

Fractalidad en un patrón de cristalización de moco cervical humano obtenido en período periovulatorio

Fractality in a pattern of crystallization of human cervical mucus obtained
at periovulatory period

Pilar Vigil Portales^{1,2} <https://orcid.org/0000-0002-0449-3880>

Manuel Enrique Cortés Cortés^{3*} <https://orcid.org/0000-0003-0845-7147>

¹ Vicerrectoría de Comunicaciones, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.

² Reproductive Health Research Institute. Santiago, Chile.

³ Universidad Bernardo O'Higgins, Facultad de Salud & Programa de Doctorado en Educación, Departamento de Ciencias Químicas y Biológicas. Santiago, Chile.

*Correo electrónico: cortesmanuel@docente.ubo.cl

RESUMEN

Introducción: La secreción cervical cumple una función importante en el proceso reproductivo humano y algunas sus características (*e.g.*, el cristalizar) cambian dependiendo de las variaciones en los niveles de hormonas esteroideas sexuales.

Objetivo: Reportar la fractalidad observada en un patrón de cristalización de moco cervical humano.

Métodos: El moco fue obtenido de una paciente en período periovulatorio. La imagen de un patrón cristalino de moco cervical fue transformada a blanco y negro y analizada mediante *Fractalyse* v. 2.4, el cual determina la dimensión fractal (*DF*) para cada imagen estudiada. Se analizaron tres zonas para la imagen seleccionada.

Resultados: Se encontró, para la Zona 1, $DF (\pm \text{desviación estándar}) = 1,36 \pm 0,02$ ($r^2 = 0,9985$); para la Zona 2, $DF = 1,35 \pm 0,02$ ($r^2 = 0,9979$); y para la Zona 3, $DF = 1,36 \pm 0,03$ ($r^2 = 0,9958$). Las *DF* encontradas para las zonas estudiadas fueron estadísticamente iguales entre sí.

Conclusiones: El moco cervical humano en período periovulatorio puede seguir un patrón de cristalización tipo fractal, especialmente en lo referente a la semejanza de sus componentes estructurales (criterio de autosimilitud).

Palabras clave: cristalización; fractalidad; moco cervical humano; modelamiento matemático; sistemas complejos.

ABSTRACT

Introduction: Cervical secretion plays an important role in the human reproductive process and its characteristics (*e.g.*, crystallization) change depending on variations in the levels of sex steroid hormones.

Objective: The purpose of this brief communication is to report the fractality observed in a crystallization pattern of human cervical mucus.

Methods: Mucus samples were obtained from a patient in the periovulatory period and an image of the crystalline pattern of cervical mucus was transformed to black and white and analysed by *Fractalyse* v. 2.4, which determines the fractal dimension (*FD*) for each studied image. Three zones were analysed for the selected image.

Results: It was found that, for Zone 1, $FD (\pm \text{standard deviation}) = 1.36 \pm 0.02$ ($r^2 = 0.9985$); for Zone 2, $FD = 1.35 \pm 0.02$ ($r^2 = 0.9979$); and for Zone 3, $FD = 1.36 \pm 0.03$ ($r^2 = 0.9958$). Zones studied were statistically equal to each other regarding their *FD*.

Conclusions: Human cervical mucus obtained at periovulatory period can follow a fractal-like pattern of crystallization, especially in relation to the similarity of its structural components (criterion of self-similarity).

Key Words: complex systems; crystallization; fractality; human cervical mucus; mathematical modelling.

Recibido: 04/02/2019

Aprobado: 15/02/2019

INTRODUCCIÓN

Los conceptos que han emergido desde los sistemas complejos poseen una gran utilidad teórico-práctica en medicina y las aplicaciones de las denominadas ciencias de la complejidad son cada vez más importantes para las ciencias de la salud.^(1,2) Hace ya un cuarto de siglo el doctor Brincat enfatizó en un artículo publicado en el *British Journal of Obstetrics and Gynaecology*⁽²⁾ la gran importancia que poseen para la ginecoobstetricia los conceptos derivados de la teoría del caos y de la modelización matemática de los sistemas biológicos complejos.⁽²⁾ Entre estos conceptos encontramos a los fractales. Un fractal (del latín *fractus*, que significa «quebrado» y éste del indoeuropeo *bhreg*, que significa “romper”) refiere a un concepto propuesto por el célebre matemático Benoît B. Mandelbrot y corresponde a un objeto geométrico cuya estructura básica, fragmentada o aparentemente irregular, se repite a diferentes escalas y posee atributos tales como rugosidad, forma irregular en cada nivel, alto grado de organización, autosimilitud, lagunaridad y una dimensión fractal (*DF*) característica.⁽³⁾ La fractalidad se encuentra ampliamente presente en la naturaleza, por ejemplo, en la geometría ríos y helechos, en el árbol bronquial, en el sistema cardiovascular, la estructura ósea y el crecimiento de tumores;^(1,2) así como en secreciones biológicas con capacidad de cristalizar tales como fluidos oculares y digestivos,^(4,5) entre otros.

El moco o secreción cervical es un biogel altamente hidratado, contiene glicoproteínas mucinas que le otorgan visco-elasticidad, posee la capacidad de cristalizar y es muy importante para el proceso reproductivo humano.^(6,7) Entre sus funciones destacan el ser un medio para el ascenso de los espermatozoides por el cérvix, modular la reacción

acrosómica y actuar como filtro selectivo para espermatozoides con alteraciones morfológicas,^(6,7) entre otras. El objetivo es reportar la fractalidad observada en un patrón de cristalización de moco cervical obtenido de una paciente en período periovulatorio.

MÉTODOS

Tipo de estudio y obtención de muestra

Este estudio es de tipo reporte de caso clínico, descriptivo. Las muestras y datos fueron recopilados por el profesional gineco-obstetra tratante de la paciente, quien fue atendida en un centro de salud privado en Santiago, Chile. Las muestras fueron obtenidas bajo consentimiento informado (Comité de Ética, Reproductive Health Research Institute – RHRI, Santiago, Chile), cumpliéndose con todos los resguardos éticos exigidos por la Declaración de Helsinki para estudios en humanos.

Descripción del caso clínico

Mujer chilena saludable en período periovulatorio, multípara, 30 años de edad, en cuyo examen ginecológico rutinario se colectó una muestra de moco cervical cuya cristalización fue similar al moco estrogénico de mitad de ciclo reportado previamente.⁽⁶⁾ Esta cristalización, no obstante, llamó especialmente la atención por su simetría y por la semejanza en tres zonas de sus componentes estructurales (Fig.).

La imagen de este patrón cristalino fue transformada a blanco y negro y analizada mediante *Fractalyse* v. 2.4 (ThéMA, Besançon Cedex, Francia), *software* que determina la *DF* para cada imagen estudiada; además, se efectuó un análisis de regresión utilizándose los datos obtenidos mediante dicho programa.

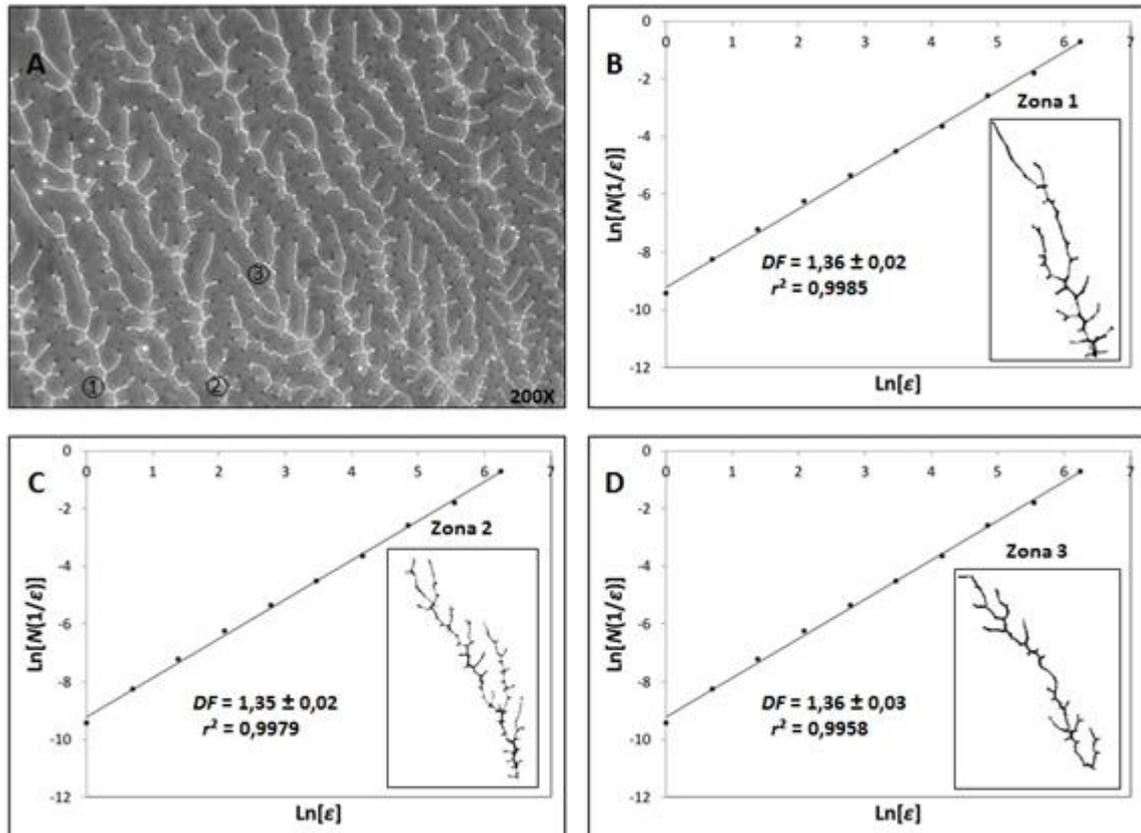


Fig. Cristalización de moco cervical humano y determinación de DF . **A.** Moco estrogénico cuya geometría es similar a trigonal plana (200X). **B.** Gráfico $\text{Ln}[N(\square)]$ versus $\text{Ln}[1/\square]$ para la Zona 1, $DF (\pm DE) = 1,36 \pm 0,02$ ($r^2 = 0,9985$); **C.** Gráfico $\text{Ln}[N(\square)]$ versus $\text{Ln}[1/\square]$ para la Zona 2, $DF (\pm DE) = 1,35 \pm 0,02$ ($r^2 = 0,9979$); **D.** Gráfico $\text{Ln}[N(\square)]$ versus $\text{Ln}[1/\square]$ para la Zona 3, $DF (\pm DE) = 1,36 \pm 0,03$ ($r^2 = 0,9958$). Ln = logaritmo natural; $N(\square)$ = número de cajas no vacías en la cuadrícula; \square = longitud variable de los lados de caja; DF = dimensión fractal; DE = desviación estándar.

RESULTADOS

Se analizaron las tres zonas de la imagen (Fig. A ramificaciones numeradas), encontrándose como resultado que el valor de $DF \pm$ desviación estándar (DE) para la Zona 1 fue $DF = 1,36 \pm 0,02$ ($r^2 = 0,9985$) (Fig. B), para la Zona 2 fue $DF = 1,35 \pm 0,02$ ($r^2 = 0,9979$) (Fig. C), y para la Zona 3 fue $DF = 1,36 \pm 0,03$ ($r^2 = 0,9958$) (Fig. D). Estos resultados muestran que las DF para estas tres zonas fueron estadísticamente iguales entre sí.

DISCUSIÓN

Los resultados presentados en esta comunicación breve evidencian que el proceso de cristalización de moco cervical humano puede estar relacionado con un patrón geométrico que se basa en un modelo matemático de tipo fractal. A pesar de que este reporte solamente informa sobre un caso de cristalización que presenta fractalidad, se deben realizar más estudios para determinar cuán frecuente es este fenómeno durante el ciclo menstrual. Esto es muy relevante para la práctica clínica, ya que se sabe que las características del moco cervical —por ejemplo, la cristalización o fenómeno de *ferning*— no solamente cambian según los niveles fluctuantes de esteroides sexuales durante el ciclo menstrual,⁽⁶⁾ sino que también se modifican debido a diversas alteraciones endocrino-metabólicas.⁽⁷⁾

Futuras investigaciones que entreguen información sobre las características fractales de la secreción cervical pueden ser muy útiles para originar una línea de investigación aplicada enfocada, por ejemplo, en desarrollar un método o artefacto que evalúe de forma rápida las características de la fractalidad de las cristalizaciones del moco cervical en las diferentes etapas del ciclo menstrual, permitiendo relacionar dichas características con algunas variables fisiológicas importantes del estado endocrino y reproductivo femenino, las cuales pueden verse alteradas por diversas patologías.⁽⁷⁾

Finalmente, los hallazgos presentados en esta comunicación breve permiten concluir que el moco cervical humano en período periovulatorio puede seguir un patrón de cristalización tipo fractal, especialmente en lo referente a la semejanza de sus componentes estructurales (criterio de autosimilitud).

Agradecimientos

Al Dr. Jorge Luis Alvarado López (Universidad Santo Tomás, Chile) y al Prof. Roberto Hauyón Riquelme (Colegio San Sebastián, Colina, Región Metropolitana, Chile) por sus útiles comentarios sobre análisis de datos y sistemas complejos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Canals M, Solís R. Geometría de los sistemas vivos y su importancia en Medicina. Rev Méd Chile 2005;133(9):1097-107.
2. Brincat MP. Chaos theory in obstetrics and gynaecology. Br J Obstet Gynaecol. 1994;101(11):931-4.
3. Losa GA. The fractal geometry of life. Riv Biol. 2009;102(1):29-59.
4. Parodi MB, Giusto DD. Ocular fluid ferning test and fractals. Ophthalmic Res. 1993;25(5):307-13.
5. Shen Y, Xie A, Zhang J, Cui F, Zhu H. Fractal structures precipitated from A gall of patient. Physica B. 2005;363(1):61-8.
6. Davajan V, Nakamura RM. The *in vitro* sperm-cervical mucus testing. En: Elstein M, Moghissi KS, Borth R (eds). Cervical Mucus in Human Reproduction. Copenhagen: Scriptor; 1973. p.153-61.
7. Vigil P, Cortés ME, Carrera B, Hauyón R, Aravena C. El moco cervical en la fisiología reproductiva. En: Guzmán E, Croxatto H, Lalonde A (eds). Selección de Temas en Ginecoobstetricia. Santiago: Ediciones Publiimpacto; 2014. p. 325-34.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribuciones de los autores

Pilar Vigil Portales: Generó la idea del artículo, efectuó la toma de muestras, redactó el manuscrito y aprobó su versión final para publicación.

Manuel Enrique Cortés Cortés: Generó la idea del artículo, efectuó los análisis biomatemáticos y bioestadísticos, redactó el manuscrito y aprobó su versión final para publicación.