

## **Estudio ecoestético del paisaje urbano en la zona centro de la ciudad de Macuspana, Tabasco**

*Jesús Antonio García Hernández<sup>1</sup>*

Quizás más que cualquier otro instinto humano, la ciudad refleja la tensión entre la continuidad y la discontinuidad en nuestra existencia social. Simultáneamente la continuidad que contienen las estructuras profundas del pasado simbolizan la longevidad de muchas edificaciones urbanas, carreteras y otras infraestructuras, siendo el escenario para la mayoría de las catástrofes revolucionarias o cataclismos de la historia del hombre, sistematizados por la Teoría de las Catástrofes, de René Thom.

El descubrimiento fundamental de Rene Thom consiste en establecer que existen siete maneras en que cualquier sistema, definido hasta por cuatro variables de estado como máximo, puede pasar de la continuidad a la discontinuidad súbita, al perderse los parámetros de estabilidad que mantienen reversibles las deformaciones, con lo cual la deformación se vuelve permanente y se trasmite a las diferentes partes del sistema. Esto ocurre dentro de un espacio fase, en el cual tanto el funcionamiento como la forma del sistema pueden derivar hacia configuraciones anómalas o incluso monstruosas, o estabilizarse en nuevos comportamientos paradigmáticos.

En el presente trabajo se pretende evaluar el grado de deterioro ecoestético de la Zona Centro de la Ciudad de Macuspana, Tabasco, mediante el análisis directo de la zona en estudio y las apreciaciones de los residentes de la misma, obtenidos a través de la realización de encuestas. Los datos que se obtengan se analizarán desde la teoría matemática de la información de C.E. Shannon y la teoría de la catástrofe.

El matemático francés René Thom, del IHES (Instituto para Estudios Científicos Avanzados) empezó a desarrollar sus estudios sobre la Teoría de las Catástrofes en los años 60, provocando una animada controversia en la comunidad científica. Hay que advertir que, pese al nombre, su alcance es mucho más amplio que el concerniente a las catástrofes naturales o artificiales, encuadrándose como modelo descriptivo y predictor de todo proceso resultante de la bifurcación de un estado de equilibrio en determinadas condiciones. En el sentido de

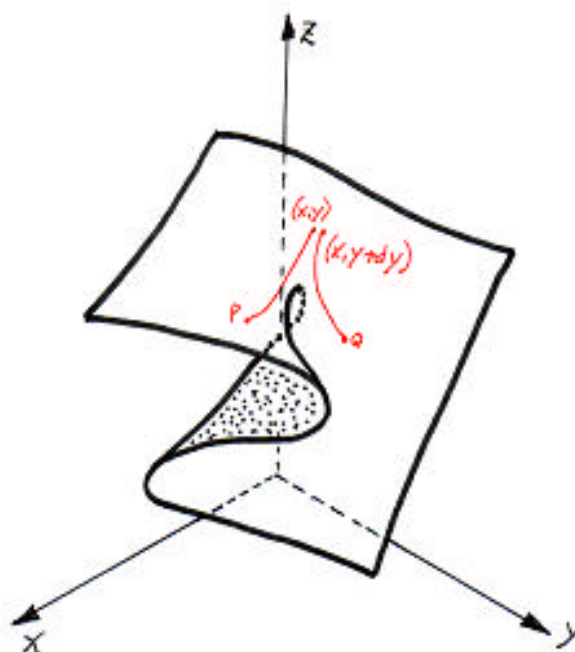
---

<sup>1</sup> SIMEC DEL SURESTE S.A. de C.V., Villahermosa, Tabasco

Thom, la palabra “catástrofe” *expresa un proceso cuya evolución sufre discontinuidades en una o varias zonas.*

La Teoría de las Catástrofes supone el lado opuesto a lo que en Termodinámica se llama “proceso reversible”, es decir, aquel que viene determinado unívocamente en función de una serie de valores de control o variables independientes. Un ejemplo muy simple de un proceso de este tipo unívoco es la longitud de una varilla metálica en función de la temperatura. A cada valor  $T$  de ésta corresponde otro  $L$  de la longitud, de forma que  $L = f(T)$ . El proceso está definido en cualquier sentido, con temperaturas ascendentes y descendentes, y no depende, por ejemplo, de la velocidad con que varía la temperatura. A cada valor de ésta corresponde unívocamente uno de la longitud.

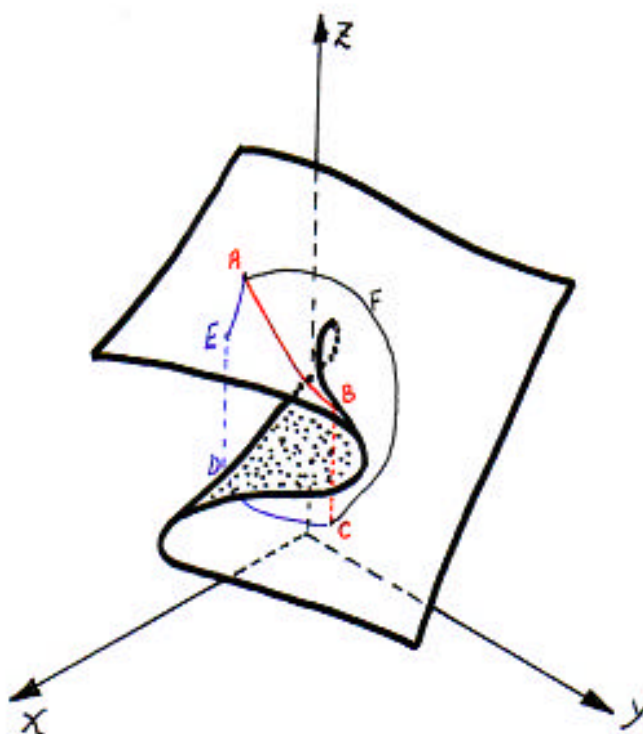
Pero otros procesos se comportan de forma distinta. Para simplificar en lo posible, imaginemos que un determinado proceso depende de dos variables de control  $(x,y)$ , en función de las cuales presenta unos estados caracterizables definidos por unos valores, que representaremos en el eje vertical  $(z)$ . En general, variaciones de  $(x,y)$  conducirán a valores unívocamente definidos, representables mediante la superficie de ecuación  $z = f(x,y)$ . Véase la Figura 1.



**Figura 1**

Hay procesos de este tipo cuya superficie característica manifiesta una divergencia, como vemos en la figura. Para dos valores muy próximos  $(x, y)$ ,  $(x, y+dy)$ , puede ocurrir que las sucesivas variaciones de  $x$  conduzcan a dos regiones distintas de la superficie separadas por un “pliegue”, como ocurre con los puntos P y Q. Obsérvese que P y Q están situados en zonas distintas de la superficie, y no es posible el paso de una a la otra más que mediante un salto o discontinuidad. En pocas palabras, variaciones muy pequeñas del punto inicial de partida derivan hacia resultados totalmente alejados.

Analicemos más de cerca el proceso. Partiendo de un punto A definido por las coordenadas  $z_A = f(x_A, y_A)$ , variemos  $(x, y)$  según la línea roja (Figura 2). Al llegar al punto B no es ya posible seguir manteniéndose en la superficie, y el valor de  $z$  sufre un brusco cambio, mediante el cual, sin variar  $(x_B, y_B)$  se pasa bruscamente del valor  $z_B$  al  $z_C$ . Ha habido lo que técnicamente se denomina una “bifurcación del equilibrio”. Este proceso discontinuo se da en multitud de terrenos: por ejemplo, en la vaporización del agua al llegar a  $100^\circ \text{C}$ , en la aparición del pandeo en una columna, o en general en el colapso total de una estructura. En todos estos casos el paso de  $z_B$  a  $z_C$  es brusco, y acontece espontáneamente, de forma imprevisible y sin que, en principio, varíen los valores, pues  $(x_B, y_B) = (x_C, y_C)$ .



**Figura 2**

Sigamos analizando la superficie. Obsérvese que, en teoría, podría volverse al punto inicial  $(x_A, y_A, z_A)$  recorriendo la línea azul CD. Al llegar al punto D del pliegue, otro brusco cambio nos conduciría al punto E, mediante el cual podría alcanzarse el A, esta vez de manera continua según el camino EA. Se dice, en este caso, que el proceso ha recorrido un camino de *histéresis*.

Incluso, en lugar de los dos caminos indicados, podríamos haber recorrido la línea negra, pasando por el punto F, y recorriendo la línea AFC (o la CFA), esta vez de manera continua. Se habría dado en este caso un tránsito continuo entre dos puntos de equilibrio. El paso de determinados estados de hielo-líquido o de líquido-vapor puede alcanzarse en un cuerpo mediante procesos de ese tipo, como se estudia en Termodinámica.

¿Hasta qué punto la “teoría de las catástrofes” de Thom es aplicable a las catástrofes de la naturaleza o humanas? Totalmente, salvo en un punto: sólo será posible la “ida” de uno de los caminos señalados (rojo o azul); la “vuelta” será imposible. De hecho, podría definirse

una catástrofe natural o humana como un proceso definido según el modelo de Thom en el cual no es posible el ciclo de histéresis.

Por supuesto, el ejemplo dado es muy elemental, y no haría falta la construcción de la "superficie" para poder seguir el proceso. Pero el ejemplo dado sólo sirve para fijar ideas, pues en la Naturaleza se dan bastantes más de dos variables, y además, un proceso de colapso puede venir definido mediante superficies muy complicadas, a lo largo de las cuales sean posibles diversidad de caminos a través de diversidad de pliegues o de forma continua.

#### Antecedentes

Mason (1974) inicia el uso formal de técnicas discontinuas de análisis de economías urbanas con teorías de catástrofes, analizando la densidad urbana como función de la renta y la opulencia (índice de atracción de una ciudad) dentro de un contexto de catástrofe cúspide.

Casti Swain (1975) modelaron el orden de lugares centrales y precios de propiedades urbanas como el tipo de catástrofe cúspide de Zeeman (1974) y como las catástrofes mariposas- Wilson (1976) como la elección de modo de transporte como catástrofe de pliegue, y Poston y Wilson (1977) para detalle del tamaño del centro. Isard (1977) modeló la población relacionada a tendencias aglomerativas y desaglomerativas como una catástrofe cúspide, lo cual fue prefigurada en modelos más rigurosos por Casetti (1980); Dendrino (1980) Papagiorgio (1980), Papagiorgio y Smith (1983) explican crecimientos urbanos súbitos; Wagstaff (1978) trató de explicar patrones de asentamientos griegos entre la segunda y decimoséptima centuria, debido a los cambios de calidad de la tierra y la "amenaza externa" usando un modelo de catástrofe cúspide. Dendrinós (1978) modelizó actividades manufactureras intraurbanas y residenciales como una catástrofe umbilical hiperbólica en 5 dimensiones y, en 1979, modelizó la formación de barriadas pobres en ciudades con catástrofes parabólicas de 6 dimensiones (hongo)- Para (1979-1981<sup>a</sup>, 1981<sup>b</sup>, 1981<sup>c</sup>) las catástrofes umbilicales, hiperbólicas, y elípticas de 5 dimensiones para modelar cambios en patrones de comercios regionales. Nijkamp y Reggiani (1988) han mostrado que un modelo de control óptimo generalizado de interacción de dinámica espacial no lineal, pueden generar una interpretación teórica de catástrofe.

La aproximación determinística de la teoría de catástrofe enfatiza la automatización de los sistemas a través de las transiciones de fases de no equilibrio, que surgen de fluctuaciones

estocásticas próximas a punto de bifurcación crítica. Esta aproximación fue desarrollada por Nicolas y Priwogine (1977) y Haken (1977) fue el primero en aplicarlo en sistemas urbanos y regionales.

Los modelos de simulación tienden a exhibir autoorganizaciones dinámicas con algunas ciudades en crecimiento y otras en decrecimiento, todas estas pasando por modelos económicos en ascenso y descenso. Variaciones intraurbanas de esta aproximación han sido usadas para el modelo de desarrollo de ciudades específicas en Francia.

Otra aproximación de una naturaleza determinística ha sido aquella de la ecología matemática, focalizando en la aplicación de sistemas de ecuaciones de Lotka - Volterra de los ciclos predados y depredados para modelos de ciclos urbanos y regionales.

Aquellos modelos inspirados en el concepto del orden a través de las fluctuaciones servirán para establecer una fórmula matemática de los aspectos colectivos interrelacionados del comportamiento. Desde el punto de vista físico esto involucra una distinción entre los estados de un sistema en el cual todas las iniciativas individuales están condenadas a la insignificancia por un lado y por otro las regiones de bifurcación en las cuales una idea o un nuevo comportamiento pueda cambiar el estado global. Así, esto conduce a concluir que las mismas no linealidades pueden producir el caos de procesos elementales y bajo diferentes circunstancias podrán ser responsabilizadas de la destrucción de ese mismo orden, produciendo eventualmente un nuevo legado más allá de otra bifurcación.

Por otra parte, de acuerdo a la Teoría del Aurosal (Berlyne, 1980), el sistema nervioso requiere de una cantidad constante de estimulación (información) del ambiente para mantenerse a un nivel razonable de eficiencia. El nivel de activación del individuo está condicionado, entre otros factores, por la complejidad o banalidad provenientes del entorno.

Cabe afirmar que la preferencia humana por aquellas cosas que se consideran "bellas", independientemente de que tales cosas puedan variar según las diferentes culturas, estratos sociales y niveles educativos, se localiza invariablemente en los sitios intermedios del *continuum* de complejidad, es decir, en las zonas en las que la información no supera la capacidad humana para procesarla, comprenderla, y analizarla. La relación del organismo con el espacio que lo envuelve conforma un sistema de comunicación en el cual ambos

reciben, procesan e intercambian información dentro de márgenes definidos, determinados por su condición biológica.

En consecuencia, se puede demostrar que el paisaje urbano tenderá a ser considerado como bello si, entre otros factores, la cantidad de información que éste proporciona se mantiene en los niveles óptimos de estimulación propios de los órganos perceptivos humanos. Sin embargo, la cantidad de información es una condición necesaria, más no suficiente para determinar el nivel ecoestético del paisaje, por ser solo una variable de la cual resulta imposible inferir diversas características como la forma, distribución, colores y texturas de los elementos que lo integran.

Evidentemente se requiere un conjunto más extenso de variables para integrar un modelo del estado ecoestético de la ciudad, para lo cual se agregan la limpieza, armonía, elementos artísticos y la relación con el paisaje. Esto es, el modelo exige incluir las respuestas del individuo en el proceso perceptivo del grado de orden en sus manifestaciones espaciales, de banalidad e ininteligibilidad.

En el modelo propuesto se entiende por ecoestética del paisaje urbano a la medida de información óptima que este posee ( $I_{op}$ ) en relación con el estado psicofísico (E) originado en el individuo.

Así, dentro de un entorno determinado, como el elegido para aplicar las encuestas, las respuestas de los individuos están determinadas por los estímulos directos que perciben, es decir, la cantidad de información óptima ( $I_{op}$ ) no se halla determinada previamente, sino surge de la relación entre las características de sus moradores y las de su entorno edificado. Todo ello permite asegurar la existencia de una función de respuesta individual para las actividades que integran la ecoestética (X), configurando la función  $L(X)$ .

Por otra parte, las actividades de los individuos se llevan a cabo en más de un espacio local, que puede o no interactuar de forma adecuada. Esto determina una modificación en sus respuestas  $R(X)$ , que implica el diseño de la ciudad como totalidad, originando cambios que afectan la disposición espacio temporal e informacional y, en consecuencia, también las respuestas de los individuos, de manera que:

$$U(x) = -Kx$$

donde K es una constante de deterioro, la cual depende de la forma en que estén dispuestos los elementos urbanísticos, como vialidad, equipamiento, vivienda, áreas recreativas, etc. Esto es:

$$U(x) = (-K_1 - K_2 \cdots - K_n)x$$

El signo negativo del parámetro de deterioro  $K_n$  indica que un mal diseño urbanístico o una configuración caótica interviene en detrimento de la función  $R(x)$ , de donde:

$$R(x) = L(x) + V(x) = L(x) - K(x)$$

donde  $R(x)$  representa una familia de funciones parametrizadas en K.

Si la estructura formal y funcional de la ciudad resulta adecuada y el deterioro ecoestético es nulo, se tendrá  $K = 0$  y los factores ecoestéticos  $x$  alcanzarán sus valores máximos. En cambio, si el deterioro aumenta dentro del rango  $K_0 \rightarrow K_e$ , la ecoestética urbana disminuirá progresivamente..



## Bibliografía

- Thom, René, 1972, "Structural Stability and Morphogenesis", Benjamin , New York
- Amson, J. C. ,1975, "Catastrophe Theory: A contribution to the Study of Urban Systems?" *Environment and Planning B*2, 177-221.
- Masón (1974) Casti J. and Swain H., 1975, "Catastrophe Theory and urban Processes" RM-75-14,IIASA, Laxemburg, Austria.
- Zeeman, E.,1974, "On The Unstable Behavior of the Stock Exchanges", *Journal of Mathematical Economics* 1, 39-44.
- Wilson, A., 1976, "Catastrophe Theory and urban Modelling: An Application to Modal Choice", *Environment and Planning A* 8, 351-356.
- Poston, T. and Wilson, A. G., 1977, "Facility Size vs. Distance Travelled: Urban Services and the Fold Catastrophe", *Environment and Planning A* 9, 681-686.
- Isard, P., 1977, "How Far Can We Push the Law of One Price?", *American Economic Review* 67, 942-948.
- Casetti, E., 1980, "Equilibrium Population Partitions between Urban and Agricultural Occupations" *Geographical Analysis* 12, 47-54.
- Dendrino, D., 1980, "Dynamics of City Size and Structural Stability. The Case of a Single City", *Geographical Analysis* 12, 236-244.
- Papagiorgio, G. J.,1980, "On Sudden Growth", *Environment and Planning A* 12, 1035-1050.
- Papagiorgio, G. J. and Smith T. R., 1983, "Agglomeration as Local Instability of Spatially Uniform Steady", *Econometrica* 51, 1109-1119.
- Wagstaff, J. M., 1978, "A Possible Interpretation of Settlement Patten Evolution in Terms of catastrophe Theory", *Transactions, Institute of British Geographers. New Series* 3, 165-178.
- Nijkamp, P. and Reggiani A., 1988, "Dynamic Spatial Interaction Models", *New Directions*", *Environment and Planning A* 20, 1449-1460.