

APROXIMACIÓN AL ANÁLISIS DE LA
VULNERABILIDAD DEL VOLCÁN DE
FUEGO DE COLIMA (JALISCO, MÉXICO)

LUIS HERNÁNDEZ CALVENTO¹
HERIBERTO CRUZ SOLÍS²
BERTHA MÁRQUEZ AZÚA²
CARLOS SUÁREZ PLASCENCIA²
MABEL PADLOG SCHMOISMAN³
PILAR PALOMAR ANGUAS²

Resumen: Se aborda en este artículo una aproximación al estudio de la vulnerabilidad de la población ante las manifestaciones del Volcán de Fuego de Colima (Estado de Jalisco, México), desde un punto de vista geográfico. Para su desarrollo se plantea el uso de dos escalas: en primer lugar se estudia el entorno del Volcán, haciendo uso de Tecnologías de la Información Geográfica (T.I.G.) para el análisis de sus coberturas del suelo; en segundo lugar, se toma como área piloto el núcleo de Juan Barragán, en las inmediaciones del Volcán, y se analizan las motivaciones de la población, sus disponibilidades y medios de evacuación, así como su actitud ante una hipotética manifestación volcánica.

Palabras clave: vulnerabilidad, riesgo volcánico, Volcán de Fuego de Colima, Teledetección, SIG, Protección Civil, plan de evacuación, medidas de protección.

Abstract: An approach to the study of vulnerability in volcanic manifestations of Volcán de Fuego de Colima (State of Jalisco, México), from a geographic point of view, is the aim of this paper. Two scales are used to broach the problem: first and foremost was necessary to analyse the land-cover around the Volcán de Fuego de Colima, using Geographic Information Technologies (G.I.T.); at the same time, the village of Juan Barragán, neighbouring the volcano, was consider like a pilot area, and so, its population was analyzed with the purpose of understand their reasons of stay at the area, and their possibilities and chances faced with a hypotetic volcanic manifestation.

Key-words: vulnerability, volcanic risk, Volcán de Fuego de Colima, remote sensing, GIS, civil defense, evacuation programme, protection steps.

INTRODUCCIÓN

El término «vulnerabilidad» expresa muchos conceptos, dependiendo de su campo concreto de aplicación. Sin embargo, de forma genérica, y desde el punto de

vista humano, podemos entenderlo como la probabilidad de que las expectativas futuras puedan caer bajo niveles mínimos (HOLZMANN, 2001).

En el campo de los riesgos naturales, se considera que este término expresa la susceptibilidad a recibir impactos negativos de eventos peligrosos (NOAA, 2001). Desde este punto de vista, en cualquier análisis sobre riesgos naturales que busque la comprensión del problema en su conjunto, se hace imprescindible el establecimiento del grado de vulnerabilidad de los grupos sociales afectados. A pesar de ello, el concepto no tiene establecido un contenido de forma definitiva, por lo que se tiende a englobar, bajo el término, procesos y situaciones de diversa índole (CALVO, 1997). De esta forma, podemos encontrarlo como un indicador de la probabilidad de que un evento catastrófico se produzca; pero también como una expresión de los daños esperables, considerando las pérdidas de bienes o vidas humanas. Por ello, la forma de calcularlo y expresarlo como parámetro varía según los estudios: se puede expresar como un porcentaje de pérdidas, considerando éstas tanto a corto como a largo plazo, lo que implica la adopción de una forma de valoración inequívoca, principalmente económica (COBURN *et al.*, 1994). Pero también es posible adoptar otras fórmulas, como la medición en grados, conforme a la descripción de los objetos de estudio, tal y como se hace en el caso de las escalas de daño en los terremotos (v.g.: Mercalli).

En los últimos años, y relacionado directamente con el papel emergente que adquieren los grupos sociales, la inclusión de este término en las disciplinas relacionadas con los riesgos naturales ha sido una constante, lo que está llevando a su re-definición. Así, algunos autores tienden a considerarlo como el grado de eficacia de un grupo social en la adecuación de su organización frente a posibles cambios en el medio que incorporan riesgos. Desde este

punto de vista podríamos entender la vulnerabilidad como la habilidad de la sociedad para hacer frente a hipotéticos eventos que la pongan en peligro, dentro de un nivel de daños tolerable, que ha de ser establecido por la propia sociedad. De este modo, se establece una relación inversa entre la vulnerabilidad y la capacidad de la sociedad para adaptarse a un cambio, por lo que el concepto debe ser considerado estrictamente de carácter social (CALVO, 1997). Por ello, para su estudio se requiere de la participación de múltiples disciplinas, que observen el objeto de estudio, no ya desde las perspectivas físicas o económicas, sino así mismo sociales y ambientales. Ahora bien, desde esta visión más amplia se entiende que el nivel de riesgo socialmente aceptable depende, a su vez, de la proximidad del riesgo y de su familiaridad. Estos últimos no se presentan de forma única en todas las sociedades, ni para todos los peligros potenciales, sino que indican aspectos cualitativos de la percepción del riesgo a escala local.

Independientemente de la problemática abierta en su definición, lo cierto es que la determinación espacial de la vulnerabilidad resulta básica cuando se trata de definir planes de prevención frente a posibles fenómenos catastróficos, dado que de este parámetro depende en buena medida la actuación ante posibles daños, con el fin de minimizarlos. Así, su determinación territorial permite actuar en menos tiempo, antes, durante, y después de los episodios críticos, por medio de la puesta en funcionamiento de planes de prevención activa y pasiva. Esta necesidad crea la obligación social de mantener una cartografía actualizada de los niveles de riesgo, que debe ser considerada en la protección de la sociedad, resultando clave en la planificación de nuevas infraestructuras, equipamientos, o áreas de crecimiento en el futuro (WHO-PAHO, 1998).

Los estudios sobre riesgos volcánicos no escapan a esta necesidad, debido a la

trascendencia que los episodios de esta naturaleza tienen para las poblaciones que se sitúan en las inmediaciones de los grandes sistemas volcánicos. Sin embargo, su determinación ha pasado a un segundo plano, toda vez que en la actualidad, y desde la década de los ochenta del pasado siglo, se ha puesto un mayor énfasis por parte de científicos y administraciones en el conocimiento de los parámetros físicos que controlan el vulcanismo. Este hecho está directamente relacionado con las «lecciones de humildad» impartidas por algunos episodios volcánicos ocurridos en esos años, como los del St. Helen y el Nevado del Ruiz (TILLING, 1993). A la espera de resultados concretos, las administraciones se han visto forzadas a tomar la delantera, estableciendo planes de prevención basados en formas simples de medición de la vulnerabilidad. Ésta se considera, así, como una asignatura pendiente en el campo de las disciplinas científicas.

Esta idea queda de manifiesto en la mayoría de los estudios realizados sobre el riesgo volcánico desde un punto de vista eminentemente físico, en los que no se cuenta, por lo general, con otro tipo de documentos (los relativos a daños potenciales) para comenzar a hablar realmente de «cartografía de riesgo volcánico» (ARAÑA y ORTIZ, 1993; CARRACEDO, 1990).

Así y todo, considerando la «percepción social» antes aludida, los trabajos en la línea del riesgo volcánico, no deben quedarse únicamente en la medición, desde un punto de vista económico, de los bienes y las vidas potencialmente perdibles, sino que deben adentrarse en análisis mucho más profundos, en los que otras disciplinas, con una clara orientación social, participan de forma directa. Algunos ejemplos establecen la necesidad de avanzar, igualmente, desde un punto de vista psicológico (MILLER *et al.*, 1999).

OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

El trabajo que ahora se presenta tiene como punto de partida un proyecto desarrollado en el Laboratorio de Nuevas Tecnologías del Departamento de Geografía y Ordenación Territorial de la Universidad de Guadalajara, México. El objetivo principal que se planteaba era la elaboración de un Sistema de Información Geográfica (S.I.G.) que permitiese la modelización espacial del riesgo asociado a las manifestaciones volcánicas del Volcán de Fuego de Colima, en México, considerando tanto el punto de vista físico, como la vulnerabilidad. Este trabajo forma parte de un proyecto de mayor envergadura («Sismología y Volcanología en el Occidente de México»), que se desarrolla, desde hace algunos años, en esa Universidad.

El producto final que se planteaba este objetivo era la elaboración de una cartografía de riesgo volcánico para un área que manifiesta, actualmente, una gran actividad económica. Dentro de una línea de investigación aplicada, el documento generado serviría de base para la prevención social, considerando ésta tanto desde la perspectiva activa (planes de desalojo, medidas de ingeniería, ...), como desde la pasiva (planes de educación y concienciación). Al tiempo, se convertiría, en manos de los Organismos Administrativos encargados de la Ordenación del Territorio, en una herramienta clave para la elaboración de Planes Territoriales coherentes, garantizando un desarrollo en el que quedara integrada la protección a la población.

Para llevar a cabo este objetivo general se consideraron dos objetivos parciales que se desarrollan de forma escalonada: por un lado, desde una óptica general, se afrontan los principales bienes que se verían afectados en caso de producirse una erupción. Para ello se procedió a la determinación de las coberturas del suelo, que indican los principales usos territoriales. Por otro lado, en detalle, se plantea la actitud de la población ante una hipotética manifestación

volcánica. Este objetivo se desarrolló mediante el acercamiento a un núcleo de viviendas próximo al volcán, actividad que permitiría establecer las principales motivaciones de su población, con el fin de entender sus perspectivas ante este tipo de manifestaciones.

Para el desarrollo del primer punto, se estableció la necesidad de abordar el trabajo desde la óptica de la Teledetección espacial, toda vez que ésta permite establecer, de forma directa y global, las principales características del territorio objeto de estudio (CHUVIECO, 1996). En este caso, se procedió a la selección de las imágenes de satélite, necesarias para el estudio de las coberturas y usos del suelo. El sensor elegido fue el SPOT-HRV, que cuenta con tres bandas de información en los canales verde (0,50-0,59 mm), rojo (0,61-0,68 mm) e infrarrojo cercano (0,79-0,89 mm), así como una única banda en el modo pancromático, de una anchura espectral semejante a la suma de las anteriores (0,51-0,73 mm). La elección de esta fuente de datos se realizó de acuerdo a los requerimientos del trabajo, dado que era necesario contar con información acerca de las áreas de cultivo, y la vegetación es identificable por medio del canal de infrarrojo cercano. Precisamente, con ese objetivo, se generó un índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI). Este documento tiene su base en las diferencias que presenta la vegetación en las diferentes longitudes de onda del espectro electromagnético, concretamente entre las bandas relativas al rojo y al infrarrojo cercano. El cociente entre ambas (el índice de vegetación) permite aislar esta cobertura del resto, así como detectar variaciones en su estado de vitalidad.

También se consideró necesario contar con un Modelo Digital de Elevaciones (MDE), para cuya obtención se procedió mediante la interpolación espacial de las curvas de nivel, generadas mediante restitución fotogramétrica por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informá-

tica (INEGI). En este ejercicio se aplicó el método de interpolación por la inversa de la distancia, considerando los seis puntos más cercanos, así como una tesela de 10 m. Los MDEs permiten, en su análisis, el cálculo de variables derivadas, necesarias en los procesos de modelización espacial, como la pendiente y la orientación.

Con el fin de proceder a la visión tridimensional del área de estudio, fue necesario observar conjuntamente los datos procedentes de la imagen de satélite con los relativos al MDE. Para ello se procedió, en primer lugar, a la *fusión* de los dos modos del sensor HRV, trabajo que se realizó mediante una transformación HSI, basada en la generación de tres capas de información (tono, saturación e intensidad), a partir de una composición en falso color (RGB-321) cuyas teselas habían sido remuestreadas a 10 m. La sustitución del componente relativo a la intensidad por la banda pancromática del sensor, permite la obtención final de una imagen compuesta, idéntica a la original, pero con 10 metros de resolución espacial. Precisamente, esta resolución común permitió la visión conjunta de ambos documentos (imagen compuesta y MDE).

Por su parte, para el acercamiento a la población, se consideró necesario establecer un área modelo. Ésta fue el núcleo de Juan Barragán, localizado a escasos kilómetros del cráter. El análisis de su pobla-

ción se abordó desde una óptica social, mediante la convivencia diaria y las entrevistas directas, que permitían obtener la información más relevante acerca de sus motivaciones personales y sociales. En este sentido, se consideró indispensable la evaluación de las relaciones autoridades-población.

Dado que estos trabajos se encuentran en la actualidad en pleno desarrollo, el que ahora se presenta muestra solamente algunos de los resultados obtenidos, especialmente en relación al segundo objetivo planteado; de igual forma, otros trabajos ya han presentado resultados conforme al primer objetivo (SUÁREZ *et al.* , 2001).

ÁREA DE ESTUDIO

El Cinturón Volcánico Transmexicano (CVT), de unos 1.000 km de longitud, es un arco volcánico que cruza la parte central de México, desde el Golfo de California hasta el Golfo de México. En su origen se encuentra la subducción de las placas de Cocos y Rivera bajo la Norteamericana, proceso que se desarrolla desde el Plioceno. En el CVT se han desarrollado más de 11 grandes centros volcánicos en los últimos 20.000 años, generalmente de naturaleza calco-alcalina. Uno de estos centros es el Complejo Volcánico de Colima, una cadena con orientación N-S, localizada al oeste del CVT (figura 1).



Figura 1. Localización del Complejo Volcánico de Colima en el contexto de México.

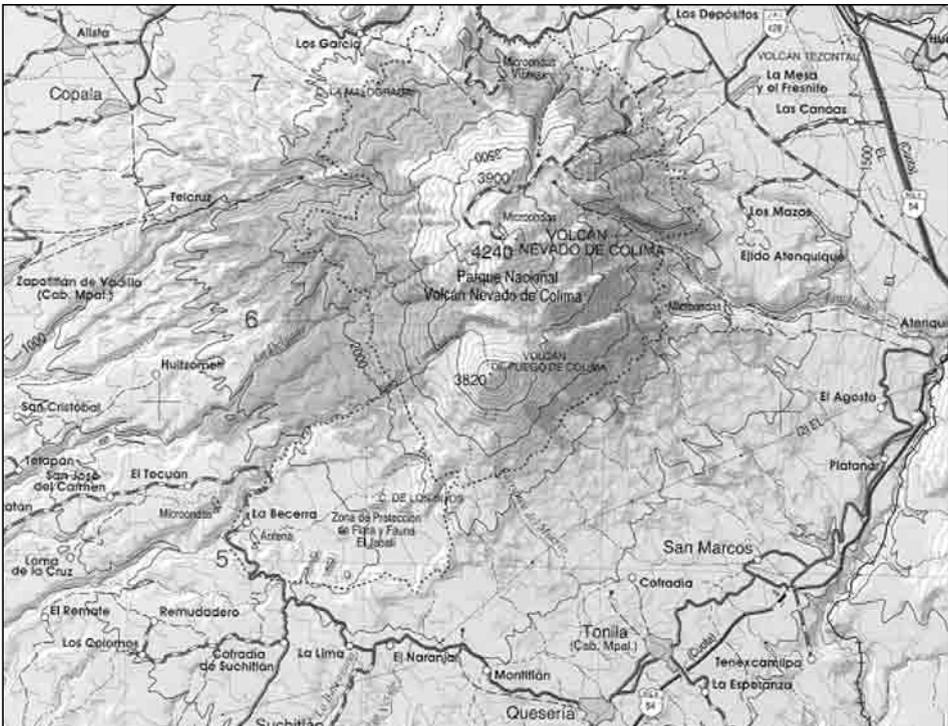


Figura 2. Mapa de localización del Complejo Volcánico de Colima (Fuente: INEGI).

El Complejo Volcánico de Colima (figura 2), declarado como Parque Nacional Volcán de Colima en 1936, está conformado por tres grandes estrato-volcanes: el Volcán de Fuego de Colima, con 3.860 metros sobre el nivel del mar, es un edificio andesítico que presenta una notable actividad actual; al norte de éste, se localizan el Nevado de Colima (4.330 m.s.n.m.) y el Volcán Cántaro (2.900 m.s.n.m.), ambos extintos. El Volcán de Fuego es el volcán más activo de México, habiendo experimentado, en los últimos 500 años, más de 30 períodos eruptivos, y presentando, en los últimos años, un aumento en su actividad volcánica.

Los principales rasgos climáticos permiten definir esta área como semiseca, sin que se aprecie un cambio térmico bien definido en invierno. La temperatura media anual ronda los 17,5°C, mientras que la precipitación media supera los 750 mm, concentrándose las lluvias en los meses de verano (junio, julio y agosto).

La fertilidad de los suelos que se han desarrollado alrededor de este Complejo Volcánico, ha favorecido el cultivo de cítricos, especialidad en la que la región se ha convertido en el primer productor de México. También en los últimos años se identifica un importante incremento de la superficie cultivada por caña de azúcar, favorecido por la posibilidad real de una inmediata salida al mercado, debido a que esta área se localiza en la principal vía de comunicación entre Guadalajara, capital del Estado de Jalisco, y el Puerto de Manzanillo, en el Estado de Colima.

Asociada al sector primario, la población del área presenta una gran dispersión; así, mientras tan sólo cuatro localidades concentran alrededor del 54% de la población, el resto se distribuye en un gran número de pequeños núcleos, la mayoría de ellos con difíciles accesos. El Volcán de Fuego se localiza entre los municipios de Comala y Cuahitémoc (Estado de Colima) y

Tuxpan, Zapotitlán y Tonila (Jalisco). En los alrededores del edificio, donde se muestran las mayores pendientes, se han desarrollado reducidos núcleos de habitantes, como los ejidos de La Yerbabuena, Barranco del Agua, San Antonio o La Becerra (en el Estado de Colima), o Juan Barragán, El Agostadero, Los Machos, El Durazno y San Marcos (en Jalisco). Estos núcleos, en conjunto, cuentan con una población de unos 500 habitantes, dedicados principalmente al sector primario, y con un 96% de analfabetismo.

La reconstrucción de la actividad histórica del Volcán de Fuego (LUHR y CARMICHAEL, 1980), los trabajos de seguimiento de su actividad, así como los estudios geomorfológicos, han permitido establecer las posibles zonas que se verían afectadas por los diferentes productos emitidos desde el volcán durante alguna fase explosiva, tanto en relación con flujos piroclásticos y derrames de lava, como en cuanto a proyectiles balísticos y lahares. Con respecto a estos últimos, se han considerado principalmente a partir del nuevo ciclo volcánico. Éste comenzó en enero de 1998, caracterizado por dos etapas: efusiva la primera (que finalizó en enero de 1999), y explosiva la segunda (que se desarrolla desde febrero de 1999). Dentro de esta última etapa es cuándo se han considerado los últimos trabajos mencionados (SUÁREZ *et al.*, 1999) (figura 3). En conjunto, se ha contemplado un gran escenario de riesgo, con una superficie aproximada de 7.850 km², dentro del cual se localizan más de 180 localidades, y una población cercana a los 500.000 habitantes.

A la vista de estos resultados, los principales daños que se prevén son relativos al sector primario (tanto agricultura como ganadería), si bien también se contemplan otros elementos importantes, relacionados con las comunicaciones y el suministro de electricidad y agua.

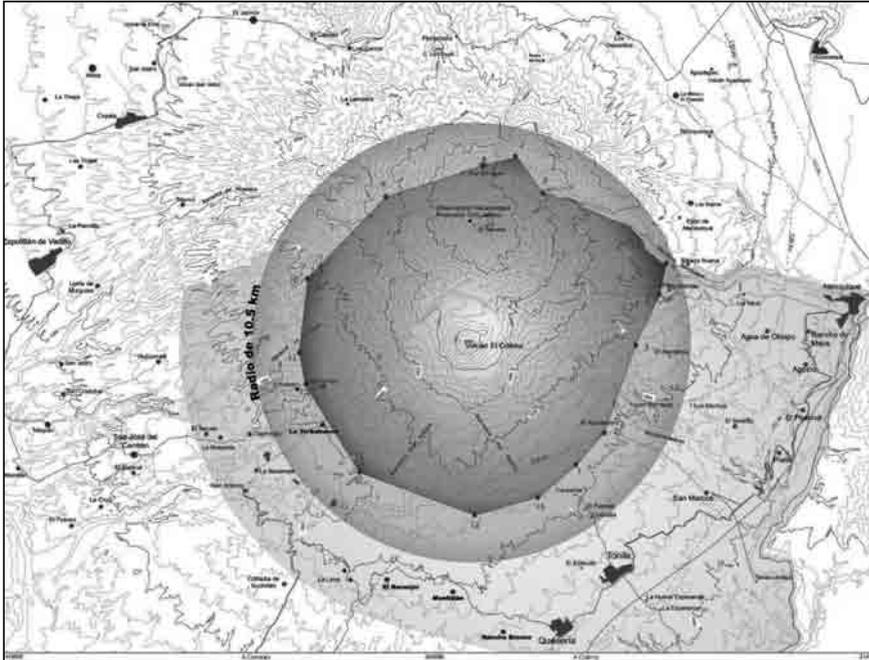


Figura 3. Mapa de riesgos ante proyectiles balísticos y lahares (Fuente: Suárez *et al.*, 1999).



Figura 4. Rutas de evacuación establecidas para el sector sur del Volcán de Fuego (Fuente: Protección Civil del Estado de Jalisco).

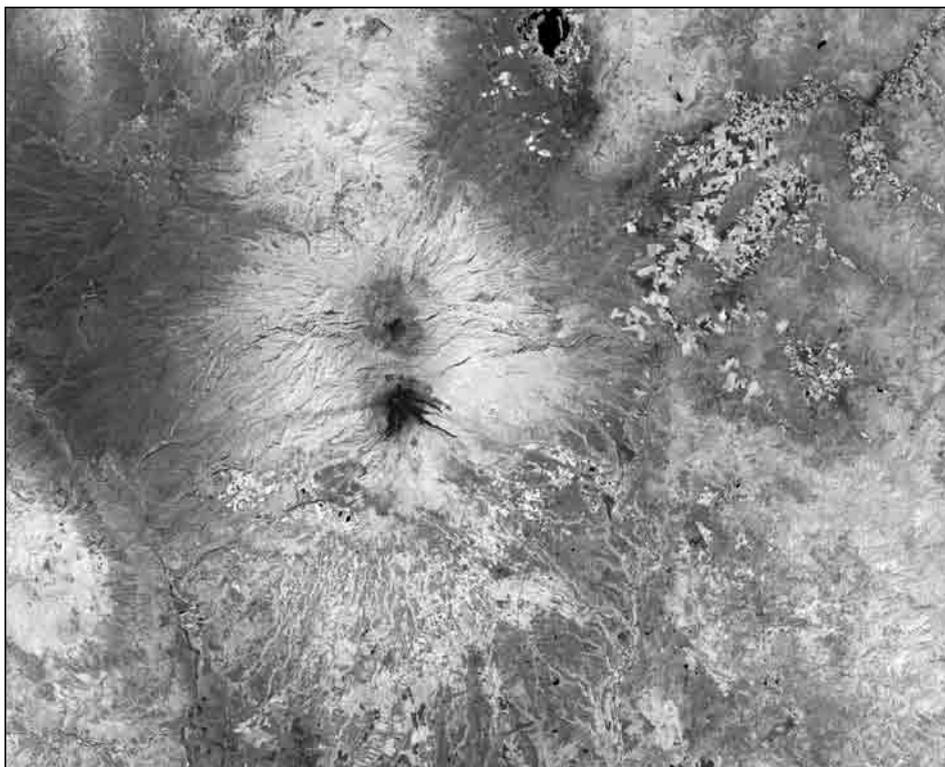


Figura 5. NDVI de la zona de estudio (el blanco indica vegetación en buen estado).

En cuanto a las vidas que directamente se podrían ver en peligro, es necesario considerar que los flujos emitidos por el Volcán de Fuego (principalmente durante las etapas explosivas que caracterizan la terminación de cada ciclo eruptivo), se canalizan por los barrancos (las barrancas, atendiendo al término utilizado en el área de estudio) que tienen su origen en el mismo cono volcánico (La Lumbre, Beltrán,...). Este hecho implica un alto riesgo para las poblaciones que se han desarrollado en sus alrededores, y que utilizan estas barrancas como vías de comunicación o áreas para el asentamiento. Entre las localizadas en la ladera sur del Volcán, se encuentra Juan Barragán, una comunidad ubicada a escasos kilómetros del cono volcánico, y con una población dedicada principalmente a labores agrícolas y ganaderas. Considerando los datos antes vistos, desde hace algunos

años este núcleo de población (al igual que otros vecinos) ha sido objeto de un continuo plan de vigilancia por parte de los efectivos de Protección Civil del Estado de Jalisco, que se ve apoyado por medidas de desalojo, cuando así se aconseja. Para estos casos, se tienen previstas varias rutas de evacuación, que estarían aseguradas por personal de esta entidad (figura 4).

RESULTADOS OBTENIDOS

En relación con el trabajo desarrollado haciendo uso con Tecnologías de la Información Geográfica (T.I.G.), es decir, a partir de la aplicación de técnicas de Teledetección, así como mediante el uso del MDE, los resultados alcanzados son los siguientes (figuras 5 y 6):

El índice de vegetación permitió la detección de las coberturas vegetales, así co-

mo observar su estado en el momento de la toma de la imagen. De ella se desprende que existen cuatro grandes áreas con mayor reflectividad en el infrarrojo cercano, respondiendo a las mayores masas de cobertura vegetal. Tres de ellas se sitúan en las laderas ubicadas al sur del edificio volcánico, mientras la última lo hace en el entorno de este edificio central y en su cara norte. Los diferentes grados en el índice de vegetación, permiten considerar la existencia de diferentes especies vegetales: así, las masas vegetales ubicadas en las cercanías al edificio central, y en su cara norte, responden a la masa forestal del Parque Nacional; mientras que las situadas en la ladera sur se encuentran principalmente asociadas a los núcleos de población. Se trata, evidentemente, de grandes superficies de cultivos.

La mancha central correspondiente a los cultivos ubicados al sur del edificio volcánico, asciende por su vertiente, y el contacto con la masa forestal central no es nítido, lo que indica la presencia de importantes núcleos dedicados a la labor agrícola. En ellos se detecta una mezcla im-

portante de reflectividades, diferencias que se corresponden con un uso no intensivo del territorio. Por ello, es deducible que se trata, por lo general, de policultivos, dedicados en buena medida a la subsistencia, así como al abastecimiento de los mercados cercanos, cuando las vías de comunicación lo permiten. Este hecho tiene transcendencia desde el punto de vista de la vulnerabilidad, dado que la población que responde a estos patrones suele mostrar un alto grado de sedentarismo, debido al cuidado de la tierra.

La visión tridimensional del territorio, apoyada en la generación del MDE, y haciendo uso de una imagen en falso color (figura 6), permite detectar que el área sur del volcán presenta una elevada pendiente, en el que se desenvuelven una gran parte de cultivos. Éstos se concentran en los alrededores de los municipios de Tonila, Quesería, Cuauhtemoc y Comala. Algunos de sus núcleos se han ubicado directamente en los márgenes de las principales barrancas, como San Marcos, al que llegan directamente La Arena y El Rosario, que descienden desde el cráter del Volcán de

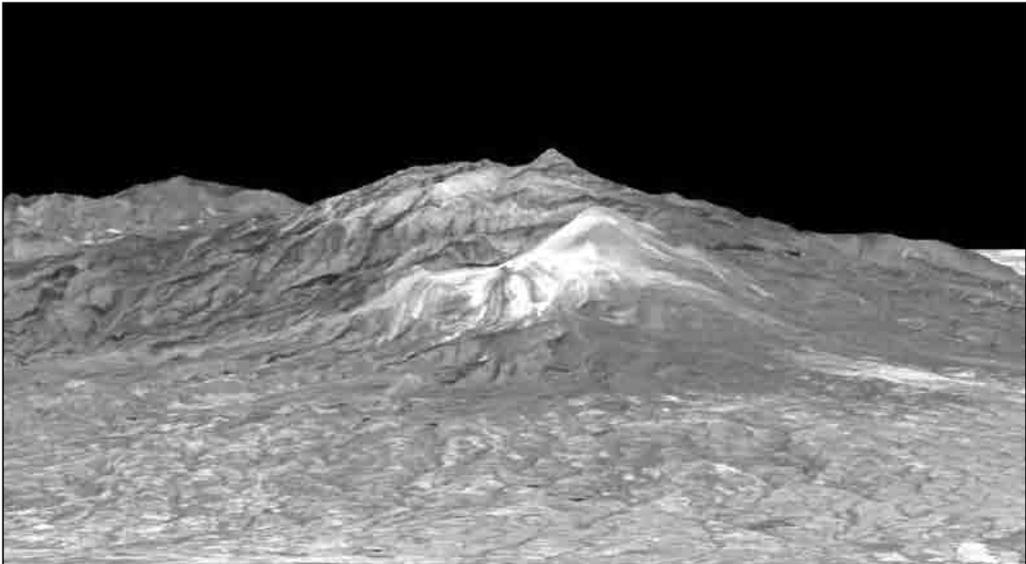


Figura 6. Visión tridimensional de la ladera sur del Complejo Volcánico de Colima.

Fuego. Se trata de un núcleo consolidado, donde las vías de comunicación permitirían una evacuación en un período relativamente corto de tiempo, desde el centro de operaciones de Protección Civil en Ciudad Guzmán. Sin embargo, las construcciones que se han desarrollado en las laderas de los barrancos citados, podrían sufrir importantes pérdidas.

El trabajo desarrollado en el núcleo de Juan Guzmán, ha permitido detectar algunas deficiencias en las relaciones entre la población y el organismo de Protección Civil, debido a discrepancias en el sistema de protección de los ciudadanos. Este núcleo, de unos 70 habitantes, y cercano al Volcán de Fuego (figura 7), se encuentra protegido de muchas manifestaciones volcánicas por una barranca que lo rodea por su vertiente septentrional. Para su población se han desarrollado planes de vigilancia y emergencia (figura 8), y se han establecido dos vías de evacuación, una de las cuáles se dirige al núcleo de San Marcos, hacia el sur, mientras que la otra lo hace hacia el norte, siendo Ciudad Guzmán su horizonte de fuga. El plan estratégico desarrollado

por Protección Civil plantea la evacuación prioritaria hacia el núcleo de San Marcos, por lo que esta vía está en muy buen estado. Por el contrario, la que se dirige al sector norte se encuentra casi en abandono.

En este sentido, se identifican muestras de oposición por parte de la población, dado que encuentran la vía principal como peligrosa, de cara a una posible evacuación. El origen de este problema se encuentra en el trazado de la citada vía, debido a que en su recorrido se han de sortear algunas barrancas, y que la llegada a San Marcos no garantiza finalmente su alejamiento del peligro, por las condiciones antes mencionadas con respecto a este otro núcleo de población.

De la explicación de los habitantes de Juan Barragán podemos deducir un buen conocimiento del territorio, y del funcionamiento del Volcán, previsiblemente como consecuencia de una vida familiarizada con ambos, en la que no hay que descartar, además, las informaciones recibidas por parte de las administraciones, de cara a su salvaguarda. De hecho, entienden que es en la vertiente sur del Volcán, tal y co-



Figura 7. Vista del Volcán de Fuego desde Juan Barragán.



Figura 8. Semáforo volcánico en Juan Barragán.

mo hemos observado con anterioridad, donde se presentan los mayores desniveles, y que coincide con el área donde aparecen los depósitos volcánicos más recientes. Por todo ello, no se podrían descartar riesgos sinérgicos, en caso de manifestaciones volcánicas y/o sísmicas, como desprendimientos o deslizamientos, especialmente en las barrancas, que podrían dejar a los habitantes de este núcleo atrapados, en una hipotética huida.

CONCLUSIONES

Las conclusiones de este trabajo se plantean en dos líneas, una metodológica, y la otra de aplicación: en relación a la primera, consideramos de gran utilidad el afrontar un estudio de estas características desde una visión pluriescalar, de modo que se observen los principales rasgos territoriales desde una óptica general, y a su vez se detecten, a nivel de detalle, los problemas de la población.

De igual forma, podemos considerar las técnicas de Teledetección como unas herramientas válidas para el establecimiento de fuentes de datos, de cara a evaluar la

vulnerabilidad en las áreas cercanas a centros volcánicos, cuestión que resulta clave en la protección de las vidas y los bienes. En este sentido, consideramos a estas técnicas como indispensable en la elaboración de documentos cartográficos de riesgo, por su capacidad para detectar diferentes coberturas de suelos. Además, resultan de especial interés cuando se trata de núcleos poblacionales dedicados a las labores agrícolas, debido a las posibilidades que se abren de cara a evaluar y contabilizar las posibles pérdidas económicas asociadas a estos usos. Sus posibilidades se amplían si el objetivo es disponer de una actualización periódica, por la alta resolución temporal que tienen en la actualidad los satélites de observación de la tierra.

También, en esta línea metodológica, es necesario considerar la importancia que tiene, en el establecimiento de la vulnerabilidad, el trabajo de campo, dado que permite considerar los bienes a valorar a una escala de detalle, es decir, allí donde la Teledetección no puede llegar. En este sentido, podemos considerarlo como una herramienta de apoyo a las propias técnicas de Teledetección.

Pero, de igual modo, este trabajo de campo resulta de interés desde un punto de vista social, dado que posibilita el acercamiento a la población, y abre vías de entendimiento hacia sus necesidades reales. En esta línea, y desde una óptica de trabajo aplicado, se hace necesario considerar la población de un modo diferente al de un objeto paciente, ante una posible manifestación de riesgo volcánico. La necesidad de garantizar la supervivencia de los habitantes de un núcleo poblacional, situado espacialmente cercano a un elemento de peligro, pasa obligatoriamente por el establecimiento de vías que garanticen la participación social en todas las decisiones de su vida en comunidad. Sin este entendimiento, no es posible establecer planes reales de protección para la población.

Además, este trabajo de acercamiento posibilita la detección de posibles errores antes cometidos; y permite un mayor entendimiento por parte de los distintos grupos (económicos, religiosos o sociales) que

podieran existir en los núcleos poblacionales, lo que tenderá a reforzar sus posibilidades reales de supervivencia ante posibles manifestaciones de riesgo. Desde este punto de vista, podemos considerar que, en buena medida, la vulnerabilidad es inversa al desarrollo de este trabajo social.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias a una Ayuda para Estancia en otros Centros, del Gobierno de Canarias y el Fondo Social Europeo, así como por la financiación aportada desde el Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades, de la Universidad de Guadalajara, México. Los miembros de su Departamento de Geografía y Ordenación Territorial, y muy especialmente de su Laboratorio de Nuevas Tecnologías, colaboraron aportando información e ideas. Protección Civil del Estado de Jalisco colaboró en los desplazamientos. Y la población de Juan Barragán nos acogió con generosidad e interés.

NOTAS

- 1 Departamento de Geografía. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Pérez del Toro, 1 (35003) Las Palmas de Gran Canaria (España). Tlf: 928451728. E-mail: lhernandez@dgeo.ulpgc.es.
- 2 Departamento de Geografía y Ordenación Territorial. Universidad de Guadalajara.

- 3 Departamento de Salud Pública. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias de la Salud (44340) Guadalajara, Jalisco (México).

BIBLIOGRAFÍA

- ARAÑA, V. y ORTIZ, R. (1993): «El riesgo volcánico». En ARAÑA, V. y ORTIZ, R. (Eds): *La Volcanología Actual*; Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, pp. 277-385.
- CALVO, F. (1997): «Algunas cuestiones sobre Geografía de los riesgos». *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 10.
- CARRACEDO, J. C. (1990): «El Riesgo Volcánico». En: CARRACEDO (Ed): *Riesgos Geológicos*. Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid.
- COBURN, A. W., SSPENCE, R. J. y POMONIS, A. (1994): *Vulnerability and risk assessment*. Disaster Management Training Programme – ONU, Cambridge Architectural Research Limited, 2.^a Edición, 69 pp.
- CHUVIECO, E. (1996): *Fundamentos de Teledetección espacial*. Rialp, Madrid, 568 pp.
- HOLZMANN, R. (2001): «Risk and Vulnerability: the forward looking role of social protection in a globalizing world». *The Asia and Pacific Forum on Poverty – Policy and Institutional reforms for poverty reductions*, Manila, pp. 5-9.
- KOMOROWSKI, J. C., NAVARRO, C., SAUCEDO, R., GAVILANES, J. C., ESPÍNDOLA, J. M. y RODRÍGUEZ, S. (1997): «The Colima Volcanic Complex». *IAVCEI General Assembly*, Puerto Vallarta-México.
- LUHR, J. y CARMICHAEL, S. (1980): «The Colima Volcanic Complex, Mexico». *Contrib. Mineral Petrol.*, 71, pp. 343-372.
- MACIEL, R. et al. (2000): «Amenazas Naturales del Estado de Jalisco». *Revista Geolítica* (digital). Universidad de Guadalajara (Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, División de Ciencias Ambientales), 89 pp.
- MEDINA, F. (1983): «Analysis of the eruptive history of the Volcán de Colima, México (1560-1980)». *Instituto de Geofísica*, 22 (2), pp. 157-178.
- MILLER, M., PATON, D. y JOHNSTON, D. (1999): «Community vulnerability to volcanic hazards consequences». *Disaster prevention and management*, 8 (4), pp. 255-260.
- NUHFER, E. B., PROCTOR, R. J. y MOSER, P. H. (1993): *The Citizen's Guide to Geologic Hazards*. The American Institute of Professional Geologists, N.Y.
- REYES G., NÚÑEZ, F., RAMÍREZ, C., OROZCO, J. y SUÁREZ, C. (1999): «El desarrollo de la sismicidad previa a las explosiones del Volcán de Fuego en 1999». *Boletín de la Unión Geofísica Mexicana*, 19 (4), p. 305.
- ROBIN, C., MOSSAND, P., CAMUS, G., et al. (1987): «Eruptive history of the Colima Volcanic Complex (México)». *JVGR*, 31 (1/2), pp. 99-113.
- SUÁREZ, C., NÚÑEZ, F., REYES, G. y SAAVEDRA, G. (1999): «Evaluación de la vulnerabilidad en el entorno del Volcán de Fuego con respecto a proyectiles balísticos y lahares». *Boletín de la Unión Geofísica Mexicana*, 19 (4), p. 324.
- SUAREZ, C.; NÚÑEZ, F.; HERNÁNDEZ, L.; GARCÍA, J. L. y REYES (2001): «Analysis of vulnerability around The Colima Volcano, México». *Eos. Trans. AGU*, 82 (47), Fall Meet. Suppl., Abstract V41A-0972.
- TILLING, R. I. (1993): *Volcanic Hazards*. World Organization of Volcano Observatories, Division of Earth Sciences (UNESCO), Office of Foreign Disaster Assistance (U.S. Agency for International Development) y U.S. Geological Survey, N.Y.
- UNITED NATIONS ISDR SECRETARIAT (2000): *Volcano Daily*. Génova, 20 pp.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION - PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION (1998): *Natural disaster mitigation in drinking water and sewerage systems*. Guidelines for vulnerability analysis (Disaster mitigation series), Washington, D.C.