

La Teoría de Catástrofes y la Geografía: aplicaciones en Climatología

JAVIER MARTÍN VIDE

Palabras clave: *accidente de tráfico; catástrofe en cúspide; Climatología; efecto de «disparo»; Sahel; sequía; Teoría de Catástrofes; visibilidad*

Key words: *car accident; Catastrophe Theory; Climatology; cusp catastrophe; drought; «release» effect; Sahel; visibility*

Cuando se han cumplido veinte años de la aparición de la obra *Stabilité structurelle et morphogénèse* del matemático francés René Thom (THOM, 1972) y han transcurrido tres décadas desde que él y Christopher Zeeman establecieron los fundamentos de la llamada Teoría de Catástrofes, el nulo eco escrito en la Geografía española durante este tiempo merece alguna reflexión, más como desagravio que como justificación. Con esa excusa, que bien podría argumentarse con el mismo propósito en otros países, el presente artículo tiene por objeto: a) resumir algunas de las cualidades y potencialidades de la Teoría de Catástrofes y b) presentar varias aplicaciones originales de esta teoría en Climatología.

El lector puede beber en las fuentes de la Teoría de Catástrofes en las obras de THOM (1972), ya citada, y de ZEEMAN (1972-77). Puede adquirir un más que suficiente nivel en la buena obra, traducida al castellano, de SAUNDERS (1983) o puede disfrutar, sin que formalismo matemático alguno le obligue a una reflexión de fundamentos, con los sugerentes ejemplos del librito de WOODCOCK y DAVIS (1986). En el campo geográfico se encuentran algunas aplicaciones a lo largo de los últimos tres lustros en el mundo anglosajón, preferentemente, casi desconocidas en España (WAGSTAFF, 1978; BAKER, 1979; CASETTI, 1981; MACLACHLAN, 1981; VINING, 1982, etc).

1. CUALIDADES Y CAPACIDADES DE LA TEORÍA DE CATÁSTROFES.

Aunque la adscripción de la Teoría de Catástrofes a las ciencias matemáticas es inquestionable -su estructura y su desarrollo, y hasta su misma paternidad son puramente

matemáticos-, la riqueza conceptual y la diversidad del abanico de aplicaciones que sugiere la convierten en una teoría científica «general», utilizable en muy diversos campos del saber, incluido el de la Geografía. Incluso ya en sus orígenes la Teoría de Catástrofes se inspira en ciertos fenómenos del comportamiento animal, propios de la Etología, o, con más generalidad, de la Biología.

La Teoría de Catástrofes es, en principio, una teoría matemática, pero no cuantitativa, sino cualitativa, lo que causa extrañeza en quienes aún no han deslindado los campos semánticos de lo matemático y lo cuantitativo. En concreto, es una teoría topológica, por tanto, de una Geometría sin magnitud, sin distancias mensurables, sin escalas. Una Geometría de formas, pero no de tamaños. Pero más aún, de formas equivalentes mediante deformación, donde, por ejemplo, un cubo es igual topológicamente a una esfera y a cualquier otro cuerpo tridimensional sin agujeros que lo perforan. En consecuencia, la Teoría de Catástrofes, por su naturaleza topológica, no suministra descripciones y predicciones cuantitativas, como las que proveen las teorías construidas en el cálculo matemático. Más de una vez se ha puesto el símil de que las descripciones y predicciones de la Teoría de Catástrofes son como mapas sin escalas, donde podemos conocer que hay una montaña a la izquierda y un río a la derecha, pero no hay indicación alguna de a qué distancia se encuentran, ni cuán grandes son. Por ello, cualquier lector, y más si es geógrafo, no dudará de que tales resultados, no cuantitativos, presentan una evidente limitación. Sin embargo, no por eso dejan de tener un gran interés.

En efecto, la Teoría de Catástrofes es capaz de poner en evidencia caracteres cualitativos similares en procesos con causas y comportamiento muy diferentes y a escalas distintas. La Teoría puede reconocer similitudes cualitativas en procesos que siguen leyes cuantitativas diferentes, clasificándolas en unos pocos modelos. Modelos topológicos, que pueden presentarse, en los casos más sencillos, mediante representaciones gráficas -sin escalas, como se ha dicho- que facilitan su lectura e interpretación. La Teoría de Catástrofes permite, de esta manera, una aproximación no matemática, intuitiva, pero no por ello carente de utilidad, y, obviamente, sugestiva.

La Teoría de Catástrofes contraponen a su nula capacidad de cálculo y de predicción cuantitativa, la ventaja de poder analizar procesos cuantitativos muy complejos gracias a que reconoce los rasgos cualitativos permanentes en ellos. Se basa en una propiedad denominada estabilidad estructural o cualitativa, que queda a salvo en cualquier experimento de un mismo proceso, en el que los resultados cuantitativos siempre difieren algo, porque las condiciones iniciales y experimentales no pueden repetirse con entera exactitud. Además de ello, la citada aproximación gráfica e intuitiva, aunque detrás de ella esté la Topología diferencial, dan a la Teoría de Catástrofes una ventaja muy estimada en campos tradicionalmente poco permeables a la Matemática.

La Teoría de Catástrofes estudia singularidades, es decir, las propiedades de las discontinuidades y las bifurcaciones, en cualquier proceso. Una «catástrofe» -término que Thom utiliza en un sentido muy lato- es cualquier transición discontinua en un sistema que puede tener más de un estado estable. La catástrofe es, precisamente, el «salto» de un estado al otro. La teoría homónima evidencia que efectos discontinuos, con salto o catastróficos, no tienen por qué tener causas discontinuas. O, recíprocamente, procesos «lineales» o continuos pueden desembocar en respuestas discontinuas. Consiguientemente, aunque es mucho más rica en aplicaciones que las que estrictamente parece sugerir su denominación, la Teoría de Catástrofes es aplicable a lo que en lenguaje común se entiende por catástrofes y, entre ellas, a las catástrofes naturales. Un ejemplo de fácil comprensión es el de los movimientos sísmicos, en los que la acción de las fuerzas geológicas, como proceso continuo, cuasilineal, desemboca en un efecto discontinuo, sobrepasada una determinada tensión acumulada. Igualmente, el estiramiento de una goma elástica acaba con su rotura si se supera el límite de elasticidad del material, aunque su alargamiento haya sido lineal y continuo.

Es conveniente recalcar, de todos modos, que el término catástrofe de la teoría de Thom puede aplicarse a muchos procesos que, mostrando una respuesta discontinua, no

comportan efectos catastróficos en sentido estricto. Geográficamente, una frontera político-administrativa podría considerarse una catástrofe, por la discontinuidad que produce en el espacio, comportando un cambio de régimen administrativo, eventualmente de lengua, moneda, etc., y ello de una manera brusca, sin gradación espacial.

Avanzando en la Teoría de Catástrofes, hay 7 catástrofes elementales, que son los modelos más simples de que se produzca una transición discontinua. Sus denominaciones, con explícitas referencias a formas, son: en pliegue, en cúspide, en cola de milano, en mariposa, umbílica hiperbólica, umbílica elíptica y umbílica parabólica. La catástrofe en pliegue es el modelo de discontinuidad de los sistemas que sólo dependen de un factor de control. Por tanto, un factor de control, expresado a lo largo de un eje, y otro eje de conducta permiten una representación bidimensional. La catástrofe en cúspide corresponde a los sistemas cuyo comportamiento depende de dos factores de control. Será, así, con el eje de conducta, tridimensional; su gráfico es una superficie curva con un doblez. La catástrofe en cola de milano puede servir como modelo en sistemas gobernados por tres factores de control. Es, al añadir el eje de conducta, tetradimensional, por lo que sólo es posible su representación gráfica mediante secciones. La catástrofe en mariposa tiene cuatro factores de control; es, de esta manera, pentadimensional, y sólo dibujable en proyecciones a dimensiones menores o iguales a 3. Las catástrofes umbílicas tienen dos ejes de conducta, con tres factores de control en el caso de la hiperbólica y de la elíptica, por lo que se trata de estructuras pentadimensionales, y con cuatro en la parabólica, por lo que es hexadimensional, admitiendo gráficamente sólo complejas proyecciones en dimensiones menores.

Las catástrofes citadas son los únicos modos o modelos de cambio discontinuo en sistemas gobernados por a lo sumo cuatro factores distintos, mientras que los modos de cambio continuo en ellos son infinitos. De esta manera, la Teoría de Catástrofes, o, si se quiere, de Catástrofes elementales, nos asegura que en cualquier sistema, sea físico, biológico, sociológico, geográfico, etc., en que se dé una discontinuidad, ésta sólo tiene 7 formas diferentes de producirse, independientemente de la naturaleza del sistema, del tipo de los factores de control, de las relaciones cuantitativas entre ellos, del comportamiento, etc. Se apreciará, en consecuencia, el interés de estos modelos «universales» del cambio discontinuo.

La Teoría de Catástrofes es, como corolario de todo lo anterior y siguiendo los comentarios explícitos de su padre, un método y no una teoría científica (THOM, 1972). Un método que ofrece la posibilidad de clasificar y sistematizar un amplísimo y diverso abanico de datos empíricos. La Teoría de Catástrofes es como un lenguaje que permite describir procesos de campos científicos muy diferentes; se convierte, así, en un lenguaje común a muchas ramas de la ciencia.

2. EL MODELO DE LA CATÁSTROFE EN CÚSPIDE.

La catástrofe en cúspide puede darse en aquellos sistemas cuyo comportamiento depende de dos factores de control. Es posible visualizarlo mediante un gráfico en tres dimensiones como el de la figura 1, que es una superficie no plana con un doblez o pliegue. En ella, los factores de control se disponen como un sistema de ejes no necesariamente cartesianos, sin escalas, pero con una dirección definida de aumento -que puede ser cualquiera-, concretada por el sentido de la flecha establecida. Así, el factor de control 2 aumenta, en el caso de la figura 1, de izquierda a derecha. El comportamiento, conducta o respuesta del sistema ante los referidos dos factores se expresa en un eje aproximadamente perpendicular al plano de los factores de control, igualmente sin escala y con una dirección definida. Dispuesto el gráfico de esta manera, cada punto de la superficie, conseguido mediante los correspondientes valores de los factores de control, supone un estado

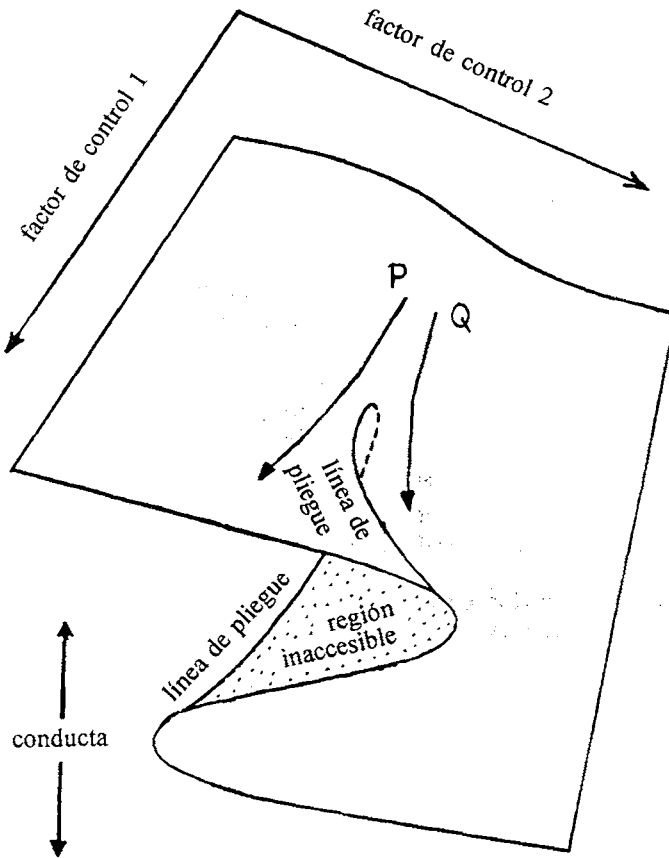


Figura 1: Representación de la catástrofe en cúspide.

de equilibrio en el sistema, asociado con un cierto valor en su eje de comportamiento. Obsérvese, sin embargo, que para algunos valores de los factores de control hay dos estados posibles, uno en la superficie superior del doblez y otro en la inferior, bajo el primero. Está claro, entonces, que para esos valores de los factores de control la conducta del sistema es bimodal, ya que permite dos estados estables. Finalmente, los puntos de la cara interior del doblez son considerados inestables o inalcanzables y los que conforman la línea de pliegue, semiestables.

Los cambios de valor de uno o los dos factores de control suponen desplazamientos sobre la superficie con el doblez. Así, supóngase los puntos P y Q de la figura 1, que corresponden a estados del sistema, o sistemas, con el mismo valor del factor de control 1, pero con valores un poco distintos del factor de control 2. La conducta es sólo ligeramente diferente; el punto P está situado algo más alto que el Q. Incrementése, ahora, en ambos casos el valor del factor de control 1, sin modificar los valores iniciales del otro fac-

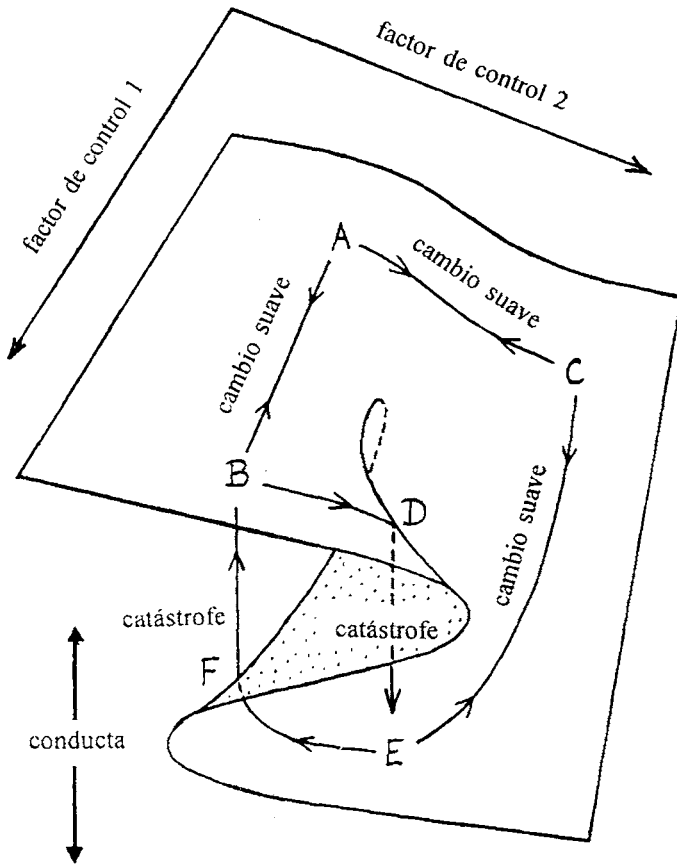


Figura 2: Representación de la catástrofe en cúspide, mostrando distintos comportamientos del sistema.

tor. Se darán dos trayectorias cuasiparalelas, con orígenes en P y Q, en la dirección de aumento del factor de control 1. Las conductas asociadas seguirán sin diferir apreciablemente entre sí, a menos de que las trayectorias queden separadas por la línea de pliegue, desembocando, de esa manera, una en la superficie superior del doblez y la otra en la inferior. En este caso, el segundo sistema sí que, disminuyendo su «altura» sobre la superficie, habrá cambiado su comportamiento apreciablemente. En resumen, la conducta de los sistemas diverge, a pesar de haber partido de condiciones similares. No obstante, el cambio comportamental del segundo sistema, aun variando sustancialmente, no ha sido brusco, sino gradual: no ha habido catástrofe. ¿Cuándo ocurre ésta?

Se produce una catástrofe cuando tras un cambio suave, por aumento continuado del valor del factor de control 1, por ejemplo, como el que representa en la figura 2 la trayectoria AB, aumenta el valor del factor de control 2, pasándose de B a D. Entonces un pequeño incremento del factor 2 obliga al salto, a la caída al punto E. Tal discontinuidad o

transición brusca es la catástrofe; la conducta se modifica notoriamente de un modo repentino. De la misma manera, se produce una catástrofe cuando, alcanzado el punto F, que está en la parte de la superficie bajo el doblez, disminuye el valor del factor de control 2. Se da también un salto, o catástrofe, a la parte superior. El ciclo BDEFB recibe el nombre de histéresis, representando un ciclo de conducta compuesto por dos cambios suaves enlazados por dos catástrofes o cambios bruscos.

Nótese, siguiendo con el mismo ejemplo de la figura 2, que se puede alcanzar el punto E mediante cambios suaves, por ejemplo, los denotados por la trayectoria ACE, o catastróficos, la ABDE. De inmediato, la topología de este modelo de la catástrofe en cúspide nos sugiere situaciones en la realidad a las que se puede llegar por vías muy distintas: unas «pacíficas», otras catastróficas. El modelo nos anuncia, asimismo, la posibilidad de comportamientos divergentes, aun partiendo de situaciones muy próximas entre sí. Todo esto dará pie a presentar, en el apartado siguiente, algunas aplicaciones del modelo descrito en una de las ramas de la Geografía, la Climatología.

Finalmente, es fácil definir, con un mínimo de formalización matemática, la catástrofe en cúspide, llamada también singularidad de Riemann-Hugoniot (el lector no familiarizado con el lenguaje matemático puede elidir, sin problemas de comprensión posterior, las líneas siguientes). Designando por u y v los ejes de los factores de control y por x el eje de conducta, se parte de un potencial del tipo:

$$V(x) = X^4/4 + ux^2/2 + vx \text{ ó, más simplemente, } V(x) = x^4 + ux^2 + vx$$

La superficie de equilibrio tendrá por ecuación:

$$x^3 + ux + v = 0 \quad \text{o} \quad 4x^3 + 2ux + v = 0$$

que no son más que las derivadas de las anteriores expresiones. Derivando de nuevo éstas se obtiene el llamado conjunto de singularidades:

$$3x^2 + u = 0 \quad \text{ó} \quad 12x^2 + 2u = 0$$

Y, por último, de las anteriores expresiones puede hallarse el llamado conjunto de bifurcación, formado por los puntos a partir de los cuales el sistema diverge:

$$8u^3 + 27v^2 = 0 \text{ (para la segunda forma).}$$

3. ALGUNAS APLICACIONES DE LA TEORÍA DE CATÁSTROFES EN CLIMATOLOGÍA.

Las aplicaciones de la Teoría de Catástrofes en Climatología que se presentan a continuación pueden ilustrar las potencialidades de uno de sus modelos -el de cúspide- en Climatología y Meteorología y sugerir nuevos usos en esa y otras ramas geográficas. Las aplicaciones que se describirán no pretenden, por otra parte, constituir ejemplos acabados y totalmente ortodoxos de la teoría. Su discusión puede generar nuevas reflexiones, seguramente alejadas de la temática propiamente climatológica.

3.1. La grave sequía del Sahel de los años setenta y ochenta.

El Sahel padeció desde finales de la década de los años sesenta hasta la primera mitad de los setenta una marcada anomalía pluviométrica, con totales de precipitación muy

segundo factor de control el nivel de desarrollo socioeconómico relativo de una determinada sociedad o comunidad humana. Los incrementos relativos de los factores de control se representan mediante desplazamientos en los correspondientes ejes, en el sentido que marcan sus flechas. La conducta del sistema constituido por la comunidad humana y el medio atmosférico y natural que la envuelve quedará reflejada mediante los valores relativos de un «riesgo» o fragilidad del sistema, representado en un eje aproximadamente perpendicular a la superficie de equilibrio, con valores crecientes hacia abajo. La región llamada inaccesible aparece punteada. Dispuesto así el modelo, las trayectorias AEG y AFG denotan una variación o cambio suave en el riesgo o fragilidad del sistema hacia un aumento del mismo, mientras que la ABCD representa una catástrofe, por brusco aumento del riesgo al pasar de C a D.

Pues bien, es evidente que la mayor parte de los pueblos sahelianos habían mejorado claramente sus economías, aun dentro de unos niveles precarios, en las décadas anteriores a la grave sequía. Ello fue de buena medida resultado de una sedentarización. Pasaron de unas economías nómadas a otras ligadas a ciertos cultivos o monocultivos. Siguieron, pues, la trayectoria AB. Se produjo entonces la citada anomalía climática y, en concreto, varios años seguidos con precipitaciones muy bajas. Se pasó, por tanto, de B a C, con la consiguiente catástrofe o caída a D. Ello fue así porque aquellas sociedades ya sedentarizadas no pudieron responder a la anomalía hídrica, como lo habían hecho durante siglos, cuando tenían una elevada capacidad de movilidad, acudiendo a las áreas menos perjudicadas por la sequía. Los pueblos sahelianos, muy dependientes de unos cultivos, maltrechos o inexistentes, sufrieron, de ese modo, una catástrofe económica, social y humana.

Siguiendo el modelo de la catástrofe en cúspide se deduce que la anomalía climática comentada probablemente no hubiera producido consecuencias tan nefastas, si los pueblos del Sahel se hubieran encontrado en una fase menos avanzada de su progreso económico, o más armónica con el medio.

Todo ello nos advierte de que no siempre el impacto social de ciertas anomalías climáticas, como puede ser una prolongada sequía, se ve mitigado cuando la sociedad que la padece alcanza un mayor grado de desarrollo económico. En ocasiones, las evidentes mejoras socioeconómicas, labradas en ciertos años consecutivos de normalidad climática o de un óptimo de condiciones, se ven seriamente comprometidas al aparecer años extremos, con unas repercusiones bruscas, que pueden ser catastróficas en las propias sociedades. Con un ejemplo, un país con una agricultura intensiva, a la que se destinan elevados contingentes de agua, y con una población y unos sectores secundario y terciario igualmente necesitados de altos volúmenes hídricos, en razón no sólo de su magnitud, sino también de un alto desarrollo económico, se verá probablemente mucho más castigado por una obligada restricción de agua en tiempo de sequía que otro más atrasado y con menos necesidades hídricas.

3.2. La reducción de la visibilidad y los accidentes de tráfico.

Es bien conocido que entre las condiciones meteorológicas que entorpecen la circulación rodada está la reducción de la visibilidad, sea, en el caso más común, por causa de la niebla. Una visibilidad horizontal limitada a unas decenas de metros dificulta la conducción, obligando a llevar una velocidad lenta, so pena de elevar considerablemente el riesgo de accidente, por colisión con otros vehículos o por salida de la calzada en tramos con curvas. La localización de ciertos tipos de niebla en determinados enclaves topográficos o su presencia en forma de bancos, cuando en sectores próximos la visibilidad es buena, introduce un elemento de imprevisibilidad y urgencia, que aumenta el riesgo de accidente en conducciones poco atentas.

Resulta de notable interés, en previsión de accidentes, estudiar el efecto combinado que tienen la reducción de la visibilidad y la densidad de tráfico en el riesgo de accidente.

Para ello, considérese el modelo de la catástrofe en cúspide con dos factores de control que sean, precisamente, la reducción de la visibilidad y la densidad de tráfico, en la disposición de la figura 4. Y sea el eje de comportamiento el riesgo de accidente, con valores crecientes hacia abajo, o si se quiere, el nivel de seguridad, con valores crecientes hacia arriba. Pues bien, si la reducción de visibilidad se agrava y la densidad de tráfico es pequeña, el riesgo de accidente aumenta, como es obvio, pero de un modo gradual (trayectoria AE). Si la visibilidad no está reducida y la densidad de tráfico se incrementa, el riesgo de accidente no tiene por qué aumentar apreciablemente (trayectoria AB), como se sabe por la experiencia cotidiana (se descartan pequeños alcances, sin ningún tipo de repercusión para la integridad física de los ocupantes de los vehículos). Pero si con una elevada densidad de tráfico la visibilidad se reduce rápidamente, por ejemplo, cuando se entra en un banco de niebla, el riesgo de colisión, por los instintivos frenazos, es muy alto, pudiendo producirse el choque en cadena, la catástrofe (trayectoria BCD). En cambio, si

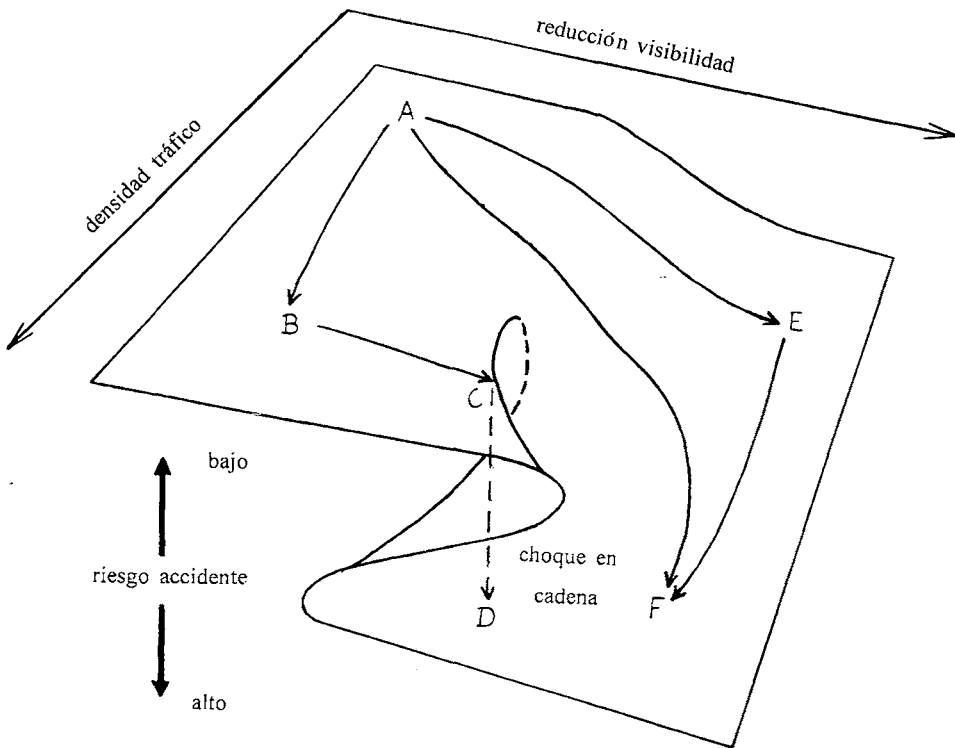


Figura 4: Aplicación de la catástrofe en cúspide a los accidentes de tráfico por reducción de la visibilidad.

con una visibilidad muy reducida aumenta la densidad de tráfico, el riesgo de accidente puede aumentar algo, pero no de un modo brusco (trayectoria EF), dado que los conductores parten de unas condiciones iniciales de alerta por la escasa visibilidad.

En resumen, la seguridad del conductor está muy influida por la aparición del imprevisto, en este caso la niebla. Si este hidrometeoro está presente en el comienzo del viaje y afecta a áreas extensas, no supone ningún imprevisto, sea cual sea la densidad de tráfico, mientras que, si aparece inopinadamente, el riesgo de accidente depende, de un modo muy notorio, de la densidad de tráfico.

3.3. La inestabilidad condicional y el efecto de «disparo».

Un tercer ejemplo, puramente meteorológico en origen, tiene que ver con la inestabilidad atmosférica condicional. Como es sabido, se habla de inestabilidad condicional cuando una partícula de aire, inicialmente no saturada y con tendencia a volver al nivel de partida, comienza a separarse de él una vez ha alcanzado una altitud suficiente por causa de estar entonces afectada por una evolución adiabática húmeda, al haber superado el nivel de condensación. Pues bien, los obstáculos orográficos son, muy frecuentemente, los agentes causantes de que un volumen de aire experimente el ascenso descrito, al forzar su elevación inicial para remontarlos. En consecuencia, la altura del relieve puede ser decisiva en el proceso final, si el gradiente térmico vertical está comprendido entre 0,5 y 1°C/100 m, que es la condición térmica para que pueda desencadenarse la inestabilidad condicional. Cuando, con inestabilidad condicional, la energía desatada es cuantiosa, y el ascenso consiguiente vigoroso, con respecto a la inicial que forzó la elevación, se habla de efecto de «disparo».

A la luz del modelo de la catástrofe en cúspide puede interpretarse el proceso del ascenso vigoroso de un volumen de aire con gradientes térmicos verticales que permitan la inestabilidad condicional. Elíjase como factores de control la altura del obstáculo orográfico y la humedad relativa del aire del suelo y sea el factor de comportamiento la altura del ascenso del aire, con los sentidos de variación indicados en la figura 5. Pues bien, si la humedad relativa del aire junto al suelo es escasa y la altura del obstáculo orográfico se incrementa, el ascenso será modesto, en relación con la altura del relieve, dado que el aire, aun sometido a la elevación forzada, no alcanzará la saturación por ser de partida muy seco y descenderá, tras sobrepasar el obstáculo. La trayectoria AE representa este caso. La trayectoria EF refleja el hecho de que el aire húmedo, a igualdad de condiciones de presión y de temperatura, es algo más liviano que el seco, con lo que puede elevarse más fácilmente que éste. Si ahora se parte de un aire muy húmedo junto al suelo, con un pequeño ascenso alcanzará la saturación y se desencadenará una elevación termodinámica no forzada, que, si es vigorosa y tiene grandes desarrollos nubosos convectivos, manifestaciones tormentosas aparatosas y repercusiones pluviométricas violentas, habrá que calificar de efecto de «disparo» (trayectoria BCD). Es tanta la diferencia en las manifestaciones atmosféricas de las trayectorias AE y BCD, tanta la discontinuidad del comportamiento atmosférico, que el efecto de «disparo», al margen de las consecuencias hídricas a veces dañosas, es una catástrofe en el sentido de la teoría de Thom.

CONCLUSIONES

La Teoría de Catástrofes es una teoría matemática topológica aplicable a muy diversos campos del saber, incluido el geográfico, aunque haya quedado prácticamente inédita en la Geografía española y de otros países.

Bibliografía

- BAKER, A.R.H.(1979): «Settlement pattern evolution and Catastrophe Theory: a comment». *Transact. of the Inst. of British Geogr.*, 4, 3, pp.435-437.
- CASETTI, E.(1981): «A catastrophe model of regional dynamics». *Ann. of the Assoc. of Amer. Geogr.*, 71, 4, pp.572-579.
- MACLACHALAN, I.(1981): «Settlement pattern evolution and Catastrophe Theory: a comment». *Transact. of the Inst. of British Geogr.*, 6, 1, pp.126-128.
- MARTÍN VIDE, J.(1989): «Precipitaciones torrenciales en España». *Norba*, VI-VII, pp.63-79, Cáceres, Universidad de Extremadura.
- SAUNDERS, P.T.(1983): *Una introducción a la teoría de catástrofes*, Madrid, Siglo XXI.
- THOM, R.(1972): *Stabilité structurelle et morphogénèse*, Paris, Ediscience.
- VINING, D.R.(1982): «Commentary. On 'A Catastrophe Model of Regional Dynamics'». *Ann. of the Assoc. of Amer. Geogr.*, 72, 4, pp.554-555.
- WAGSTAFF, J.M.(1978): «A possible interpretation of settlement pattern evolution in terms of 'Catastrophe Theory'». *Transact. of the Inst. of British Geogr.*, 3, 2, p.165.
- WOODCOCK, A. Y DAVIS, M.(1986): *Teoría de las catástrofes*, Madrid, Cátedra.
- ZEEMAN, E.C.(1972-77): *Catastrophe Theory, Selected Paper*, Reading, Benjamin.

Resumé: La Théorie des Catastrophes et la Géographie: applications en Climatologie

Après 20 ans de la publication de l'oeuvre de René Thom *Stabilité structurelle et morphogénèse*, la Théorie des Catastrophes n'a eu pas aucun impact dans la Géographie espagnole. Dans le présent travail on résume quelques potentialités de la Théorie des Catastrophes et sont montrées plusieurs applications en Climatologie.

Abstract: Catastrophe Theory and Geography: applications in Climatology

After 20 years from the publication of René Thom's *Stabilité structurelle et morphogénèse*, Catastrophe Theory have not had any impact in Spanish Geography. In the present paper some of the potentialities of the Catastrophe Theory are summarized and several applications in Climatology are shown.