

METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD EN CENTROS EDUCATIVOS FRENTE A RIESGOS NATURALES MÚLTIPLES. APLICACIÓN A UN CASO DE ESTUDIO (CEIP LA BIZNAGA, MÁLAGA)

ANA DE LA FUENTE ROSELLÓ ([id](#))¹
JUAN FRANCISCO SORTINO BARRIONUEVO ([id](#))¹
MARÍA JESÚS PERLES ROSELLO ([id](#))¹

¹*Departamento de Geografía. Universidad de Málaga, Facultad de Filosofía y Letras, Campus de Teatinos s/n, C.P. 29071, Málaga*

Autor de correspondencia: anadelafuente@uma.es

Resumen. En la presente investigación se analiza, desde una visión integrada, la peligrosidad asociada de eventos de tipo sísmico y de movimiento en masa, y se confrontan las consecuencias específicas de estos con la fragilidad concreta de los elementos receptores del impacto, como son centros educativos. Para ello, se parte de la elaboración de una cartografía de peligrosidad en la que se localizan los centros con mayor riesgo de eventos de funcionamiento sinérgico sísmico-movimientos en masa en Andalucía. De la cartografía resultante se selecciona un centro piloto sobre el que se desarrolla una metodología de análisis de factores de vulnerabilidad a dos escalas de aproximación. Por una parte, a escala intermedia, se analiza el entorno del colegio, mediante el análisis de la conectividad del centro docente en relación a los puntos de asistencia y socorro en situaciones de catástrofe multi-peligro, y por otra, a escala de detalle, la vulnerabilidad propia del centro, mediante el análisis de elementos de la edificación y posibles zonas de refugio y asistencia del centro, así como el comportamiento de la comunidad educativa ante una crisis de este tipo. Los resultados muestran una patente vulnerabilidad en términos generales y resalta la insuficiente atención a este tipo de peligro por parte de los protocolos de procedimiento de los centros educativos. Concluyendo la necesidad de acometer medidas de protección ajustadas a un colectivo vulnerable y desasistido como es la comunidad educativa.

Palabras clave: cartografía de riesgo, vulnerabilidad, peligrosidad asociada, apoyo a la decisión, centros educativos

METHODOLOGY FOR THE ANALYSIS OF VULNERABILITY IN EDUCATIONAL CENTERS AGAINST MULTIPLE NATURAL HAZARDS. APPLICATION TO A CASE STUDY (CEIP LA BIZNAGA, MALAGA).

Abstract. This research analyses, from an integrated point of view, the hazard associated with seismic and mass movement events, and compares the specific consequences of these events with the specific fragility of the elements receiving the impact, such as educational centres. This is based on the elaboration of a hazard mapping in which the centres with the highest risk of synergic seismic-mass movement events in Andalusia are located. From the resulting cartography, a pilot centre is selected on which a vulnerability factor analysis methodology is developed at two scales of approximation. On the one hand, at an intermediate scale, the school environment is analysed by analysing the connectivity of the school in relation to the points of assistance and relief in multi-hazard disaster situations, and on the other, at a detailed scale, the vulnerability of the school itself, by analysing elements of the building and possible areas of refuge and assistance of the school, as well as the behaviour of the educational community in a crisis of this type. The results show a clear vulnerability in general terms and highlight the insufficient attention paid to this type of

danger by the procedural protocols of the educational centres. It concludes that there is a need to undertake protection measures tailored to a vulnerable and neglected group such as the educational community.

Keywords: risk mapping, vulnerability, associated hazards, decision support, educational institutions

1. INTRODUCCIÓN

El territorio andaluz, y especialmente Andalucía Oriental, constituye una región con una elevada predisposición a peligros ambientales proclives a generar eventos extremos catastróficos y situaciones de crisis.

La investigación se enmarca en un contexto el que diversas instituciones están alertando sobre el progresivo incremento de la peligrosidad de movimientos en masa en Andalucía en el contexto del cambio climático, a la vez que señalan la elevación del grado de intensidad sísmica en Andalucía Oriental a partir de la última actualización de los mapas de Peligrosidad Sísmica de España (2012). De forma paralela, los documentos orientativos sobre aspectos a abordar en materia de riesgo a nivel internacional (Marco de Sendai), apuntan la necesidad de centrar la atención sobre la vulnerabilidad de los colectivos y elementos del territorio más frágiles, como las infraestructuras docentes, para reforzar su resiliencia.

La peligrosidad por movimientos en masa ha sido ampliamente analizada en entornos naturales, en gran medida mediante técnicas de información geográfica (Fell *et al.*, 2008; Felicísimo *et al.*, 2012; Razavizadeh *et al.*, 2017, entre otros), así como también el desarrollo de metodologías aplicadas por riesgo sísmicos (Irizarry *et al.*, 2007; Roca *et al.*, 2006; Mouroux y Lebrun, 2006). Se advierte, sin embargo, una insuficiencia de metodologías desde una perspectiva conjunta, que abarque la evaluación integrada de los diferentes peligros, tanto respecto a la evaluación del efecto sinérgico, como concierne al componente de vulnerabilidad sobre el medio humano. En este sentido pueden citarse algunos trabajos como los de Casale y Margotinni (1999), Delmonaco *et al.* (2006), Perles y Cantarero (2010), Perles y Mérida (2010), Tibaldi *et al.* (1995), de Pedraza *et al.* (2004) o Greiving *et al.* (2004), que analizan las consecuencias derivadas de los riesgos de etiología dispar que actúan de forma simultánea en un espacio concreto.

La vulnerabilidad del medio humano frente al riesgo se caracteriza por disponer de antecedentes muy abundantes, entre ellos Mitchel *et al.* (1989), Palm (1990), Bernardini (2000), etc. No obstante, pese a esta profusión de trabajos, Eaking y Luers (2006) señalan graves carencias en materia de vulnerabilidad social frente al riesgo en dos aspectos fundamentalmente: la dispersión de las estrategias metodológicas y la escasez de propuestas de indicadores que permitan el tránsito desde el plano teórico al aplicado. Un mapa de vulnerabilidad sólo es realmente aplicable si se orienta a la resolución de problemas específicos. Se hace imprescindible concebir la evaluación de la vulnerabilidad como una herramienta para aportar soluciones concretas en la gestión local y puntual del riesgo.

En este contexto general, se requiere además un interés específico frente a la vulnerabilidad en los colectivos de mayor fragilidad, tanto por motivos de dependencia o edad, como puede ser la población escolar.

Ante esta perspectiva, este trabajo recoge una propuesta para la evaluación integral de riesgos naturales de funcionamiento asociado en los centros docentes, al objeto de proponer respuestas frente a las crisis eficaces, adaptadas al carácter complejo de los eventos extremos de peligrosidad múltiple, y orientadas a colectivos e infraestructuras de especial vulnerabilidad, como es el caso de la población de los centros docentes. Se pretende mejorar la resiliencia del centro, y su capacidad de adaptación a los cambios previsibles en un contexto de cambio climático.

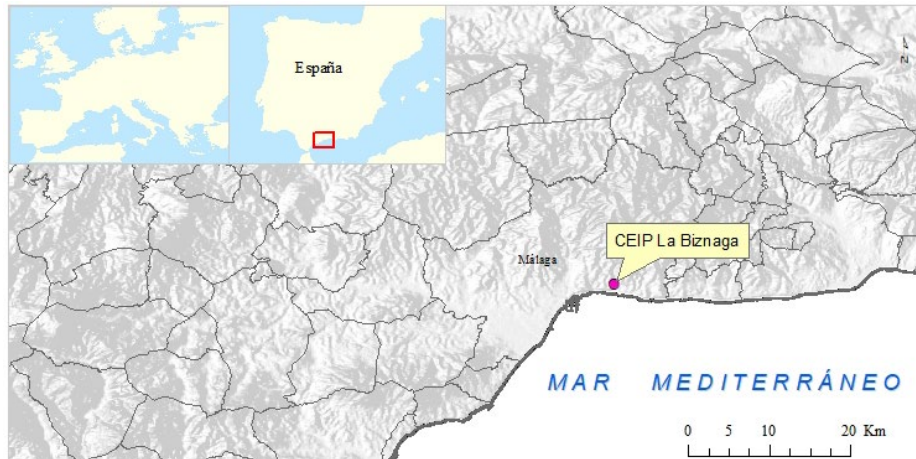
2. METODOLOGÍA

La configuración metodológica consta de dos etapas. En primer lugar, se evalúa la peligrosidad de eventos combinados sísmico y movimientos en masa, y se elabora una cartografía que permite la clasificación de los centros educativos en función del peligro al que se enfrentan. En una segunda etapa se valora la vulnerabilidad, tanto del propio centro, mediante el análisis de las características constructivas de la edificación o rasgos conductuales de la comunidad educativa, como de su entorno, derivada de la accesibilidad de los servicios de emergencia y socorro).

2.1. Caso de estudio

Del análisis previamente realizado, en el que se zonifican las áreas en zonas más conflictivas de peligrosidad a riesgos múltiples identificadas, y desde la que se reconocen los centros expuestos a una posible crisis, se ha seleccionado un centro piloto en Málaga capital, CP. La Biznaga, cuya localización, en un área de difícil acceso del distrito este de Málaga, se muestra en la Figura 1.

Figura 1. Localización del caso de estudio



Fuente: Elaboración propia

2.2. Pasos metodológicos

Las diferentes fases o etapas metodológicas mencionadas se contemplan desde diferentes escalas de análisis. En una primera fase se realiza un análisis de la peligrosidad de riesgo sísmico, y la susceptibilidad a los movimientos en masa a escala más genérica, para, a continuación, identificar las zonas de mayor peligrosidad conjunta y seleccionar los centros situados en estas zonas más sensibles.

Tras identificar las áreas más conflictivas y seleccionar el centro piloto de estudio, se procede al análisis de la vulnerabilidad del centro frente a este riesgo combinado.

2.2.1. Cálculo de la peligrosidad

Producto del resultado de un trabajo anterior, realizado para el conjunto de Andalucía, en el marco del Proyecto de investigación I+D+I del programa operativo FEDER Andalucía 2014-2020 “vulnerabilidad de centros docentes andaluces frente a riesgos naturales múltiples (sísmico, movimientos del terreno e inundación)” (Inédito) se han seguido una serie de pautas con el fin de clasificar los centros educativos y advertir aquellos que se encuentran en zona de peligrosidad de riesgo combinado sísmico-movimientos en masa.

En el cálculo de la peligrosidad se han considerado los riesgos de deslizamiento y desprendimientos en función de los criterios:

- Riesgo de deslizamiento:
 - zonas con aceleración sísmica básica (ab/g) $\geq 0,08$;
 - pendiente $\geq 25\%$;
 - litología Rocas blandas o meteorizadas / Muy plásticas
- Riesgo de desprendimiento:
 - zonas con aceleración sísmica básica (ab/g) $\geq 0,16$;
 - pendiente $\geq 50\%$;
 - litología Rocas duras fracturadas / Rocas nada plásticas

2.2.2. Cálculo de la vulnerabilidad

En el cálculo de la vulnerabilidad se han seguido los siguientes pasos metodológicos:

2.2.2.1 Vulnerabilidad del entorno del centro educativo

A escala media, se ha considerado que la vulnerabilidad es función de la accesibilidad de los agentes de socorro y asistencia al centro educativo. Para estimar este aspecto de la vulnerabilidad (índice VSA) de una forma realista, se ha estimado el tiempo de acceso al centro en dos escenarios: en situación de normalidad y tras un potencial momento de crisis y alteración del tránsito por efecto de los movimientos del terreno. Mediante un análisis de redes (Network Analyst, ArcGIS), se han calculado las áreas de servicio y costo de desplazamiento de los diferentes agentes de asistencia que intervienen ante una crisis, seleccionando tres categorías: socorro y rescate (bomberos), asistencia ciudadana (policía local, nacional y guardia civil) y asistencia médica (ambulancia de hospitales y centros de salud). Se ha considerado que la importancia de cada agente en la resolución de la crisis no es equivalente, por lo que se ponderan de forma preferente la capacidad de respuesta de los agentes de actuación decisiva en la situación de crisis.

- Socorro (Bomberos): 40%
- Asistencia médica (Hospitales y Centros de Salud): 40%
- Asistencia ciudadana (Policía y Guardia Civil): 20%

Una vez calculados los tiempos de respuesta por agente en situación de normalidad y de crisis y obstrucción de las rutas de acceso, se clasifica la accesibilidad de los distintos agentes a razón del incremento del tiempo de respuesta que experimentaría su ruta de acceso en situación de crisis, para localizar así los agentes cuya asistencia se afectan en mayor en un escenario de crisis (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de valoración del índice VSA

Criterios	INDICE VSA	
	Valor	Clasificación
Incremento en el tiempo de respuesta		
<120 segundos	1	Bajo
120 a 600 segundos	2	Medio
>600 segundos	3	Alto

Fuente: Elaboración propia

2.2.2.2. Vulnerabilidad del centro educativo

A escala de detalle se considera la vulnerabilidad del centro educativo, mediante el análisis de variables relacionadas con la propia edificación, las zonas de refugio y asistenciales ante una crisis y la actuación de la comunidad educativa en un evento crítico de esta naturaleza. Los elementos analizados en este apartado son los siguientes:

- *VED (Vulnerabilidad de la edificación). Condiciones y características de la edificación y su entorno.* En la vulnerabilidad que supone las instalaciones educativas (VED) se han considerados factores que caractericen la fragilidad de la edificación, estos son:

- *Edad del edificio (VED.01),* que valora que la edificación se ajuste legalmente o no a la normativa sismorresistente actual (NCSE-02), a la legislación anterior, del año 1994 (NCSE-94), o al control administrativo que sus predecesoras, las normativas PGS-1 y PDS-1, de 1968 y 1974, respectivamente. En base a la vulnerabilidad de estos factores se valora el subíndice en baja, media y alta.
- *Tipología constructivos de los distintos edificios (VED.02).* En función de las indicaciones de la normativa sismorresistente actual (NCSE-02), se considera el material, la altura y la regularidad geométrica en la clasificación de la vulnerabilidad. Se atiende así a la estructura del edificio y a la presencia de elementos no estructurales que suponen puntos de atención prioritaria, es decir, elementos conflictivos potenciales durante la crisis de sufrir desplomes, colapsos, explosión, incendios, etc. De la combinación de criterios contenidos en la legislación referente se clasifica la vulnerabilidad de subíndice en baja, media y alta.

Los criterios de valoración del índice se detallan en la Tabla 2.

- *VEM (Vulnerabilidad durante la emergencia). Condiciones para la evacuación, la asistencia y el refugio de la comunidad educativa.* Se valora si existe un protocolo de evacuación o en su defecto si es fácil e intuitivo (VEm.01), área de refugio a la que acudir en caso de crisis con capacidad suficiente para albergar

a la totalidad de la comunidad educativa o, al igual que el subíndice anterior, es de fácil acceso (VEm.02) y a la accesibilidad a los puntos de socorro y asistencia del centro (VEm.03). De la combinación de los criterios del indicador VEm la clasificación de la vulnerabilidad se ajusta a los intervalos definidos para la totalidad de los indicadores considerados (Tabla 3).

Tabla 2. Clasificación de valoración del índice VEd

INDICE VEd					
VEd.01	Criterios	Posterior a 2002 (NCSE-02)	Entre 1994 y 2002 (NCSE-94)	Anterior a 1994	
	Valor	1	2	3	
	Clasificación de vulnerabilidad	Bajo	Medio	Alto	
VEd.02	Criterios			Valor	Clasificación
	Material de construcción	Altura	Regularidad geométrica		
	Ladrillo, bloques de mortero o similares	Máximo de 4	Regularidad geométrica	1	Bajo
	Ladrillo, bloques de mortero o similares	Máximo de 4	Irregularidad geométrica	2	Medio
	Ladrillo, bloques de mortero o similares	Más de 4	Indiferente	3	Alto
	Mampostería en seco, adobe o tapial	Indiferente	Indiferente	3	Alto
Suma subíndices VEd		2	3	4	5
Clasificación de vulnerabilidad (VEd)		Bajo	Medio	Alto	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Clasificación de valoración del índice VEm

INDICE VEm											
VEm.01	Criterios			Valor			Clasificación				
	Definidas	Fácil e intuitiva	Duración								
	Si			0			No vulnerable				
	No	Si	Rápida	1			Bajo				
	No	Si	Lenta	2			Medio				
	No	No	Indiferente	3			Alto				
VEdm.02	Criterios			Valor			Clasificación				
	Definidas	Existentes	Accesibilidad								
	Si			0			No vulnerable				
	No	Si	Buena	1			Bajo				
	No	Si	Difícil	2			Medio				
	No	No	Indiferente	3			Alto				
VEm.03	Criterios			Valor			Clasificación				
	Definida	Fácil e intuitiva	Duración								
	Si			0			No vulnerable				
	No	Si	Rápida	1			Bajo				
	No	Si	Lenta	2			Medio				
	No	No	Indiferente	3			Alto				
Suma subíndices VEm		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Clasificación de vulnerabilidad (VEm)		No vulnerable	Bajo			Medio			Alto		

Fuente: Elaboración propia

- VC (vulnerabilidad conductual). Comportamiento de la comunidad educativa ante la crisis. Este subíndice se basa en la asignación de roles durante la crisis y cómo prevé el centro organizar su evacuación hacia zonas de refugio, esto es, el Plan de Actuación del Centro frente a la crisis sísmica (Guía de comportamiento de la comunidad educativa durante la crisis). En caso de carecer de este plan, se mide el nivel de desarrollo del plan de autoprotección de cada centro, exigido en Andalucía por la Junta de Andalucía en base a las obligaciones impuestas por el Real Decreto 393/2007. En este supuesto se trata de una valoración cualitativa (si están jerarquizadas las funciones, bien distribuidas, si hay una asignación de roles) en la que se valora si hay una adaptación del plan de emergencia a la situación que se está

evaluando. En base a la existencia de un protocolo específico, uno compatible o la inexistencia de protocolo alguno se definen los intervalos de vulnerabilidad bajo, medio y alto (Tabla 4).

Tabla 4. Clasificación de valoración del índice VC

ÍNDICE VC	Criterios			
	Existencia de Plan de Actuación del Centro frente a crisis sísmica	Sin Plan de Actuación del Centro frente a crisis sísmica		
		Plan de Autoprotección. Con criterios compatibles con situaciones de riesgo múltiple	Plan de Autoprotección. sin relación con esta tipología de riesgo. Dificultosamente adaptable	Sin Plan de Autoprotección
Valor	0	1	2	3
Clasificación de vulnerabilidad	No vulnerable	Bajo	Medio	Alto

Fuente: Elaboración propia

2.2.2.3. Cálculo de la vulnerabilidad final

La vulnerabilidad final se clasifica en función de la suma de los índices VSA, VEd, VEm y VC, tal y como se indica en la Tabla 5.

Tabla 5. Clasificación de la vulnerabilidad (V)

Valor	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Clasificación de vulnerabilidad (V) (VSA+VEd+VEm+VC)	Bajo			Medio			Alto		

Fuente: Elaboración propia

3. RESULTADOS

3.1. Vulnerabilidad del entorno del centro educativo

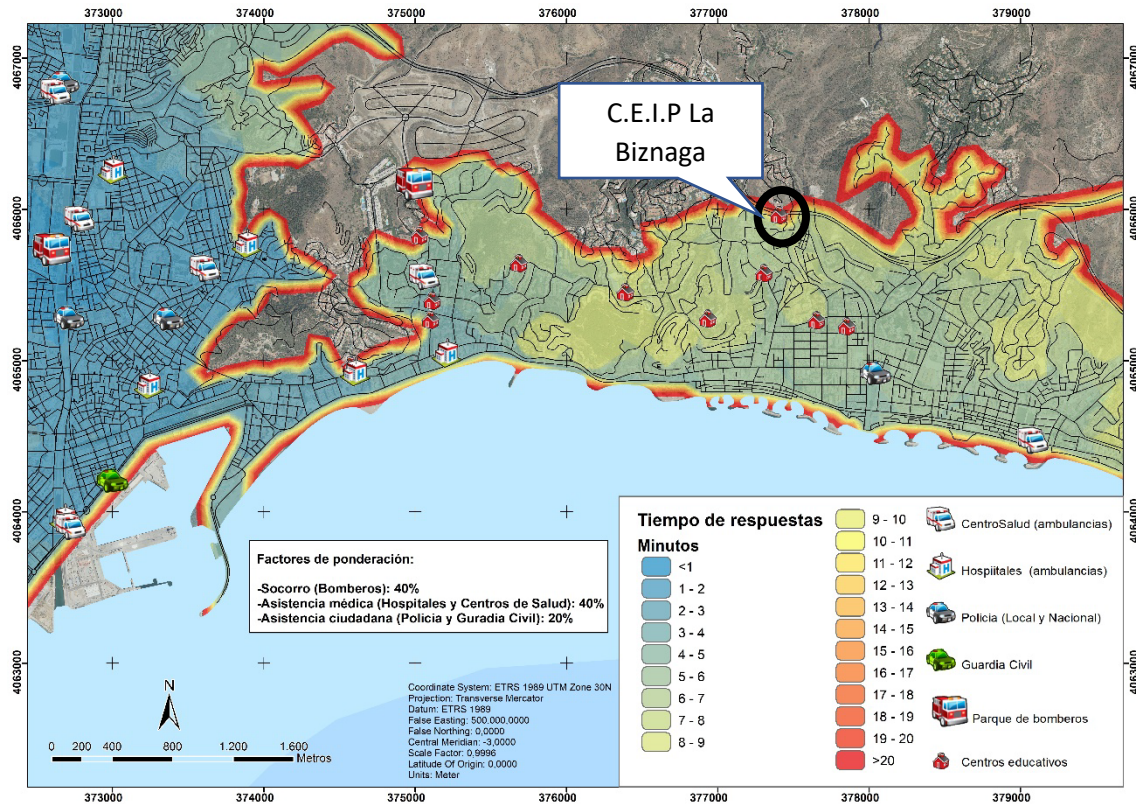
La cartografía resultante del proceso de ponderación del medio de asistencia, en condiciones de crisis se representa en la Figura 2.

El acceso al centro educativo por parte de los agentes de socorro y asistencia tiene un tiempo de respuesta en condiciones de crisis sísmica y movimiento en masa asociado de entre 8 y 9 minutos, o lo que es lo mismo, 480 y 540 segundos, lo que lo sitúa en el intervalo medio de la clasificación de vulnerabilidad indicado en la metodología.

3.2. Vulnerabilidad del centro educativo

Los rangos resultantes de la aplicación de la metodología se muestran en la Tabla 6, en la que se exponen los resultados obtenidos sobre el centro piloto. En ella se refleja la edad de la edificación estudiada, que data de 1980 (VEd.01 alta), con una tipología constructiva de una altura inferior a cuatro plantas, con regularidad geométrica (VEd.02 baja); las condiciones de evacuación, aunque no están definidas, son fáciles e intuitivas (VEm.01 baja), al igual que la accesibilidad a los puntos de asistencia (VEm.03 baja), y a diferencia de las áreas de refugio y su capacidad de acogida (VEm.02), ya que no están prestablecidas y, aunque existe un área potencial de refugio cercana con capacidad suficiente para albergar a la totalidad de la comunidad educativa, la accesibilidad se ha considerado algo dificultosa, así que el valor otorgado al indicador se considera medio. Por último, el índice VC, tiene una vulnerabilidad muy alta debido a la inexistencia de protocolo alguno de actuación.

Figura 2. Tiempo de asistencia ponderado en escenario de crisis combinada sísmica y movimiento en masa



Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Resultados de la aplicación de los criterios de valoración de los indicadores VEd, VEm y VC

Indicador	VEd.01	VEd.02	Total VEd	VEm.01	VEm.02	VEm.03	Total VEm	VC
VEd	Alta	Baja	Medio					
VEm				Bajo	Medio	Bajo	Medio	
VC								Alta

Fuente: Elaboración propia

3.3. Vulnerabilidad final

Para determinar el índice de vulnerabilidad se parte de la ecuación $V = (VSA + VEd + VEm + VC)$ (Tabla 7).

Tabla 7. Clasificación de la vulnerabilidad vinal (V)

Indicador	VSA	VEd	VEm	VC	V
Vulnerabilidad	Medio	Medio	Medio	Alta	Media

Fuente: Elaboración propia

4. DISCUSIÓN

Las diferencias observadas entre las previsiones generales de la cartografía de riesgos y los resultados de la catástrofe en múltiples casos orientan hacia la necesidad de acercar los métodos de análisis del riesgo a la complejidad de los escenarios reales que se generan durante la crisis (Camarasa Belmonte y Bescós,

2004; Hernández Mora *et al.*, 2021). A través del análisis realizado pueden observarse distintos puntos de debilidad en la estimación integral del riesgo en un centro educativo. En lo que se refiere a la estimación de la peligrosidad a la que se exponen estas edificaciones, la metodología aplicada propone la imbricación del riesgo sísmico con el de movimientos de ladera, de probable activación asociada, para así simular un escenario de crisis y daños más realista. La propuesta apoya las indicaciones apuntadas por autores como Cea *et al.* (2016), Gallegos Reina y Perles Roselló (2020) o Brunner *et al.* (2021), que aplican el principio de integración al análisis de los riesgos asociados a la inundación. Gallegos Reina (2022) y Díez Herrero *et al.* (2008), entre otros, se centran en la asociación de los movimientos en masa con otros riesgos. Las propuestas de Gallegos Reina y Perles Roselló (2022), Casale y Margottini (1999), Delmonaco *et al.* (2006), Perles Roselló y Cantarero (2010), Perles Roselló y Mérida Rodríguez (2010), Tibaldi *et al.* (1995), de Pedraza *et al.* (2004) o Greiving *et al.* (2004), analizan las consecuencias derivadas de los riesgos de etiología dispar que actúan de forma simultánea en un espacio concreto. Estos efectos de sinergia entre riesgos se hacen especialmente palpables en ambientes mediterráneos de ambiente rexistásico, con una dinámica erosiva muy marcada, en el que las laderas presentan un desequilibrio latente (Gallegos Reina, 2023; Camarasa Belmonte *et al.*, 2018). Todos estos autores apuntan hacia la necesidad de diseñar escenarios de simulación realistas, que aborden el riesgo en un escenario de crisis. Trabajos como los de Sortino Barrionuevo y Perles Roselló (2017) permiten comprobar como la vulnerabilidad de un punto puede variar de forma drástica si se considera o no las afecciones del viario durante la crisis, que condicionan directamente la accesibilidad al socorro y asistencia.

El índice de vulnerabilidad propuesto abordar las particularidades reales de la comunidad educativa y su entorno, coincidiendo con la propuesta de Perles Roselló *et al.* (2017), que proponen el uso de estimadores de vulnerabilidad de directa utilidad aplicada, que sirvan de línea de actuación para la disminución del problema de vulnerabilidad en el centro. La aplicación de un índice sistemático y multiescalar para establecer las condiciones de vulnerabilidad de un centro permite comparar la vulnerabilidad de distintos centros y establecer prioridades de acción. La aplicación del índice en otros casos, a partir de la experiencia del caso piloto, permitirá analizar si las mayores condiciones de peligrosidad de riesgo asociado sísmico-volcánico se corresponde con una mayor preparación del centro frente a la crisis, o si, por el contrario, el centro reúne condiciones de riesgo más desfavorables. Los resultados observados en el trabajo muestran igualmente la importancia que tiene la consideración de los condicionantes artificiales del medio a la hora de estimar el riesgo (condiciones de viario tras la crisis). Estos resultados se alinean con los advertidos por Cantarero (2013), y adquieren especial importancia en las áreas periurbanas, como observan Perles Roselló y Mérida Rodríguez (2010).

5. CONCLUSIONES

La metodología de vulnerabilidad propuesta parte de una doble escala de aproximación, a escala intermedia, fundamentada en el apoyo de un Sistema de Información Geográfica (SIG), se analiza las líneas de vida entre el colegio y los diferentes puntos de asistencia y socorro, y a escala de detalle, la fragilidad propia del centro y de la potencial respuesta de su comunidad educativa. Este procedimiento se aplica de forma integrada, evaluando las consecuencias específicas de un centro piloto situado en la provincia de Málaga (CEIP La Biznaga).

Aunque el análisis mostrado expone deficiencias en el tratamiento del peligro, no sólo debido a la edificación, que no se ajusta a la normativa sismorresistente actual, sino también a la falta de plan de autoprotección al que acudir ante riesgos potenciales, ya sea de tipo genérico como los específicos que han sido expuestos. A las carencias detectadas se suma el desconocimiento del peligro al que se encuentran expuestos, así como se advierte una falta de planteamiento de nuevas condiciones de generación de riesgo que se plantean en escenarios de cambio climático.

El procedimiento implicado en la evaluación de la vulnerabilidad estudiado en la presente investigación permite extender el análisis a otros centros docentes y cuantificar y comparar los resultados obtenidos, conformando una herramienta útil, que aporta una perspectiva que implica varias escalas y diferentes factores de vulnerabilidad de los centros docentes frente a la peligrosidad asociada de eventos de tipo sísmico y de movimiento en masa. Con el manifestado peligro al que se enfrenta gran parte del territorio andaluz, se considera necesario avanzar en escenarios de peligrosidad realistas, aplicando metodologías que analicen las interconexiones entre los distintos riesgos que pueden actuar de forma paralela, creando

efectos sinérgicos y sus consecuencias sobre la población, sobre todo sobre un colectivo especialmente vulnerable como es la población escolar.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido realizado en el marco del Proyecto de investigación I+D+I del programa operativo FEDER Andalucía 2014-2020 "Vulnerabilidad de centros docentes andaluces frente a riesgos naturales múltiples (sísmico, movimientos del terreno e inundación).

REFERENCIAS

- Bernardini, A. (2000). *La vulnerabilità degli edifici: valutazione a scala nazionale della vulnerabilità sismica degli edifici ordinari*. CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti. <https://books.google.es/books?id=AOJHXwAACAAJ>
- Brunner, M. I., Slater, L., Tallaksen, L. M., Clark, M. (2021). Challenges in modelling and predicting floods and droughts: A review. *Water*, 8(3), 1–32. <https://doi.org/10.1002/wat2.1520>
- Camarasa Belmonte, A. M., Bescós, A. (2004). Cartografía de áreas inundables: comparación entre mapas de peligros y mapas de inundaciones concretas. In *Riesgos Naturales y Antrópicos en Geomorfología* (pp. 25-36). SEG y SCIC. Madrid. Retrieved from: <http://roderic.uv.es/handle/10550/40120>
- Camarasa Belmonte, A. M., Caballero López, M. P., Iranzo García, E. (2018). Cambios de uso del suelo, producción de escorrentía y pérdida de suelo. Sinergias y compensaciones en una rambla mediterránea (Barranc del Carraixet, 1956-2011). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 78, 127–153. <http://dx.doi.org/10.21138/2714>
- Cantarero, F. (2013). *Relaciones entre el patrón territorial y la generación del peligro de inundación. Análisis comparado de casos en Málaga (España) y Motozintla (México)*. Tesis doctoral. Departamento de Geografía. Universidad de Málaga. Retrieved from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=257203>
- Casale, R., Margottini, C. (1999). *Floods and Landslides: Integrated Risk Assessment*. Springer Science. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-58609-5>
- Cea, L., Bermúdez, M., Puertas, J., Bladé, E., Corestein, G., Escolano, E., Conde, A., Ahmadian, R. (2016). IberWQ : new simulation tool for 2D water quality modelling in rivers and shallow estuaries. *Journal of Hydroinformatics*, 18 (5), 816–830. <https://doi.org/10.2166/hydro.2016.235>
- de Pedraza, J., Carrasco, R., Bodoque, J., Santos, M., Martin Duque, J., González, A., Díez-Herrero, A. (2004). The Jubaguerra stream event: Analysis of a mass movement connected with a flash flood phenomenon and its application to other areas in the Gredos Mountains (Central Spain). *Management Information Systems*, Vol. 9, pp. 345–358.
- Delmonaco, G., Margottini, C., Spizzichino, D., Rome, S. C. (2006). *Armonia project (Contract n° 511208) applied multi-risk mapping of natural hazards for impact assessment Report on new methodology for multi-risk assessment and the harmonisation of different natural risk maps sustainable development, global change and ec. January*.
- Díez Herrero, A., Lain Huerta, L., Llorente Isidro, M. (Eds.) (2008). Mapas de peligrosidad por avenidas e inundaciones. Guía metodológica para su elaboración. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid.
- Eaking, H., Luers, A. L. (2006). Assessing the vulnerability of social-Environmental Systems. *Annual Review of Environment and Resources*, 31, 365-394.
- Felicesimo, A., Cuartero, A., Remondo, J., Quirós Rosado, E. (2012). Mapping landslide susceptibility with logistic regression, multiple adaptive regression splines, classification and regression trees, and maximum entropy methods: A comparative study. *Landslides*, 10. <https://doi.org/10.1007/s10346-012-0320-1>
- Fell, R., Corominas, J., Bonnard, C., Cascini, L., Leroi, E., Savage, W. Z. (2008). Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. *Engineering Geology*, 102(3–4), 85–98. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2008.03.022>
- Gallegos Reina, A., Perles Roselló, M.J. (2020). Metodología para el análisis integrado de peligros asociados a la inundación: propuesta adaptada a la ordenación territorial en regiones mediterráneas. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 86. <https://doi.org/10.21138/bage.2950>
- Gallegos Reina, A. (2022). Ciudad difusa e inundaciones en el litoral mediterráneo: estudio de casos. *Editum, Ediciones de la Universidad de Murcia*. <https://doi.org/10.6018/editum.2926>

- Gallegos Reina, A. (2023). Cambio en los patrones territoriales y análisis de inundabilidad y erodabilidad en cuencas de la provincia de Málaga, España (1956-2010). *Agua y Territorio* 21, 69-83. <https://doi.org/10.17561/AT.21.6368>
- Gallegos Reina, A., Perles Roselló, M.J. (2022). Problemáticas de los patrones y dinámicas territoriales periurbanos del litoral mediterráneo español frente a los riesgos naturales. Análisis aplicado en la provincia de Málaga. *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales*, 54 (211), 97-114. <https://doi.org/10.37230/CyTET.2022.211.6>
- Greiving, S., Fleischhauer, M., Lückenköter, J. (2004). *Dealing with hazards: Multi risk mapping of Europe's regions and its policy implications*. AESOP Conference Proceedings, Grenoble, July 1–4.2004.
- Hernandez-Mora, M., Meseguer-Ruiz, O., Karas, C., Lambert, F. (2021). Estimating coastal flood hazard of Tossa de Mar, Spain: a combined model – data interviews approach. *Natural Hazards*, 109, 2153-2171. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04914-3>
- Irizarry, J., Susagna, T., Figueras, S., Goded, T., Clavero, D. (2007). Escenarios de riesgo sísmico para la ciudad de Málaga. *3er Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica*, 1, 8–11.
- Mitchell, J. K., Devine, N., Jagger, K. A. (1989). A Contextual Model of Natural Hazard. *Geographical Review*, 79, 391.
- Mouroux, P., Lebrun, B. (2006). RISK-UE project: an advanced approach to earthquake risk scenarios with application to different European towns. In: A. C. S. Oliveira, R. and X. Goula (Eds.), *Assessing and Managing Earthquake Risk* (pp. 479–508). Springer.
- Palm, R. I. (1990). *Natural Hazards: An Integrative Framework for Research and Planning*. The John Hopkins University Press, pp 184, Baltimore.
- Perles Roselló, M. J., Cantarero, F. (2010). Problemas y retos en el análisis de los riesgos múltiples del territorio. Propuestas metodológicas para la elaboración de cartografías multi-peligros. *Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles*, 52, 245-271.
- Perles Roselló, M. J., Mérida Rodríguez, M. F. (2010). Patrón territorial y conformación del riesgo en espacios periurbanos. El caso de la periferia Este de la ciudad de Málaga. *Scripta Nova-Revista Electronica de Geografía y Ciencias Sociales*, 14, 329. <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-329.htm>
- Perles Roselló, M. J., Sortino Barrionuevo, J. F., Cantarero Prados, F. (2017). Cartografía de la vulnerabilidad del territorio frente al riesgo de inundación. Propuesta adaptada a la directiva europea de inundaciones y normativas derivadas. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 75. <https://doi.org/10.21138/bage.2504>
- Razavizadeh, S., Solaimani, K., Massironi, M., Kavian, A. (2017). Mapping landslide susceptibility with frequency ratio, statistical index, and weights of evidence models: a case study in northern Iran. *Environmental Earth Sciences*, 76(14), 499. <https://doi.org/10.1007/s12665-017-6839-7>
- Roca, A., Goula, X., Susagna, T., Chávez, J., González, M., Reinoso, E. (2006). A Simplified Method for Vulnerability Assessment of Dwelling Buildings and Estimation of Damage Scenarios in Catalonia, Spain. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 4, 141–158. <https://doi.org/10.1007/s10518-006-9003-4>
- Sortino Barrionuevo, J. F., Perles Roselló, M. J. (2017). Metodología para una cartografía de vulnerabilidad del territorio frente al riesgo de inundación relacionado con los sistemas de socorro y asistencia. Aplicación al área inundable del Bajo Guadalhorce (2016). *Papeles de Geografía*, (1), 157–178. <https://doi.org/10.6018/geografia/2017/307051>
- Tibaldi, A. (1995). Morphology of pyroclastic cones and tectonics. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 100(B12), 24521–24535. <https://doi.org/https://doi.org/10.1029/95JB02250>