



DINÁMICA NO LINEAL Y GEOMETRÍA FRACTAL APLICADAS AL ESTUDIO DE LA DESINTEGRACIÓN Y DIFUSIÓN DE MATRICES SÓLIDAS

Darío Iker Téllez Medina, José Jorge Chanona Pérez, Alicia Ortiz Moreno, Gustavo Fidel Gutiérrez López.
Departamento de Ingeniería Bioquímica, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN, Carpio y Plan de Ayala s/n
C. P. 11340, México, D. F. Fax: 57296000, ext. 62463, iker21@hotmail.com

Palabras clave: dinámica-no-lineal, fractales, difusión

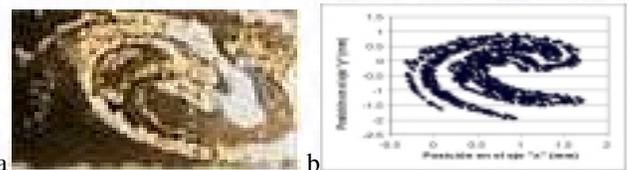
Introducción. La dinámica no lineal ha ayudado en la descripción del comportamiento cinético de varios fenómenos como la cristalización y la difusión permitiendo obtener datos que han contribuido para la comprensión de éstos y para el desarrollo de mejoras a los procesos y de nuevas tecnologías (1,2). Asimismo la geometría fractal es una herramienta valiosa en el trabajo de científicos de numerosas disciplinas, pues les ha permitido reformular antiguos temas en términos novedosos y tratar ejercicios más complejos de forma simplificada, como es el caso de la caracterización cuantitativa de contornos, superficies y estructuras irregulares (3,4). Esto ha permitido evaluar la complejidad de sistemas biológicos y ha repercutido en avances en los procesos (4).

El presente trabajo propone el estudio de la desintegración y de la difusión de matrices sólidas, mediante el uso de técnicas de análisis de imágenes, de determinación de la dimensión fractal de contornos y estructuras, y de aplicación de dinámica no lineal.

Metodología. Fueron acondicionados dispositivos de difusión, en los cuales fueron colocadas matrices de Aspirina® y de maltodextrina (elaboradas por compresión directa) para observar su desintegración y su difusión en agua destilada desgasificada y sin agitación, además de las interfaces presentes. Con ayuda de un sistema de captura de imágenes digitales acoplado a una computadora se tomaron instantáneas a diferentes tiempos a lo largo de los fenómenos. Las imágenes fueron procesadas y analizadas con los programas Adobe PhotoShop 7.0®, SigmaScan 5.0®, ImageJ® determinando los valores de la dimensión fractal (d_f) del contorno de las matrices. Las imágenes se tomaron con diferentes orientaciones (superior, lateral e inferior) de la perspectiva y de la iluminación con el fin de complementar la información obtenida. Con ello se pudo medir también la d_f de la cara lateral de las matrices, el número de “Capas de Peleg” formadas, y la velocidad y comportamiento de las turbulencias e interfases observadas. Las mediciones hechas fueron analizadas estadísticamente con los programas Sigma Stat 2.0® y Minitab 13®.

Resultados y discusión. La d_f del contorno de ambas matrices presenta una cinética estadísticamente idéntica a partir de los 20 s de experimentación. Ese valor de d_f corresponde a la dimensión del borde de la capa de Peleg más inferior, y es afectado a su vez por las capas de Peleg superiores, manifestando un aumento brusco de la irregularidad el cual es compensado y mantenido a partir de

los 16 s. En todos los casos, con una perspectiva lateral y una iluminación superior para el experimento, se cuantificaron tres capas de Peleg que llegan a dar en conjunto una d_f hasta de 1.2 de la cara lateral de las matrices. Se obtuvo un atractor extraño el cual se aproxima 93% a la distribución de las partículas en el vórtice, con un valor de $df = 1.55$. El valor del exponente de Hurst es $H = 0.64$, lo que indica sensibilidad a las condiciones iniciales (ver Fig. 1).



$$F(x_i, y_i) = [1.1 + 0.91(x_i \cos Q + y_i \sin Q), 0.91(-x_i \sin Q + y_i \cos Q)];$$
$$Q = [-5.6 / (1 + x_i^2 + y_i^2)]$$

Fig. 1. a) Una de las turbulencias observadas durante la difusión de una matriz de Aspirina®. b) Gráfica del modelo matemático propuesto, correspondiente a 1000 iteraciones de la ecuación mostrada.

Conclusiones. La naturaleza del contorno de las matrices de Aspirina® y de maltodextrina es fractal. La desintegración de las matrices sólidas en las condiciones de experimentación ocurre de modo parecido a la apertura de un conjunto de cilindros concéntricos o de la corola de una flor. Se logró establecer un modelo matemático para los cursos de la difusión y de las turbulencias. Parece ser que el caos determinista está operando en la difusión de las matrices sólidas en las condiciones de experimentación.

Agradecimiento. Se contó con el apoyo financiero del CONACYT y del IPN a través de los siguientes proyectos: SEP-2004-C01-48061, CGPI-2005-0121, CGPI-2006-0419.

Bibliografía.

- Sametband, M. J. (1999). Entre el orden y el caos: la complejidad. 2ª edición. Fondo de Cultura Económica. México, D. F. p. 63-84, 144-149.
- Alligood, K. T., Sauer, T. D., Yorke, J. A. (2000). Chaos. An introduction to dynamical systems. 1ª edición. Springer-Verlag. N. Y., N. Y., EUA. p. 105-267 y 359-397.
- Peleg, M. (1993). Fractals and foods. *Crit Rev Food Sci.* 33 (2): 149-165.
- Chanona, P. J. J., Alamilla B. L., Farrera R. R. R., Quevedo R., Aguilera J. M., Gutiérrez L. G. F. (2003). Description of the convective air-drying of a food model by means of the fractal theory. *Food Sci. Technol. Int.* 7: 207-213.