) y 2017 (fenómeno El Niño y luego La Niña). Es de resaltar el alto número de eventos registrados durante la primera temporada de lluvias del año 2019 (marzo a mayo), puesto que en abril de 2019 ya se había alcanzado el promedio anual de eventos de los últimos 20 años. La primera temporada de lluvias del año 2019 no presenta condiciones La Niña, pero fue ligeramente superior a la precipitación promedio mensual multianual.



**Figura 3.** Número multianual de registros de eventos de avenidas torrenciales, movimientos en masa, incendios de la cobertura vegetal, inundaciones, sequías, sismos y vendavales entre los años 1926 a 2019, en Pereira - Colombia.

En la Figura 4, se puede ver que de los 463 eventos que ocurrieron en el período de análisis, los más recurrentes fueron los movimientos en masa, las inundaciones, los vendavales, los incendios de la cobertura vegetal y, en una pequeña proporción, las avenidas torrenciales, sismos y sequías.

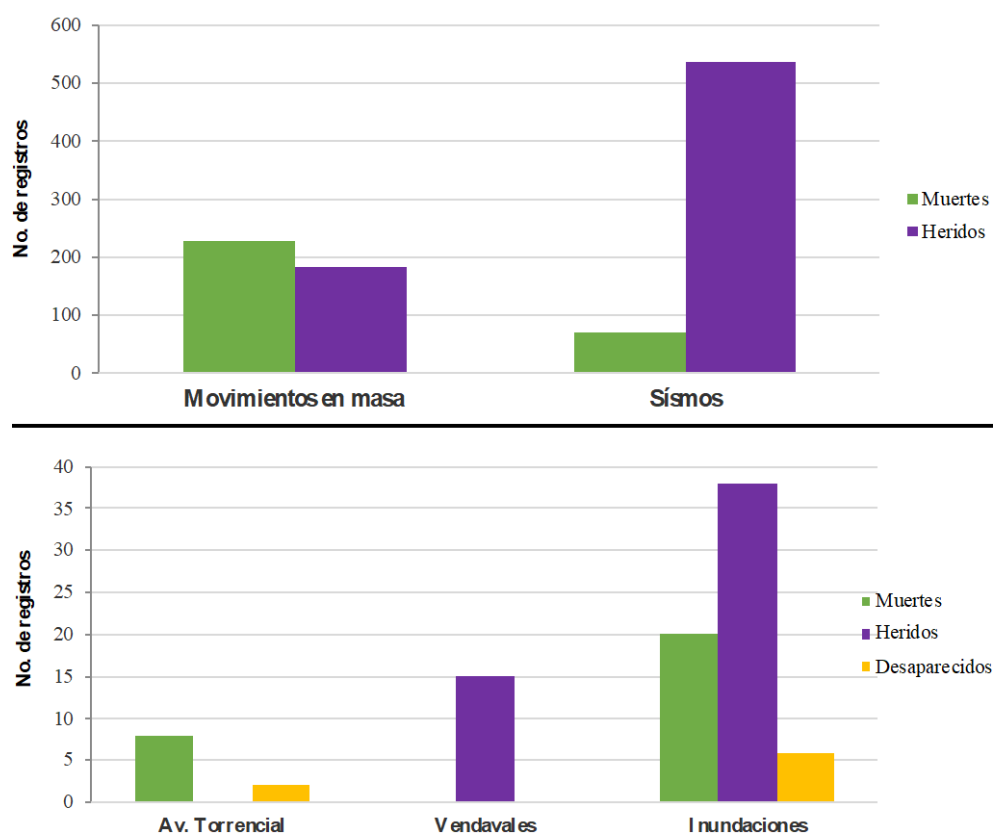


**Figura 4.** Participación porcentual de los registros históricos por tipo de evento natural y socio-natural, en el periodo 1926-2019, en el municipio de Pereira, Colombia.

Con respecto al número de viviendas afectadas, las inundaciones, vendavales, sismos y movimiento en masa como los eventos que causaron el mayor daño. En relación a las viviendas destruidas, las inundaciones siguen siendo el evento de origen socio-natural con el mayor número de registros. Las vías de comunicación terrestre son el tipo de infraestructura más afectada (189 registros). Los movimientos en masa, las inundaciones y los vendavales son los eventos que más afectan las vías. Después de las

vías, las infraestructuras más afectadas son las instituciones educativas (28 registros de afectaciones directas), siendo las inundaciones, los vendavales, los sismos y los movimientos en masa los eventos más recurrentes. Los sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento no presentaron un número importante de registros (21 de agua y 7 de saneamiento), sin embargo, los movimientos en masa y los sismos han generado interrupciones en la prestación de servicios durante más de 5 horas, lo que puede tener un impacto en la calidad de vida de la población.

Si bien es importante conocer la recurrencia de los eventos, ya que permite crear una idea de la relevancia del fenómeno amenazante, es esencial contrastar la recurrencia con los impactos. Por ejemplo, en el municipio de Pereira es bien sabido que los vendavales presentan una alta recurrencia, pero el daño causado a la población y sus bienes es bajo; por el contrario, los sismos de gran magnitud tienen una baja recurrencia, pero la pérdida de vidas y los daños materiales suelen ser altos. Los eventos de origen natural que registran el mayor número de fallecidos, lesionados y desaparecidos son: sismos, movimientos en masa e inundaciones (Figura 5).



**Figura 5.** Registros de afectaciones en la población por tipo de evento registrados en el periodo 1938-2019, en Pereira, Colombia.

Una vez realizado el análisis de los registros históricos, los eventos que presentan la mayor recurrencia y afectación en el municipio de Pereira son: (1) movimientos en masa; (2) sismos; (3) inundaciones; (4) vendavales.

Priorización de los riesgos

A continuación, son presentados los resultados de la aplicación de la metodología de la A.N.P.C. y de la O.E.M., para la priorización de los riesgos. Los resultados de las dos metodologías se expresan en categorías asociadas a los niveles de riesgo (Alto, Medio-Alto, Medio y Bajo) y tienen como base el histórico de ocurrencia analizado a través de las bases de datos.

**Metodología A.N.P.C.**

Los criterios para evaluar la metodología A.N.P.C. se presentan en las tablas 1 y 2. Los criterios de probabilidad y gravedad son necesarios para conocer el riesgo indicativo a través de la categorización y priorización del riesgo basado en la Figura 2. Los resultados de la aplicación de la metodología se presentan a continuación. La Figura 6 es el producto de la aplicación de la matriz para clasificar el grado de riesgo de A.N.P.C., y presenta tres categorías que indican los niveles de riesgo de los cuatro tipos de eventos analizados.

Movimientos en masa			+ Prioritario
Categorías		Riesgo indicativo	
Gravedad	Crítica	Extremo	
Probabilidad	Elevada		
Inundaciones			↑
Categorías		Riesgo indicativo	
Gravedad	Acentuada	Extremo	
Probabilidad	Elevada		
Sismos			↑
Categorías		Riesgo indicativo	
Gravedad	Acentuada	Elevado	
Probabilidad	Media-Alta		
Vendavales			↑
Categorías		Riesgo indicativo	
Gravedad	Reducida	Moderado	
Probabilidad	Elevada		
			- Prioritario

Figura 6. Niveles de priorización de riesgos aplicando la metodología descriptiva de la A.N.P.C.

Como resultado, los dos tipos de eventos más críticos fueron los movimientos en masa y las inundaciones con la categoría "Extremo", ya que la gravedad de los eventos fue crítica o acentuada y la probabilidad de ocurrencia alta. Los sismos expresaron una marcada gravedad y una probabilidad de ocurrencia media-alta que resulta en una categoría del nivel de riesgo alto. Finalmente, los vendavales mostraron una gravedad reducida y una alta probabilidad de ocurrencia, lo que resulta en un nivel moderado de riesgo.

En conclusión, la aplicación de esta metodología indica que el orden de priorización (desde la más prioritaria hasta la menos prioritaria) de los riesgos en el municipio de Pereira son: 1. Movimientos en masa; 2. Inundaciones; 3. Sismos y 4. Vendavales.

### Metodología O.E.M.

Como medida complementaria en el análisis descriptivo de la metodología A.N.P.C., a continuación, se presentan los resultados de la aplicación de la metodología O.E.M., que incluye un factor multiplicador para priorizar los tipos de riesgos.

La Tabla 3 muestra el orden de priorización de riesgos en el municipio de Pereira. En el caso del riesgo prioritario de movimientos en masa, los cálculos de los valores de categorización se presentan a continuación:

**Tabla 3.** Priorización de riesgos del municipio de Pereira siguiendo la metodología O.E.M.

Tipo de evento		Histórico FP = 2	Vulnerabilidad FP = 5	Peor Escenario FP = 10	Probabilidad FP = 7	Total
Movimientos en masa	FP x S	2 x 10	5 x 9	10 x 5	7 x 10	185
	Sub Score	20	45	50	70	
Inundaciones	FP x S	2 x 10	5 x 8	10 x 4	7 x 10	170
	Sub Score	20	40	40	70	
Sismos	FP x S	2 x 10	5 x 4	10 x 4	7 x 8	136
	Sub Score	20	20	40	56	
Vendavales	FP x S	2 x 10	5 x 3	10 x 2	7 x 10	125
	Sub Score	20	15	20	70	

Para el cálculo del "Histórico", el FP es 2 y se ha atribuido una S Elevada (valor de 10) debido a que se han presentado más de 4 eventos en los últimos 100 años; la multiplicación (FP x S) arrojó un sub-puntaje o *subscore* de 20 valores. En el caso de la "Vulnerabilidad" con FP = 5, se asignó una S alta (valor 9), porque se registraron más del 10% de la población afectada; la multiplicación de FP y S dio como resultado *subscore* 45. Al "Peor escenario" con FP = 10 se le asignó un promedio S (valor 5) puesto que se presentaron del 5 al 25% de las personas y los bienes

afectados; la multiplicación de FP (10) por S (5) arrojó el *subscore* de 50 valores. Finalmente, a la "Probabilidad" con FP = 7 se le asignó una S alta (valor 10) debido a que presentó una probabilidad de ocurrencia entre 10 y 35 años; la multiplicación de FP x S arrojó el *subscore* 70. La puntuación total para movimientos en masa es 185 como el valor más alto. El cálculo de los valores de las puntuaciones parciales (*subscores*) y las puntuaciones totales se desarrolló de la misma manera para los eventos de inundaciones, sismos y vendavales.

Según la información presentada en la Tabla 3, se puede decir que según la metodología O.E.M., las prioridades más relevantes son: 1. Movimientos en masa (valor de 185); 2. Inundaciones (valor de 170); 3. Sismos (valor de 136) y 4. Vendavales (valor de 126).

### **Análisis comparativo de las metodologías O.E.M. y A.N.P.C.**

La O.E.M. presenta más detalles en los componentes de clasificación de un riesgo en relación con los registros de eventos históricos, es decir, para hacer una clasificación se necesitan más detalles sobre las características de las pérdidas y daños, por ejemplo, el número de personas y activos afectados que forman parte esencial de los puntajes de vulnerabilidad y peor escenario. Así, el análisis da más peso a las afectaciones basadas en intervalos objetivos (Bajo: <1% de personas y bienes afectados; Medio: 1 - 10% de personas y bienes afectados; Elevado: > 10% de personas y bienes afectados). Por el contrario, la metodología A.N.P.C. asigna valores cuantitativos solo al tiempo de interrupción de algunos servicios sociales u horas de hospitalización; este hecho hace que la clasificación del grado de severidad requerida por la metodología sea aún más subjetiva. En consecuencia, se debe tener en consideración que la metodología A.N.P.C. por su criterio cualitativo, no es sensible con detalles en la severidad de las afectaciones, como p. ej. el tiempo de interrupción de las dinámicas habituales de la población afectada. Así, este hecho requiere un refinamiento de los resultados de la matriz A.N.P.C. por parte del personal técnico encargado de la priorización, esto es, una ponderación heurística de los resultados de un modelo sobre el otro, puesto que como se observa en la Figura 6, los movimientos en masa y las inundaciones poseen una misma categoría de riesgo indicativo (Extremo), siendo que las afectaciones en la población causadas por movimientos en masa son sustancialmente más graves que las inundaciones.

*Ambas metodologías condujeron a los mismos resultados*, con el orden de priorización (desde la más prioritaria a la menos prioritaria) movimientos en masa, inundaciones, sismos y vendavales.

Aunque las dos metodologías presentaron los mismos resultados, es importante enfatizar que es necesario complementar la metodología A.N.P.C. con una metodología cuantitativa para dar mayor número de elementos objetivos al análisis. Por tanto, el uso de ambas metodologías en el mismo trabajo puede ser una medida de apoyo para priorizar el riesgo que refuerza una metodología descriptiva cualitativa con una cuantitativa.

## Conclusiones

El simple análisis de los registros de eventos históricos sin ponderar las variables de afectación y recurrencia indica como eventos prioritarios: 1. Movimientos en masa; 2. Sismos; 3. Inundaciones y 4. Vendavales. Siendo el más prioritario 1 y el menos prioritario el 4.

Sin embargo, después de aplicar las metodologías A.N.P.C. y O.E.M., la priorización mostró que las inundaciones son un tipo de riesgo más prioritario que los sismos. El cambio en el orden de priorización se debe al hecho de que los sismos de gran magnitud (> 6.0 MMS) pueden ocurrir en un período de más de 10 años. Por el contrario, pueden ocurrir inundaciones de gran magnitud dos veces al año durante las dos temporadas de lluvias que ocurren en el primero y segundo semestre; Las inundaciones también pueden ocurrir en temporadas de menos lluvias detonadas por el fenómeno La Niña, lo que para el área de estudio significa un aumento significativo en los valores de precipitación.

Se puede concluir que el orden de prioridad de intervención del riesgo (siendo el más prioritario el 1 y menos prioritario el 4) en el municipio de Pereira luego de aplicar las metodologías descritas en este estudio es el siguiente: 1. Movimientos en masa; 2. Inundaciones; 3. Sismos; 4. Vendavales.

Los autores recomiendan la aplicación de la metodología A.N.P.C. solo si fuese acompañada de otra metodología que utilice criterios cuantitativos para tener más apoyo al clasificar la severidad/gravedad y la probabilidad de ocurrencia; de lo contrario, se recomienda solo la aplicación de la metodología O.E.M. puesto que sus criterios de valoración de severidad y factor de peso presentan mayor sensibilidad a los detalles descritos en los registros históricos y por tanto, una mayor precisión en la categoría del riesgo indicativo.

De igual forma, se resalta que la metodología A.N.P.C. requiere menos información que la O.E.M., por lo que puede ser útil en casos en los que la información de registros históricos sea limitada. En consecuencia, la A.N.P.C. puede ser usada como una primera metodología de primera aproximación, cuando no se dispone de dichos registros.

Aunque los riesgos prioritarios son los presentados anteriormente, las partes interesadas no deberían olvidar otros tipos de riesgos identificados como importantes durante el análisis de las bases de datos, como las avenidas torrenciales en áreas urbanas y los incendios de la cobertura vegetal en áreas rurales.

Los resultados presentados son un elemento de conocimiento del riesgo importante para la toma de decisiones en los instrumentos de planificación para la gestión del riesgo de desastres en el municipio de Pereira, Colombia y, representan un criterio técnico para llevar a cabo recursos y acciones para el conocimiento, la reducción del riesgo y el manejo de los desastres.

Las dos metodologías expuestas y la combinación de ambas siguiendo las recomendaciones planteadas en este estudio, representan un apoyo significativo para diferentes países con municipios que presenten limitaciones en recursos técnicos para la caracterización y análisis de riesgos naturales, siconaturales y/o antrópicos. Así, este estudio representa una herramienta metodológica concreta para la implementación del proceso de conocimiento del riesgo a escala local.

### Agradecimientos

*Especiales agradecimientos a la FCT- Fundación Portuguesa para la Ciencia y la Tecnología por el financiamiento de la Beca No. 2021.07982.BD y por el financiamiento prestado al CESAM (UIDP/50017/2020 & UIDB/50017/2020), a través de fondos nacionales. Los autores extienden sus agradecimientos a los revisores de este artículo por su tiempo y conocimientos en pro de la mejora de lo aquí expuesto.*

### Referencias

- ANEPC, Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil (2009) *Guia para a caracterização de risco no âmbito da elaboração de planos de emergência de proteção civil*, Caderno Técnico ProCiv nº9, Edição Autoridade Nacional de Proteção Civil de Portugal, Lisboa.
- Barros, J.L. (2010) *Riscos naturais e tecnológicos com expressão no concelho de Lamego, contributo para o ordenamento e gestão de emergência municipal*, Tese de mestrado em Dinâmicas Sociais, Riscos Naturais e Tecnológicos. Coimbra: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- CARDER, Corporación Autónoma Regional de Risaralda (2010) *Agenda Ambiental del Municipio de Pereira*. Pereira.
- Colombia (2012) *Ley No. 1523 del 24 de abril de 2012*, Diario Oficial de la República de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Fernández, C.C. (2015) *Lineamientos estratégicos para mejorar la gobernabilidad del riesgo a escala local, caso de estudio, municipio de Pereira*, Tesis (Maestría en Dinámicas Sociales, Riesgos Naturales y Tecnológicos), Programa de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad de Coimbra, Portugal, 118 pp.
- Oregon Emergency Management (2008) *Hazard Analysis Methodology*, OEM, Oregon.
- SPM, Secretaría de Planeación Municipal de Pereira (2019) *Características demográficas del municipio de Pereira a 2019*. Pereira.
- UNDRR, United Nations Office for Disaster Risk Reduction (2020) *Desinventar Online Edition, Inventory System of the effects of disasters*. Consultado el 16 de junio de 2020, disponible en: <https://www.desinventar.net/Desinventar/profiletab.jsp>
- UNGRD, Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (2017) *Terminología sobre gestión del riesgo de desastres y fenómenos amenazantes de Colombia*. Cristian Camilo Fernández Lopera (ed.) Bogotá D.C. Consultado el 22 de octubre de 2020, disponible en: <https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/20761/Terminologia-GRD-2017.pdf?sequence=2>
- UNGRD, Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (2020) *VISOR: Consolidado de atención de emergencias y desastres de Colombia*. Consultado el 16 de junio de 2020, disponible en: <http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Consolidado-Atencion-de-Emergencias.aspx>
- Vásquez, H. (2018) *Degradación ambiental y riesgo de desastre: implicaciones en el ordenamiento territorial de la ciudad de Pereira*, Tesis de maestría, Programa en Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Tecnológica de Pereira, 125 pp.