UNA PROPUESTA METODOLÓGICA PARA MEDIR LA VULNERABILIDAD DE UN TERRITORIO ANTE LOS PELIGROS NATURALES: EL CASO DE HONDURAS TRAS EL PASO DEL HURACÁN MITCH

POR

ISMAEL AHAMDANECH ZARCO [1]
JOAQUÍN BOSQUE SENDRA [2]
ESTHER PÉREZ ASENSIO [3]

INTRODUCCIÓN

Cuando sucede alguna catástrofe humanitaria de cualquier tipo (sociales, políticas, naturales, etc) siempre surge, o al menos debería hacerlo, una pregunta: ¿se podría haber evitado?, e inmediatamente aparecen otras, ¿en cualquier caso, se podrían haber atenuado sus consecuencias?, ¿habría causado los mismos daños en una zona desarrollada?, etc.

Un intento de estudiar y contestar a las preguntas anteriores se basa en la realización de cartografía de riesgos, como herramienta para la ordenación preventiva del territorio o para la organización de las medidas de ayuda de emergencia (Ayala y Olcina, 2000; Calvo García-Tornel, 2001). La finalidad de un mapa de riesgo es «identificar las áreas geográficas susceptibles de sufrir daño en caso de que una amenaza se haga realidad» (Lowry *et al.*, 1995).

Los mapas de riesgo se obtienen, habitualmente, por la combinación de otras dos magnitudes más simples: la exposición del territorio a un

[1] Departamento de Estadística Económica, Estructura Económica y O.E.I., Universidad de Alcalá, Madrid.
[2] Departamento de Geografía, Universidad de Alcalá, Madrid.
[3] CICODE, Universidad de Alcalá, Madrid.

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://estudiosgeograficos.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

peligro (por ejemplo, a una inundación) y por la medida de la vulnerabilidad del territorio ante la aparición efectiva de ese peligro (Jiménez y Laín, 2000, Bosque Sendra y otros, 2000).

Un mapa de exposición a un peligro debe servir para conocer la probabilidad de que un suceso potencialmente dañino ocurra en un lugar y dentro de un periodo de tiempo definido.

La exposición del territorio ante los riesgos naturales (inundaciones, sismos, erupciones volcánicas, etc) se basa en determinar, mediante estudios realizados por diferentes científicos (geólogos, geomorfólogos, geógrafos físicos, físicos, etc), las zonas que están sometidas a la acción de los peligros naturales y la probabilidad de que un fenómeno peligroso, de una cierta magnitud, pueda producirse en un intervalo de tiempo. En general, los científicos mencionados usan para estas estimaciones los conocimientos experimentales y teóricos sobre el origen y evolución de estos fenómenos peligrosos y, al mismo tiempo, las informaciones, bastante detalladas habitualmente, que les proporciona el conocimiento de la historia previa de cada área de estudio. El resultado de todo ello es que los mapas de exposición se pueden considerar bastante precisos y exactos, y validados por los hechos del pasado [4].

El caso de la vulnerabilidad territorial es un poco diferente. Se puede definir como: «Susceptibilidad de la vida, propiedades y medio ambiente para ser dañados en caso de catástrofe», o nivel de resistencia a las pérdidas que un lugar tiene cuando es afectado por un fenómeno dañino.

El problema es cómo medir este concepto y, en especial, como comprobar que la propuesta de medición formulada es acertada. En general, se supone, de manera razonable, que la vulnerabilidad territorial está relacionada con variables que miden la posibilidad de resistencia de un lugar ante un peligro, una catástrofe que le afecte. Por ejemplo, una zona con viviendas de mejor calidad (de piedra frente a las realizadas en madera de otros lugares) podrá resistir mejor un huracán, igualmente, una población mas culta y con mejor nivel de estudios podrá entender mejor lo que ocurre y adoptará, más rápidamente y más eficazmente, medidas de protección, y así podríamos enumerar muchas otras variables. La cuestión es: de todas las variables que se pueden suponer in-

[4] En relación a este amplio tema se puede consultar el libro editado por Luís Laín, en el año 2000: *Mitigación de desastres naturales en Centroamérica.*

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://estudiosgeograficos.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

fluyentes en el tema, cuáles realmente actúan y funcionan con eficacia. La selección y comprobación de las variables es muy difícil de hacer, se requiere disponer de datos para medir esas variables antes de que ocurra una catástrofe y, después de ella, informaciones fidedignas de la fuerza de la catástrofe en cada lugar y de los daños que se han producido en cada uno de estos puntos del territorio. Todas estas informaciones son complicadas de obtener, sin embargo, la ocurrencia de una terrible catástrofe natural, el paso del huracán Mitch sobre Honduras, nos ha proporcionado, en alguna medida, los datos necesarios para realizar este tipo de discriminación de variables influyentes en la vulnerabilidad territorial. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es intentar precisar, en la medida de lo posible, qué hechos sociales afectan más claramente a la vulnerabilidad del territorio ante una catástrofe natural, usando como laboratorio de experimentación los efectos del huracán Mitch en Honduras.

La organización de este trabajo

Las pregunta a responder es, en definitiva, si la vulnerabilidad, tal y como se describe a continuación, constituye un elemento diferenciador en la magnitud del impacto de los desastres humanitarios. Y más importante, toda vez que la respuesta a esta pregunta parece bastante clara, es la de si se podría medir cuantitativamente la importancia de la citada vulnerabilidad, para poder distinguir entre lugares más vulnerables y otros que lo son menos. Pues bien, en este sentido se orienta el presente trabajo dividido en tres apartados. En el primero se realiza una breve descripción del concepto de vulnerabilidad y en el segundo se expone el modelo planteado para medir la misma en Honduras y distinguir entre los lugares más y menos vulnerables. En este segundo apartado también se describe la metodología utilizada y se exponen los resultados, para pasar en el tercer punto a realizar una predicción utilizando el modelo realizado.

Este trabajo forma parte de un proyecto más amplio desarrollado por CICODE (Centro de Iniciativas de Cooperación al Desarrollo) en colaboración con el Departamento de Geografía y el Departamento de Estadística, Estructura Económica y Organización Económica Internacional de la Universidad de Alcalá, a petición de Cruz Roja Española. El

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://estudiosgeograficos.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

principal objetivo del proyecto citado fue la elaboración de una herramienta estratégica para el manejo integrado y asistido por ordenador de la información referida a las acciones de Cruz Roja Española en el territorio de Honduras, así como la realización de una zonificación del país en base a los riesgos naturales. En este sentido, se realizaron los correspondientes mapas de amenazas naturales y éstos se combinaron finalmente con el mapa de vulnerabilidad que resultó del trabajo que aquí se presenta para obtener los mapas de riesgo finales. El proyecto ha culminado con el desarrollo de un Servidor de Cartografía Temática On Line donde se han puesto a disposición del público en general, y del personal de Cruz Roja Española en particular, la totalidad de mapas generados así como las metodologías empleadas en cada caso.

La vulnerabilidad. Una aproximación al caso de Honduras

La vulnerabilidad está relacionada con el efecto de las distintas catástrofes (es importante destacar que no sólo naturales, si bien estas son las más importantes en los análisis de la vulnerabilidad y las únicas consideradas en este caso) sobre la población afectada. El punto clave es la intuición de que determinadas características socioeconómicas pueden influir en la capacidad de asimilación por las poblaciones de los distintos desastres. Por ejemplo, un determinado desastre tendrá mayor impacto en las zonas más pobladas, etc.

Se parte, para este ejemplo hipotético, de una situación inicial, con dos regiones, dos departamentos administrativos, por ejemplo. Uno de ellos tiene una elevada tasa de alfabetización, una alta renta per cápita, una casas construidas con sólidos materiales, unas poblaciones de riesgo (niños y ancianos) que representan un pequeño porcentaje del total, etc. El otro, por el contrario, tiene una baja renta per cápita y baja tasa de alfabetización. Entre sus construcciones abunda el adobe y escasea el ladrillo, y tiene una pirámide de población con forma de reloj de arena, es decir, tiene una gran cantidad de población de riesgo. Supongamos que sucede en la zona una catástrofe, por ejemplo un huracán, que golpea por igual a los dos departamentos. ¿Es razonable esperar el mismo impacto sobre las poblaciones afectadas? La lógica parece hacer que nos decantemos por una respuesta negativa a esta pregunta. Las zonas con mayor renta per cápita, muy probablemente tendrán una po-

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://estudiosgeograficos.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

blación mejor alimentada, por lo que el período de escasez que puede seguir a la catástrofe será menos dañino. Además las construcciones en ese departamento habrán aguantado mejor la fuerza del huracán, por lo que el número de personas desplazadas del hogar será menor. Por otro lado la mayor tasa de alfabetización implica que la gente tiene una mayor capacidad de entender lo que está ocurriendo, así como de comprender las recomendaciones hechas por las autoridades y de responder mejor al desastre. Por último, existen menos personas indefensas en el primer departamento, pues es bastante evidente que los niños y los ancianos tiene menor capacidad de respuesta y de aguante ante estas situaciones que las personas de una edad media. Por tanto, es de esperar que el impacto sea mayor en el departamento que peores condiciones iniciales tenía. Pero, ¿es posible medir cuánto mayor es el impacto dependiendo de las condiciones iniciales ante la ocurrencia de un fenómeno que afecta por igual a las distintas zonas? Como ya se ha dicho, este es el objetivo de este trabajo. A partir de la pregunta que se acaba de realizar surgen otras dos cuestiones fundamentales.

En primer lugar, es importantísimo distinguir cuales son las condiciones iniciales relevantes para el caso que se esté estudiando en cada momento, o para la amenaza de que se trate. En efecto, si lo que se quiere es estudiar la vulnerabilidad de la población ante un huracán, el material del que están hechas las casas es muy relevante, pero ante el supuesto de que la ayuda humanitaria llegará con relativa prontitud, el ciclo de maduración de los productos agrícolas lo es menos. Sin embargo, ante catástrofes que limitan la recepción de llegada humanitaria, como guerras, quizás el material de construcción es menos importante y lo es mucho más la agricultura que se practique en la zona.

Por otro lado, es fundamental mantener la cláusula *ceteris paribus*, es decir, conseguir que todo lo demás permanezca constante. En este caso, esta cláusula de refiere a que se debe buscar aislar el diferencial de la fuerza de la catástrofe en distintas zonas para poder comparar el impacto en función únicamente de las condiciones iniciales relevantes en el caso en cuestión.

Una vez descrito el concepto de vulnerabilidad y algunas implicaciones importantes en su estudio, es posible analizar el caso de Honduras.

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://estudiosgeograficos.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

La medición de la vulnerabilidad

Hemos visto que las características socio-económicas o condiciones iniciales son importantes en el impacto de una catástrofe natural en una determinada zona. Pero es evidente que también es fundamental en dicho impacto la fuerza con la que la catástrofe sacude la zona. De hecho, podemos considerar el impacto final (lo que se suele denominar riesgo) como el resultado de la interacción de estos dos elementos, esto es, las condiciones iniciales o características socio-económicas (vulnerabilidad) y la fuerza con la que la catástrofe actúa en la zona (violencia del desastre o nivel de exposición de ese territorio al desastre estudiado). Evidentemente, este segundo elemento está directamente relacionado con el grado de exposición de las distintas zonas a los distintos desastres, y queda fuera del objeto del presente estudio, aunque es importante destacar que en un análisis más profundo también podría incluirse, para llegar a modelos de riesgo. Así pues, se formula una ecuación del siguiente tipo:

$$Y = F*V \quad (1)$$

Donde Y es el impacto total del desastre, F es la violencia o fuerza del mismo y V es la vulnerabilidad de la zona en cuestión. Un punto importante de esta ecuación es el supuesto subyacente en ella: la combinación multiplicativa entre las dos magnitudes que producen el impacto/riesgo final. La razón es bastante inmediata: un aumento de la fuerza del desastre provocará un aumento del impacto proporcional a la vulnerabilidad de la zona. De hecho, esta es la argumentación que se está haciendo en todo el trabajo: la vulnerabilidad aumenta el impacto del desastre en las poblaciones afectadas. Esta ecuación es sumamente importante para nuestros objetivos. Si se conoce la fuerza del desastre y el impacto que el mismo ha tenido en una determinada zona, es posible llegar a una estimación de la vulnerabilidad en la zona en cuestión mediante una simple transformación:

$$V = Y/F \quad (2)$$

Con este resultado se posee una herramienta de sumo interés en el análisis de la vulnerabilidad, pues proporciona una primera aproximación a la medición de la misma. Una vez que sea aislada (mediante la

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://estudiosgeograficos.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

ecuación 2) la vulnerabilidad, el siguiente punto será identificar las variables que causan esta vulnerabilidad, es decir, las causas socio-económicas o condiciones iniciales que provocan que una determinada zona sea más vulnerable que otra. Una vez determinadas estas variables, será posible construir un modelo multivariante que discrimine entre zonas más vulnerables y zonas que lo son menos, con una medición de la influencia que tienen las distintas variables en la mayor o menor vulnerabilidad de cada zona. Este es el esquema que se sigue en el siguiente apartado, aplicando este planteamiento al caso de Honduras, donde la ocurrencia de una catástrofe natural, el tristemente conocido huracán Mitch, proporciona la información sobre el desastre que afecta a varias zonas. Antes de pasar a ese punto, nótese que estamos siguiendo en la teoría (y más adelante lo haremos en la práctica) los puntos que se han establecído como fundamentales para el análisis. Por un lado, se aísla la diferente violencia de la catástrofe en las distintas zonas, y por otro, se seleccionan las variables relevantes para el análisis en este caso.

El caso de Honduras

No es una novedad el decir que el primer obstáculo con el que se choca es el de los datos disponibles, o mejor dicho, la cantidad de datos necesarios y no disponibles. Si en los países desarrollados económicamente se producen, muchas veces, problemas por la ausencia de datos para trabajar, esto cobra especial relevancia en los países en vías de desarrollo, y la cosa se multiplica teniendo en cuenta que es necesario medir la fuerza de desastres naturales. Sin embargo, es de capital importancia tratar de eludir estos problemas para el caso de Honduras, pues desafortunadamente el Mitch ha brindado una experiencia empírica de un desastre de gran magnitud. En este caso es posible superar estos problemas para construir un modelo que diferencie a las distintas zonas por su vulnerabilidad.

Los datos

Para el presente trabajo se han utilizado básicamente datos correspondientes a los 18 departamentos de Honduras, y recogidos en los

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://estudiosgeograficos.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

Informes de Desarrollo Humano del PNUD. Evidentemente hubiese sido deseable trabajar con datos a nivel municipal, pero esto ha resultado imposible ante la ausencia de las estadísticas necesarias. Aún así, como se señalará más adelante, el modelo obtenido es extrapolable a nivel de los municipios.

La primera pregunta que surge es la de cómo elaborar la serie de impacto del huracán en los departamentos y la de cómo construir la de la violencia o fuerza del mismo en cada uno de los mismos. Con respecto a la primera no ha habido excesivos problemas. A partir de datos ofrecidos por la CEPAL (1999) sobre muertos, heridos y desaparecidos se ha procedido construyendo la variable impacto del siguiente modo:

$$Y = 0.7*PM + 0.15* PH + 0.15* PD \quad (3)$$

Dónde Y es el impacto, PM es el porcentaje de la población que resultó muerta, PH el porcentaje de la población herida y PD el porcentaje de desaparecidos.

Es importante señalar varios aspectos sobre esta formulación. En primer lugar, es evidente que al dar las ponderaciones que se han dado se están introduciendo juicios de valor sobre la importancia que tienen los muertos en un desastre en comparación con los heridos y los desaparecidos, por lo que posiblemente otros analistas construirían la variable de otro modo. En este caso se ha considerado que la pérdida de una vida humana tiene mucho más valor negativo que la existencia de heridos o de desaparecidos, pero que se han de tener en cuenta a estos dos últimos, por lo que se han incluido al construir la variable. Por otro lado, es de destacar también que la elaboración de la variable podría ser mucho más rigurosa utilizando métodos de valoración de intangibles (Azqueta, 1994). Sin embargo, esto queda fuera del objeto del presente estudio tanto por tiempo como por imposibilidad de ponerlo en práctica al no disponer de los datos necesarios.

La variable fuerza o violencia de la catástrofe natural ha sido más complicada de construir, tanto por la escasez de estadísticas como por la especial idiosincrasia de la misma. Es posible considerar varias posibilidades, como el porcentaje de carreteras dañadas o el porcentaje de viviendas destruidas. Sin embargo, fue necesario descartar ambas posibilidades por la escasa calidad estadística de los datos existentes.

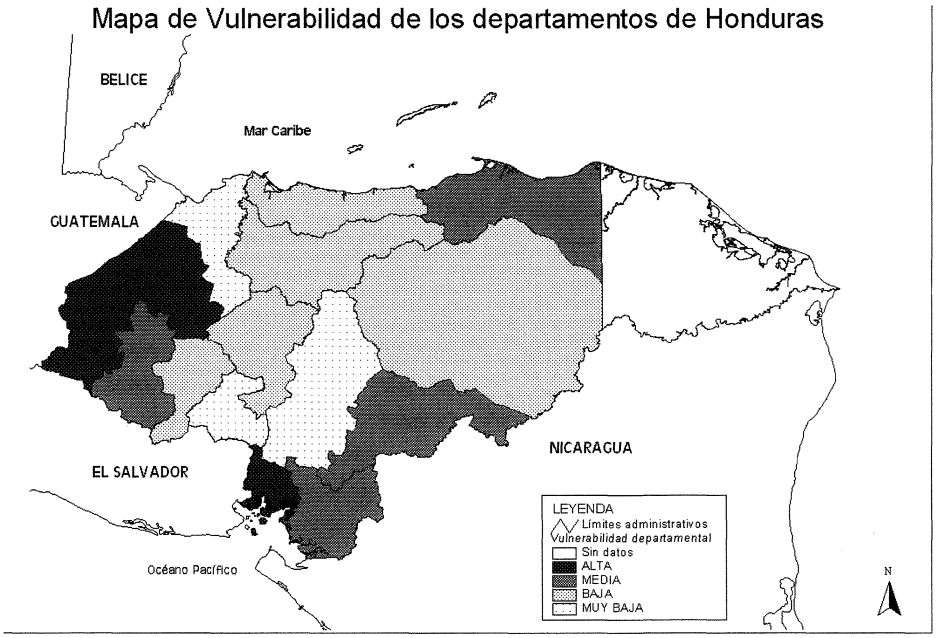
(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://estudiosgeograficos.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

Esto supone ciertos problemas, sobre todo porque las variables más adecuadas para medir la fuerza con la que el huracán Mitch afectó a cada departamento son las relacionadas con la destrucción de infraestructuras, y, en caso de disponer de los datos adecuados, por aquí se han de dirigir los esfuerzos en próximos trabajos. Sin embargo, en este caso se ha de buscar una alternativa. La mejor de las posibilidades es utilizar datos referentes a la población refugiada en albergues (desplazada de sus hogares) por varios motivos. En primer lugar, es evidente que la correlación entre hogares destruidos y personas refugiadas en albergues ha de ser alta y positiva, por lo que es posible considerar la variable personas desplazadas como un proxy de las viviendas destruidas. En segundo término, la principal ventaja de esta variable es que es más fácil de construir que aquellas otras que se han mencionado. Por último, cabe destacar que los problemas de correlación de esta variable con otras que pueden entrar en el modelo como explicativas, como la renta per cápita, es un problema compartido por cualquier otra estadística de infraestructuras.

Por lo tanto, otra alternativa posible es utilizar las población gravemente afectada (CEPAL, 1999) por el huracán Mitch, refugiada en albergues, como aproximación a la virulencia con la que el desastre sacudió a los distintos departamentos. Así pues, se dispone ya de la variable Y (impacto) y de la variable F (fuerza del huracán), por lo que con una sencilla operación matemática (ecuación 3) es posible construir la variable V (vulnerabilidad) (ver mapa 1)

La pregunta que surge a continuación es bastante clara: ¿qué hace que unos departamentos sean más vulnerables que otros?, ¿por qué ante una misma violencia del huracán unas zonas se verán más afectadas que otras? El principal objetivo de este trabajo es avanzar en la respuesta a esta cuestión, salvando las limitaciones impuestas por la escasez de datos y la baja calidad de los existentes. Para ello, se construye un modelo que diferencie entre dos tipos de departamentos: aquellos que muestran una alta vulnerabilidad y los que, por el contrario, tienen una baja vulnerabilidad relativa, a partir de unas variables explicativas que motivan que cada caso explicado (en este caso cada departamento) sea clasificado en un grupo o en otro. Evidentemente, lo que se va a buscar es que los errores de clasificación sean los menos posibles. La metodología utilizada va a ser el análisis multivariante, en concreto las técnicas de análisis discriminante (Uriel, 1995).

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://estudiosgeograficos.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)



Como es lógico, el primer paso será estudiar si en realidad existen estos dos grupos diferenciados en cuanto al nivel de vulnerabilidad. Para ello, se dispone de la representación gráfica (histograma) de la variable vulnerabilidad (figura 1) y de sus estadísticos descriptivos más representativos: mediana, cuartiles, etc [5].

Como se puede observar en la figura 1, la variable es asimétrica a la derecha, es decir, existen unos pocos valores con un valor de la variable marcadamente superior, o lo que es lo mismo, con bastante más vulnerabilidad relativa. Esta es la misma impresión que se obtiene al analizar el valor de los tres cuartiles (valores de la variable que dividen a la variable en cuatro grupos con igual número de casos). Por ejemplo, el paso del percentil 50 (segundo cuartil: 0.025) al percentil 75 (tercer cuartil: 0.150) es grande en cuanto al valor de la variable, lo que significa que el 50% de las observaciones con menor vulnerabilidad tienen un muy bajo valor de la misma (por debajo

[5] Para el resto del análisis se prescinde de dos departamentos: Gracias a Dios e Islas de la Bahía, debido a que por su especial idiosincrasia (por ejemplo, su volumen de población es mucho menor que el del resto de los departamentos) pueden distorsionar el mismo.

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://estudiosgeograficos.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

de 0.025) mientras que el 25% de los casos con mayor vulnerabilidad registran un valor por encima de 0.15, es decir, por encima de cinco veces más.

Por lo tanto, ambas procedimientos analíticos: histograma de la variable V (vulnerabilidad), ver figura 1, (que, es necesario recordar, fue construida como el cociente entre el impacto y la fuerza del huracán Mitch en 16 departamentos de Honduras) como los estadísticos descriptivos mencionados, confirman la idea de dos grupos de departamentos: 11 departamentos con una baja vulnerabilidad, enfrentados a 5 con una vulnerabilidad relativamente mucho más elevada. Por lo tanto, definitivamente es posible distinguir entre dos grupos de departamentos en lo que se refiere a la vulnerabilidad. Siguiendo la metodología del análisis discriminante, se define una variable dicotómica a partir de la variable vulnerabilidad, que tome los valores 1 para el caso de vulnerabilidad alta y 2 para el caso de vulnerabilidad baja.

Por lo tanto, los cinco departamentos con una vulnerabilidad elevada, al menos en comparación con el resto, son Comayagua, Lempira, Ocotepeque, Olancho y Santa Bárbara. Cabe destacar que, como era de esperar, el conjunto del país estaría dentro del grupo de vulnerabilidad baja. De hecho, esto supone seleccionar un conjunto de departamentos que muestran una vulnerabilidad muy por encima del resto, es decir, cinco zonas donde, por unas causas u otras (causas que se estudian en el siguiente apartado), el huracán tuvo un mayor impacto relativo sin tener una mayor virulencia, tal y como se ha definido esta última.

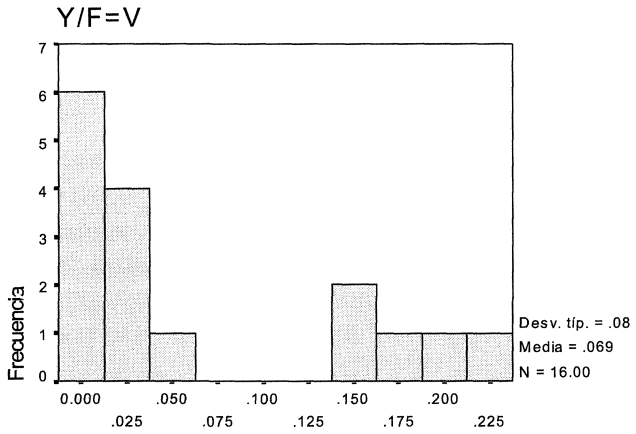


FIG. 1.—*Historiograma de la vulnerabilidad en Honduras.*

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://estudiosgeograficos.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

El modelo

Así pues, se ha comprobado la existencia de dos grupos diferenciados de departamentos en cuanto a la vulnerabilidad mostrada ante el desastre que fue el huracán Mitch. Ni que decir tiene que el siguiente paso en el análisis será tratar de delimitar las características socioeconómicas (o condiciones iniciales, tal y como se han denominado más arriba) que hacen que un departamento esté en un determinado grupo o en otro. En este sub-apartado se describe no sólo el modelo, sino también las dificultades encontradas para elaborarlo, las soluciones utilizadas ante esos problemas, así como la justificación del resultado final.

El modelo que parece más correcto para tratar un tema como éste en Honduras[6], tras el huracán Mitch y la ayuda internacional que movilizó, es el siguiente:

$$V = F(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5) \qquad (4)$$

Donde:

X_1= Tasa de alfabetización (porcentaje de población alfabetizada).
X_2= Tasa de desnutrición (porcentaje de población desnutrida).
X_3= Densidad de carreteras por Km^2.
X_4= Características de la vivienda (ladrillo, adobe,...).
X_5= Población de riesgo (porcentaje de niños y ancianos).
(Todas estas variables miden situaciones previas al paso del huracán por la zona.)

Y evidentemente V toma los valores 1 y 2, es decir, vulnerabilidad alta y vulnerabilidad baja.

La justificación de un modelo de este tipo es bastante inmediata, así como el sentido de la influencia de cada uno de los coeficientes. Una mayor tasa de alfabetismo implica una mayor capacidad de comprensión de un suceso de este tipo y de las medidas que se deben adoptar como reacción, así como un mejor entendimiento de las recomendaciones dictadas por las autoridades y todo un conjunto de externalidades positivas

[6] Es importante destacar que para cada caso la formulación del modelo puede cambiar, dependiendo de aspectos como el tipo de desastre, la cantidad de ayuda recibida y el tiempo que se tarda en recibir esta ayuda, etc.

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://estudiosgeograficos.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

que se deben tener en cuenta. Por la tanto, es de esperar que un aumento de la tasa de alfabetización conlleve a un descenso de la vulnerabilidad.

En cuanto a la segunda variable, es posible imaginar que una mala nutrición implica una peor respuesta ante cualquier hecho, mucho más tratándose de una catástrofe de esta magnitud, por lo que a mayor tasa de desnutrición la vulnerabilidad debe ser mayor, al menos en teoría.

La relación entre la vulnerabilidad y la densidad de carreteras por Km^2 es de signo esperado contrario al de la tasa de desnutrición. La razón es la siguiente: cuánto mayor es la densidad de carreteras en cada zona, más fácil es que se den dos cosas igualmente importantes en respuesta a una catástrofe de este tipo; por un lado, más sencillo será evacuar a la gente afectada hacia hospitales, etc, y por otro, la ayuda llegará de forma más sencilla a las zonas dañadas por el desastre. La relación esperada entre vulnerabilidad y densidad de carreteras es, por lo tanto, negativa, es decir, se espera que a mayor densidad de carreteras haya menos vulnerabilidad.

Más directa aún parece la relación entre características de las viviendas y vulnerabilidad. Cuanto más resistentes sean las viviendas, menor será el daño que en las mismas cause el huracán, con el consiguiente menor daño sobre las poblaciones, por lo que una mayor proporción de viviendas de materiales resistentes debería asociarse con una menor vulnerabilidad.

Por último, el porcentaje de población de riesgo también puede jugar un papel relevante en el impacto del desastre. Es evidente que la niñez y la ancianidad son las etapas de la vida en las que las personas están más indefensas, e incluso más incapaces de vivir y moverse autónomamente, con lo que ante una catástrofe de este tipo se encuentran más vulnerables. Por tanto, la relación esperada a priori entre el porcentaje de población de riesgo y la vulnerabilidad es positiva.

Es de destacar que existen otras muchas variables que podrían ser relevantes en el análisis de la vulnerabilidad en diferentes situaciones, pero que no parecen tener mucho que decir en este caso[7]. Por ejemplo, el análisis de características como el tipo de producción agrícola de los distintos departamentos no es relevante en esta situación, toda vez que la llegada de la ayuda fue rápida, y el monto de ésta elevado.

[7] Como, evidentemente, alguna de las variables de este modelo podría no tener cabida en el análisis de otra situación de este tipo.

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://estudiosgeograficos.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

Hasta aquí el modelo que en un principio, y a falta de validación estadística, parece más adecuado. Sin embargo, el principal problema con su formulación es la ausencia de datos correspondientes a todas las variables. Así, no ha sido posible encontrar datos fiables relativos a la densidad por Km^2 de carreteras, características de la vivienda [8] o población de riesgo. Por lo tanto, el modelo que al final se ha decidido plantear tiene la siguiente forma:

$$V = F(X_1, X_2) \tag{5}$$

Donde las dos primeras variables son, como se ha indicado más arriba, la tasa de alfabetización y la tasa de desnutrición.

Una vez definido el modelo factible (el que los datos permiten construir en este caso), el siguiente paso será validarlo estadísticamente. Para ello, se utiliza la técnica del análisis discriminante.

El análisis discriminante se utiliza para clasificar a distintos individuos o elementos en grupos, o poblaciones alternativas a partir de los valores de un conjunto de variables sobre los individuos o elementos a los que se pretende clasificar. Los grupos se establecen en función de una variable categórica o dicotómica (en nuestro caso, vulnerabilidad alta = 1; vulnerabilidad baja = 2). Esta variable juega el papel de variable dependiente. Es importante destacar que cada elemento (en este estudio, un elemento es un departamento) sólo puede pertenecer a un grupo. Por lo tanto, el análisis discriminante permite diferenciar dos grupos, uno de vulnerabilidad alta y otro definido como de vulnerabilidad baja. Cada departamento se clasificará en uno u otro grupo en función de los valores que tomen en el mismo las variables clasificadoras o independientes (en este trabajo, la tasa de alfabetización y la tasa de desnutrición). Lo interesante de esta técnica es que además se puede utilizar con fines predictivos. Una vez especificado y contrastado el modelo, se pueden guardar los coeficientes de las funciones discriminantes y aplicarlos sobre cualquier otro caso para predecir en que grupo se sitúa. Esto va a ser de especial interés en nuestro caso, pues más adelante se realiza un ejercicio de predicción para los departamentos hondureños en relación al

[8] Esta variable, de sumo interés en análisis como el que estamos realizando, si existe para el año 2000. Sin embargo, toda vez que el huracán Mitch ocurrió en el año 1998, para conocer la vulnerabilidad *a priori* se necesitan datos referidos a períodos anteriores a 1998.

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://estudiosgeograficos.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

año 2000 (último para el que se cuenta con datos). E incluso se podrían clasificar los distintos municipios entre más y menos vulnerables a partir del modelo especificado en el presente trabajo.

Por tanto, el interés del análisis discriminante en este tipo de trabajos es alto, pues provee de una herramienta estadística para diferenciar entre zonas más vulnerables ante catástrofes naturales y zonas menos vulnerables. Y este interés se redobla teniendo en cuenta que el propio análisis discriminante proporciona una idea de las características que convierten en más o menos vulnerable a un departamento, pues establece que un departamento estará en uno u otro grupo en función de los valores que tomen las variables clasificadoras, es decir, de los valores que tomen las distintas características socio-económicas que consideradas como determinantes de la vulnerabilidad. Además, el análisis discriminante facilita un orden del poder de discriminación, es decir, establece una jerarquía de las variables que más fuerza tienen en que el departamento caiga en un determinado grupo, o lo que es lo mismo, cual es la variable que más influye en que la zona en cuestión sea vulnerable.

Una vez repasados algunos conceptos sobre el análisis discriminante, veamos los resultados del modelo planteado en (5).

CUADRO 1

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

Estadísticos de grupo

			N válido (según lista)		
	Vuldinc	**Media**	**Desv. típ.**	**No ponderados**	**Ponderados**
V. alta	Tasa desnutrición 97	50.9760	10.9182	5	5.000
	Tasa alfabetismo 96	57.7000	10.6913	5	5.000
	PIB (PPS 96)	1832.2100	96.8587	5	5.000
V. baja	Tasa desnutrición 97	42.9036	12.9703	11	11.000
	Tasa alfabetismo 96	69.1236	8.4857	11	11.000
	PIB (PPA 96)	2008.5636	246.3975	11	11.000
Total	Tasa desnutrición 97	45.4262	12.6045	16	16.000
	Tasa alfabetismo 96	65.5538	10.4112	16	16.000
	PIB (PPA 96)	1953.4531	223.8380	16	16.000

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://estudiosgeograficos.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

El cuadro 1 recoge la información sobre los estadísticos de cada grupo y está en consonancia con lo esperado. La media de la tasa de desnutrición es más alta en el grupo de departamentos de vulnerabilidad alta, mientras que, por su parte, la tasa de alfabetización es más alta en los departamentos de vulnerabilidad baja. Para validar el modelo desde el punto de vista estadístico se utiliza el contraste de igualdad de medias, ver cuadro 2. Como se puede observar, en este caso se aceptaría también la hipótesis nula de igualdad de medias al 5% de significación, pero se rechazaría al 10%. A ese nivel de significación, las variables discriminan conjuntamente, y es posible proseguir con el análisis. Los coeficientes de las funciones discriminantes de Fisher permiten establecer la funciones discriminantes que quedan del siguiente modo [9]:

V. alta = 1.843* Tasa DESN + 2.630* Tasa ALFB – 123.553
V. baja = 1.909* Tasa DESN + 2.835* Tasa ALFB – 139.627

CUADRO 2

CONTRASTE DE IGUALDAD DE MEDIAS

Autovalores

Función	Autovalor	% de varianza	% acumulado	Correlación canónica
1	0,445[a]	100,0	100,0	0,555

[a] Se ha empleado las primeras funciones discriminantes canónicas en el análisis.

Una pregunta que puede ser interesante es la que se refiere a cuál de las dos variables que integran el modelo tiene un mayor poder discriminante. La respuesta a esta pregunta no es baladí, pues es tanto como destacar cuál de las dos variables, la tasa de alfabetización o la tasa de desnutrición, tiene una mayor importancia a la hora de determinar la vulnerabilidad de la zona. En el cuadro 3 se plantea este problema:

[9] Se debe recordar que hay varias formas de mostrar la función discriminante. Según la que aquí se utiliza, cada elemento se asignará al grupo para el que su puntuación discriminante sea mayor.

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://estudiosgeograficos.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

CUADRO 3

CAPACIDAD DISCRIMINANTE DE LAS VARIABLES

Matriz de estructura	
	Función 1
Tasa alfabetismo 96	0,925
Tasa desnutrición 97	–0,483

Correlaciones intra-grupo combinadas entre las variables discriminantes y las funciones discriminantes canónicas tipificadas.
Variables ordenadas por el tamaño de la correlación con la función.

Este cuadro muestra las correlaciones entre cada una de las variables y la función discriminante. Como era de esperar, el signo de las mismas es diferente para cada una de las variables, como lo es el sentido en el que éstas actúan. Pero lo más interesante de este resultado es que la variable que muestra una mayor correlación en términos absolutos [10] con la función discriminante es la tasa de alfabetización. Esto es, de

CUADRO 4

RESULTADOS DE LA CLASIFICACIÓN DE LOS DEPARTAMENTOS

Resultados de la clasificación [a]					
			Grupo de pertenencia pronosticado		
		Vulndic	**V. alta**	**V. baja**	**Total**
Original	Recuento	V. alta	4	1	5
		V. baja	2	9	11
	%	V. alta	80,0	20,0	100,0
		V. baja	18,2	81,8	100,0

[a] Clasificados correctamente el 81,3% de los casos agrupados originales.

[10] En este caso, las correlaciones han de ser analizadas en valor absoluto, pues lo que interesa es cuál variable discrimina más, no el sentido en el que lo hace, que, como se ha visto, es el esperado.

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://estudiosgeograficos.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

acuerdo con el modelo, la tasa de alfabetización es la variable que más influencia ejerce sobre la vulnerabilidad mostrada por cada uno de los departamentos. La explicación a este resultado ya había sido apuntada arriba. Ante una catástrofe como la ocurrida en Centroamérica con el paso de huracán Mitch, la comunidad internacional se movilizó, desplazando rápidamente recursos a las zonas afectadas, por lo que la desnutrición no fue el mayor problema para responder al desastre. Las poblaciones, por decirlo de un modo poco riguroso, no hubieron de demostrar un aguante excesivo, pues la ayuda llegó rápidamente. Sin embargo, en los primeros momentos de una catástrofe de este tipo, es fundamental entender lo que está pasando y cuáles son las recomendaciones hechas por las autoridades. De ahí que una mayor tasa de alfabetización reduzca la vulnerabilidad, pues ayuda a que se den las condiciones que se acaban de describir, a lo que se añade las externalidades positivas que las personas alfabetizadas producen.

Ahora bien, es evidente que se debe analizar la bondad del modelo, es decir, se debe comprobar si clasifica correctamente muchos casos, porque de lo contrario, como es lógico, no serviría de mucho. Los resultados sobre este punto son los siguientes:

Como se puede apreciar en el cuadro 4, el 81.35 de los casos son clasificados correctamente, o lo que es lo mismo, 13 de los 16 departamentos son situados según el modelo en el grupo correcto. De los tres que se clasifican incorrectamente, dos tienen una vulnerabilidad baja y son clasificados en el grupo de vulnerabilidad alta, mientras que existe uno al que se le pronostica una vulnerabilidad baja, cuando en realidad su vulnerabilidad es alta. Un análisis más detallado de los tres departamentos mal clasificados puede resultar de sumo interés.

El problema es que, en algunas zonas, la variable con la que se estima la fuerza del huracán Mitch no es correcta, es decir, no recoge toda la influencia. El caso de Comayagua y Copán es representativo. Mientras que en Comayagua el número de población primaria b afectada es del 0.58% de la población y el número de muertos es de 395 (sobre 348.082 habitantes), en Copán la población primaria b afectada es del 0.6% con 17 muertos sobre una población de 306.906 habitantes. Ahora bien, los datos parecen estar en contradicción con la teoría de la vulnerabilidad, pues la tasa de desnutrición es más baja en Comayagua, donde también es más alta la tasa de alfabetización (44.46 y 72.73 por 58.52 y 54.11). Sin

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://estudiosgeograficos.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

CUADRO 5

DEPARTAMENTOS CLASIFICADOS SEGÚN VULNERABILIDAD

Departamento	**Vulnerabilidad (grupo original)**	**Grupo pronosticado**
Atlántida	2 (vulnerabilidad baja)	2 (vulnerabilidad baja)
Colón	2 (vulnerabilidad baja)	2 (vulnerabilidad baja)
Comayagua	1 (vulnerabilidad alta)	2 (vulnerabilidad baja)
Copán	2 (vulnerabilidad baja)	1 (vulnerabilidad alta)
Cortés	2 (vulnerabilidad baja)	2 (vulnerabilidad baja)
Choluteca	2 (vulnerabilidad baja)	2 (vulnerabilidad baja)
El Paraíso	2 (vulnerabilidad baja)	1 (vulnerabilidad alta)
Francisco Morazán	2 (vulnerabilidad baja)	2 (vulnerabilidad baja)
Intibucá	2 (vulnerabilidad baja)	2 (vulnerabilidad baja)
La Paz	2 (vulnerabilidad baja)	2 (vulnerabilidad baja)
Lempira	1 (vulnerabilidad alta)	1 (vulnerabilidad alta)
Ocotepeque	1 (vulnerabilidad alta)	1 (vulnerabilidad alta)
Olancho	1 (vulnerabilidad alta)	1 (vulnerabilidad alta)
Santa Bárbara	1 (vulnerabilidad alta)	1 (vulnerabilidad alta)
Valle	2 (vulnerabilidad baja)	2 (vulnerabilidad baja)
Yoro	2 (vulnerabilidad baja)	2 (vulnerabilidad baja)

embargo, esto que parece una contradicción no lo es. ¿Cuál es el problema? La renta per cápita en Comayagua está más de un 10% por encima de la de Copán, y si miramos los datos del PNUD para el año 2000 (que, a falta de los de 1998 sirven como aproximación) es visible que la proporción de viviendas de ladrillo es mayor en Comayagua, mientras que existen menos viviendas de adobe. Por lo tanto, ante una misma intensidad del huracán Mitch los afectados y refugiados en albergues en Comayagua serán menos que en Copán, o lo que es lo mismo, si el porcentaje de afectados es aproximadamente igual la violencia del Mitch ha de haber sido mucho mayor en Comayagua, lo que explica el mayor número de muertos. Los datos de infraestructuras dañadas, como por ejemplo aulas sustentan esta idea, pues mientras que existen un 43 % más de escuelas en Comayagua, hubo un 268% más de escuelas dañadas. En este sentido, el departamento de El Paraíso muestra unos resultado similares. El análisis discriminante lo clasifica mal, pero, sin embargo, existe un justificación similar a la de Copán y Comayagua. Existe un alto

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://estudiosgeograficos.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

porcentaje de afectados, por lo que la variable fuerza del Mitch es bastante alta en términos relativos. Sin embargo, el alto número de casas de adobe explica que el número de afectados es elevado por dos variables, por la fuerza del huracán Mitch y por el material del que están construidas las viviendas, por lo que la violencia del Mitch no es tan alta como en un principio podría pensarse. Cabe destacar que si no se corrige este efecto es por la ausencia de datos de la calidad de las viviendas para el año 1997 o para el año 1998.

Por lo tanto, el modelo clasifica correctamente la mayoría de los casos, y para aquellos en los que se equivoca existe una explicación más que razonable. Por todo esto, el modelo simplificado (ecuación 5) parece ser muy razonable y recomendable, a pesar de estar lejos de la especificación ideal que originalmente se establecían (ecuación 4). No obstante, y a pesar que el porcentaje de casos bien clasificados es elevado, es conveniente decir que se ganaría mucha riqueza en la explicación de contar con los datos necesarios, por lo que el esfuerzo en la mejora de la calidad y la cantidad de las estadísticas en los países en vías de desarrollo redundará sin dudas en una mejor calidad de los análisis sobre las situaciones por las que pasen los mismos.

Hasta aquí queda expuesto el modelo. Como se ha apuntado a lo largo del trabajo, el análisis discriminante permite realizar predicciones, por lo que se pasa a hacerlas en el siguiente punto.

UNA PREDICCIÓN DE LA VULNERABILIDAD EN LOS DEPARTAMENTOS HONDUREÑOS

Así pues, se ha construido un modelo que discrimina entre dos grupos en función del grado de vulnerabilidad de los distintos departamentos hondureños. Para elaborar este modelo, el fundamento han sido las consecuencias del huracán Mitch, es decir, en cómo afectó a las distintas zonas. Pero, ¿cuáles son en la actualidad los departamentos más vulnerables de Honduras? Responder a esta pregunta es el objetivo de este punto. Pero antes, puede ser muy interesante hacer algunas aclaraciones sobre el funcionamiento de la técnica estadística que se utiliza.

El análisis discriminante se basa en establecer dos o más categorías (dos en este caso) para la variable dependiente o de clasificación, y

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://estudiosgeograficos.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

asignar cada uno de los casos a un solo grupo, en función de los valores que para ese caso tomen las variables independientes o clasificadoras. Para ello se construyen las funciones discriminantes a partir de combinaciones lineales sobre esas variables que tienen como restricción, como es lógico, minimizar las distancias intra-grupos y maximizar las distancias entre casos de distintos grupos. Se busca construir estos grupos de forma que sus componentes sean lo más homogéneos posibles, siendo lo más heterogéneos posibles con respecto a los otros grupos. En otras palabras, lo que se busca es destacar las igualdades para estar en el mismo grupo y las diferencias para estar en distintos grupos. A partir de este criterio se construye (para el caso de dos grupos, como es el que nos ocupa) una función, que discrimina entre los dos grupos según el signo que tome con los valores de cada caso. Dicho de otra manera, se cuenta con dos funciones, una para cada grupo. En este caso, se clasifica al individuo atendiendo a la función para la que toma el mayor valor. Esto ha de ser ya familiar al lector, pues se han visto más arriba dos funciones (V. alta y V. baja), que, efectivamente, son las dos funciones de los grupos de vulnerabilidad alta y vulnerabilidad baja. Pues bien, para un departamento dado, si la función de vulnerabilidad alta toma un mayor valor, es en este grupo en el que se clasifica. En caso contrario, se clasifica en el grupo de vulnerabilidad baja.

Los dos métodos mencionados son combinación lineal, es decir, los resultados son los mismos utilizando cualquiera de ellos. Por lo tanto, si se utiliza el método de las dos funciones discriminantes, no sólo es relevante cuál de las ellas es mayor, sino cuánto mayor es. Esta discusión quedará plenamente justificada en breve.

En este caso los resultados del modelo son los siguientes. Los datos correspondientes a la tasa de alfabetización y tasa de desnutrición correspondientes a los departamentos hondureños[11] que ofrece el informe del PNUD del año 2000 son los siguientes:

[11] No hay datos relativos a los dos departamentos excluidos en la formulación del modelo, esto es, Gracias a Dios e Islas de la Bahía.

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://estudiosgeograficos.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

CUADRO 6

VARIABLES CLASIFICATORIAS EN CADA DEPARTAMENTO

Departamento	Tasa de alfabetización	Tasa de desnutrición
Atlántida	84,6	33,2
Colón	79,6	32,2
Comayagua	78,9	44,5
Copán	68,4	58,5
Cortés	89,5	31,6
Choluteca	75,6	39,8
El Paraíso	76,1	43,3
Francisco Morazán	90,3	29,0
Intibucá	73,5	67,1
La Paz	80,7	59,5
Lempira	67,5	67,2
Ocotepeque	72,2	50,3
Olancho	81,4	38,4
Santa Bárbara	66,6	54,6
Valle	70,4	37,0
Yoro	82,5	40,8

Las funciones discriminantes para los dos grupos eran:

V. alta = 1.843* Tasa DESN + 2.630* Tasa ALFB – 123.553
V. baja = 1.909* Tasa DESN + 2.835* Tasa ALFB – 139.627

Lo primero que destaca es que la diferencia, en todos los casos, es positiva, o lo que es lo mismo, en todos los departamentos la función del grupo de vulnerabilidad baja es mayor. Es decir, según el modelo en el año 2000 todos los departamentos son de vulnerabilidad baja respecto a la situación anterior al Mitch. ¿Por qué? La respuesta es inmediata. En todos ha aumentado la tasa de alfabetización lo suficiente como para hacer que la vulnerabilidad descienda.

Sin embargo, este hecho en absoluto invalida el modelo como elemento explicativo y predictor. Como ya se ha apuntado, no sólo es importante el signo de la diferencia de las dos funciones, sino también la cuantía de dicha diferencia. Por lo tanto, se puede inferir cuáles son los

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://estudiosgeograficos.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

departamentos más vulnerables examinando dicha diferencia. Como se puede ver, destacan cuatro departamentos, en los que la diferencia es menor que 2 y que son los más vulnerables de Honduras de acuerdo con el modelo para el año 2000. Estos departamentos son: Valle, Santa Bárbara, Copán y Ocotepeque. Destaca que de estos cuatro departamentos, dos eran de vulnerabilidad baja cuando sucedió el Mitch (Copán y Valle), mientras que otros dos eran del grupo que mostraba una mayor vulnerabilidad. ¿Qué ha motivado el cambio de Copán y Valle en el ranking de vulnerabilidad, y el estancamiento de Santa Bárbara y Ocotepeque?

Sustituyendo, se obtienen los siguientes valores:

CUADRO 7

RESULTADOS DE LAS FUNCIONES CLASIFICATORIAS

Departamento	**Valor de la función V. alta**	**Valor de la función V. baja**	**Diferencia: V. baja-V. alta**
Atlántida	160,13	163,59	3,5
Colón	145,13	147,50	2,4
Comayagua	165,97	169,01	3
Copán	164,15	165,96	1,8
Cortés	170,07	174,43	4,4
Choluteca	148,63	150,68	2,1
El Paraíso	156,32	158,70	2,4
Francisco morazán	167,38	171,73	4,4
Intibucá	193,42	196,84	3,4
La Paz	198,35	202,74	4,4
Lempira	177,82	180,02	2,2
Ocotepeque	159,04	161,08	2
Olancho	161,30	164,45	3,1
Santa Bárbara	152,23	153,42	1,2
Valle	129,79	130,59	0,8
Yoro	168,62	172,15	3,5

En primer lugar, cabe destacar el caso de Copán. Como ya vimos, era uno de los elementos que el modelo clasificaba mal, pues a pesar de tener una vulnerabilidad baja era clasificado en el grupo de alta vulnerabilidad. La explicación ya fue dada. En este caso, es lógica su clasifi-

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://estudiosgeograficos.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

cación, pues muestra una baja tasa de alfabetización en términos relativos, mientras que la tasa de desnutrición es elevada. Para analizar el resto de los casos, puede ser interesante tener delante los datos relativos a los mismos.

CUADRO 8

DEPARTAMENTOS MAL CLASIFICADOS

	Tasa ALFAB. 1996	**Tasa ALFAB. 2000**	**Tasa DESN. 1997**	**Tasa DESN. 2000**
Valle	68,46	70,4	37,04	37,0
Santa Bárbara	47,72	66,6	54,62	54,6
Copán	54,11	68,4	58,52	58,5
Ocotepeque	59,73	72,2	50,26	50,3

Como se observa en el cuadro, la tasa de alfabetización apenas ha aumentado en Valle. En el resto de los departamentos hondureños, el aumento ha sido mucho mayor, por que Valle ha pasado de estar en el grupo de vulnerabilidad baja a ser el departamento más vulnerable de Honduras (recordemos que la variable con más poder de discriminación era, claramente, la tasa de alfabetización).

En cuanto a Santa Bárbara y Ocotepeque, a pesar del encomiable aumento de la tasa de alfabetización, dicho aumento no ha sido suficiente para sacar a estos departamentos del grupo de los más vulnerables del país.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos se pueden considerar, en conjunto, positivos, a pesar de la falta de muchos de los datos necesarios. Se ha llegado a establecer un modelo estadístico que facilita separar los departamentos, y podría usarse igualmente para clasificar los municipios, de Honduras en dos grupos bien diferenciados, aquéllos que presentan una alta vulnerabilidad ante una catástrofe semejante a la del huracán

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://estudiosgeograficos.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

Mitch y, aquéllos otros, que parecen más capaces de resistir sin sufrir tantos daños este fenómeno.

Por otra parte, se ha podido determinar las variables que parecen más influyentes en la vulnerabilidad territorial (siempre referida, en principio, ante un peligro semejante al paso de un huracán): se trata de la tasa de alfabetización de la población y de la tasa de desnutrición.

En bastante grado, el objetivo buscado por este trabajo se ha alcanzado, se ha dado algún paso adelante en definir con más precisión y seguridad las variables influyentes en la vulnerabilidad. En este sentido parece posible, con un poco de cuidado, generalizar algo más estos resultados, por lo tanto sería útil que en los futuros estudios de vulnerabilidad (ante cualquier tipo de catástrofe ya sea natural como tecnológica) la acción de estas dos variables (alfabetización y desnutrición) sea considerada entre las influencias más importantes en este fenómeno.

Finalmente, y, desde un punto de vista práctico, ha sido factible realizar una predicción de la actual vulnerabilidad de los departamentos hondureños, que, dentro de ciertos límites, está bien fundamentada, por lo tanto los organismos dedicados a la prevención de los riesgos naturales podrían emplear estos resultados para una mejor organización de sus esfuerzos.

BIBLIOGRAFÍA

AYALA-CARCEDO, F. J. y OLCINA CANTOS, J. (coordinadores) (2000): *Riesgos naturales*, Barcelona, Ariel, 1512 p.

AZQUETA, D. (1994): *Valoración económica de la calidad ambiental*, Madrid: McGraw-Hill, 1994.

BOSQUE SENDRA, J., DÍAZ MUÑOZ, M. A., GÓMEZ DELGADO, M., RODRÍGUEZ DURÁN, A. E., RODRÍGUEZ ESPINOSA, V. (2000): «Sistemas de información geográfica y Cartografía de riesgos tecnológicos. El caso de las instalaciones para la gestión de residuos en Madrid», en *Industria y medio ambiente*. Publicaciones de la Universidad de Alicante, Alicante, 2000. pp. 315-326.

CALVO GARCÍA-TORNEL, F. (2001): *Sociedades y territorios en riesgo*, Barcelona, Ediciones del Serbal, 186 p.

CEPAL: Naciones Unidas. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (1999): *Honduras: evaluación de los daños ocasionados por el huracán Mitch, 1998. Sus implicaciones para el desarrollo económico y social y el medio ambiente*. México. CEPAL.

JIMÉNEZ MORENO, J. y LAÍN HUERTA, L. (2000): «Gestión de riesgos naturales mediante Sistemas de información geográfica en Centroamérica», *Mitigación de desastres naturales en Centroamérica*, Madrid, ITGE.

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://estudiosgeograficos.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

LAÍN HUERTA, L (editor) (2000): *Mitigación de desastres naturales en Centroamérica*, Madrid, ITGE.
LOWRY, J. H.; MILLER, H. J. y HEPNER, G. F. (1995): «A GIS-based sensitiviy analysis of community vulnerability to hazardous contaminants on the Mexico/US border», en *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 61, n.º 11, pp. 1347-1359.
PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO. PNUD (1998): *Informe sobre Desarrollo Humano Honduras*. Tegucigalpa, PNUD.
—— PNUD (1999): *Informe sobre Desarrollo Humano Honduras*, Tegucigalpa, PNUD.
—— PNUD (2000): *Informe sobre Desarrollo Humano Honduras*, Tegucigalpa, PNUD.
URIEL JIMÉNEZ, E. (1995): *Análisis de datos: Series temporales y Análisis Multivariante*, Madrid, Editorial AC.

RESUMEN: Cuando sucede alguna catástrofe humanitaria de cualquier tipo siempre surge, o al menos debería hacerlo, una pregunta: ¿se podría haber evitado?, e inmediatamente aparecen otras, ¿en cualquier caso, se podrían haber atenuado sus consecuencias?, ¿habría causado los mismos daños en una zona desarrollada? Relacionado con estas preguntas aparece el concepto de vulnerabilidad, como una aproximación al efecto de una misma catástrofe sobre poblaciones y territorios con diferentes características. En este trabajo se desarrolla una metodología para medir dicho concepto de vulnerabilidad y se aplica al caso del huracán Mitch en Honduras.

PALABRAS CLAVE: Vulnerabilidad, Catástrofe Natural, Análisis Discriminante, Huracán Mitch.

ABSTRACT: When some kind of humanitarian disaster happens, one question comes to our mind. Would it have been possible to avoid the disaster? Other questions also seem reasonable: would it have been possible lighten the consequences?, would the disaster have been so destructive in a developed zone? The vulnerability concept arises related to these questions, as an approach of a disaster effects on populations and territories with different characteristics. Along this work, we develop a methodology to measure the vulnerability concept. This methodology is applied to the Mitch hurricane in Honduras case.

KEY WORDS: Vulnerability, Natural Disaster, Discriminant Analysis, Mitch Hurricane.

RESUMÉ: Quand un certain genre de désastre humanitaire se produit, une question vient à notre esprit. Il aurait été possible d'éviter le désastre? D'autres questions semblent également raisonnables : il aurait été possible éclairent les conséquences?, le désastre aurait été si destructif dans une zone développée? Le concept de vulnérabilité surgit connexe à ces questions, comme approche des effets d'un désastre sur des populations et des terrritoires avec différentes caractéristiques. Le long de ce travail, nous développons une méthodologie pour mesurer le concept de vulnérabilité. Cette méthodologie est appliquée à l'ouragan de Mitch dans le cas du Honduras.

MOTS CLÉS: Vulnérabilité, Désastre Naturelle, Analyse Discriminante, Ouragan Mitch.

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas http://estudiosgeograficos.revistas.csic.es
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)