

DIMENSIÓN FRACTAL DE RADIOGRAFÍAS DENTALES Y SU RELACIÓN CON LA EVOLUCIÓN DE TRATAMIENTOS IMPLANTOLÓGICOS

Kathiuska Díaz

Gladys Uzcátegui

Miguel Martín-Landrove

kathiuska.diaz@ucv.ve

gladys.uzcategui@ucv.ve

mglmrtn@yahoo.com

Instituto Nacional de Bioingeniería, Universidad Central de Venezuela Av. Miguel Otero Silva, Sebucán, AP 1071, Caracas-Venezuela

Iván Sánchez

ivanjo@gmail.com

Centro de Física, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Caracas 1020-A, Venezuela

Erich Marcano

erichmarcano@gmail.com

Cátedra de Coronas y Puentes, Facultad de Odontología, Universidad Central de Venezuela, Ciudad Universitaria, Caracas-Venezuela

Resumen. La geometría fractal estudia formas autosimilares y ofrece herramientas para cuantificar la complejidad de estructuras naturales parcialmente autosimilares. Partiendo de radiografías digitales donde se aprecia una estructura, es posible cuantificar su complejidad usando alguno de los algoritmos que existen para la determinación de la dimensión fractal, como por ejemplo el método de conteo de cajas. En el caso de los estudios de oseointegración de implantes, hay evidencia preliminar de que la dimensión fractal del hueso trabecular puede usarse como un parámetro para cuantificar el grado de regeneración luego de un tratamiento.

El objetivo general de esta investigación es obtener información cuantitativa de la estructura ósea que permita evaluar en poco tiempo tratamientos implantológicos. Se analizaron zonas específicas de radiografías panorámicas cercanas a la colocación del implante, obtenidas en dos instantes de tiempo: antes de la colocación del implante dental y recién colocado el implante.

Los resultados preliminares, al analizar diez casos de implantes sugieren que la dimensión fractal tiende a disminuir en el caso de los implantes que tienen una carga inmediata durante los primeros días después de colocado el implante, aunque estos resultados no son concluyentes. Actualmente está en proceso el análisis de los casos a los seis meses después de colocados estos dispositivos. Es necesario analizar un mayor número de casos para poder establecer si con esta técnica es posible realizar pronósticos de casos tratados con implantes dentales. Esto constituiría un importante aporte para la práctica clínica odontológica, la cual presenta una creciente demanda de tratamientos implantológicos.

Palabras claves: dimensión fractal, radiografías panorámicas, implante dental, oseointegración.

***Abstract.** Fractal geometry studies self-similar forms and provides tools to quantify the complexity of partially self-similar natural structures. Complexity of structures present on digital radiographs can be quantified using any of the existing algorithms for determining the fractal dimension, such as box counting method. There is preliminary evidence that the fractal dimension of trabecular bone can be used as a parameter to quantify the degree of regeneration after implant treatment.*

The objective of this study is to obtain quantitative information on bone structure for a rapid assessment of implant therapy. Specific areas nearby implant placement were analyzed on panoramic radiographs at two time points: before and after placement of the dental implant. Preliminary results by analyzing ten cases of implants on three patients suggests that the fractal dimension tends to decrease during the first days of the placement. Analysis of a third time point (six months after the implants were placed) is underway. It is necessary to analyze a larger number of cases and patients to establish whether this technique is a proper tool for dental implant prognosis. The latter would constitute an important contribution to dental clinical practice, which has a growing demand for implant therapy.

Keywords: dimensión fractal, panorámicas radiography, dental implant, oseointegration.

1. INTRODUCCIÓN

Un implante dental es el sustituto artificial de la raíz de un diente. Es una prótesis médica biocompatible y de alta precisión, de forma cónica o cilíndrica, generalmente roscada, que se introduce en el hueso y que ha sido sometido a un tratamiento especial en su superficie para promover la oseointegración [1]. La oseointegración se define como la conexión directa, estructural y funcional entre el hueso vivo y la superficie de un implante.

Actualmente, es una opinión generalizada que los mejores resultados clínicos y de transmisión biomecánica se consiguen con implantes dentales de macrogeometría roscada en forma de raíz dental. Misch [2] refiere que la superficie roscada puede aumentar el contacto con el hueso entre 30% y un 500%, dependiendo de la geometría de la rosca.

Pacientes tanto parcial como totalmente edéntulos solicitan esta opción de rehabilitación debido a que constituye una alternativa que brinda comodidad, estética y en muchos casos, permite respetar la integridad de las piezas dentarias remanentes.

En el tratamiento implantológico hay dos modalidades quirúrgicas importantes para la colocación de implantes en el hueso: la técnica convencional, sumergida o de carga demorada (dos etapas) y la técnica de carga inmediata (una etapa). En la técnica sumergida, el implante

dental se coloca en posición y recubre con un tornillo de cierre y con el tejido mucoperióstico, manteniendo al implante libre de carga durante el proceso de oseointegración (entre 3 y 6 meses) y minimizando también el riesgo de infección. Esta técnica requiere de una segunda cirugía, donde se descubre el implante y se coloca un aditamento especial (pilar de cicatrización) que ayuda a que la mucosa o encía cicatrice de manera estética, para luego continuar una serie de pasos, hasta completar la restauración protésica dental definitiva. En la técnica de carga inmediata (menos utilizada), el implante recibe carga oclusal (de masticación) ligera, pero desde el mismo día de la colocación del implante, con algunos riesgos, pero reduciendo los pasos clínicos y en muchos casos proporcionando más comodidad y estética al paciente [3].

La preservación de hueso alrededor de los implantes es un requisito para la longevidad del tratamiento implantológico. A pesar de las altas tasas de éxito reportadas en la literatura, la reabsorción ósea es frecuentemente un problema que afrontan estos tratamientos [4].

1.1 Dimensión fractal (DF)

La palabra " fractal " proviene de la voz latina " fractus " lo que significa " fractura " o " roto ". Se ha utilizado para referirse a una geometría que se ocupa de las formas de auto-similares, diferentes a las geometrías euclidiana y cartesiana. Este enfoque de formas complejas ha encontrado numerosos usos en muchas áreas del conocimiento incluyendo la odontología [5]

La geometría fractal ofrece una herramienta cuantitativa para caracterizar formas auto-similares complejas, en lo cual radica su aplicabilidad. El concepto de la dimensión fractal (DF) surge como parámetro cuantitativo que mide complejidad. A pesar de que matemáticamente la DF está estrictamente bien definida (la dimensión de Hausdorff- Besicovich), en la práctica esta definición no es muy útil. Por lo tanto, los investigadores han ideado varios algoritmos para calcular la DF.

Para calcular la DF de una forma lineal se puede emplear el método de conteo de cajas. Para ejemplificar este algoritmo se utilizará la Fig. 1, la cual muestra la curva de von Koch. La idea es abarcar su longitud con varios cuadros o cajas de diferentes tamaños y por cada dado el tamaño de caja, se cuenta el número de fichas o cajas necesarias para cubrirla. Si representamos gráficamente el logaritmo del número de cajas necesarias para cubrir la curva en función del logaritmo del tamaño de la caja obtendremos algo similar al lado derecho de la figura 1. Esa línea recta representa una ley de potencia. De la pendiente de esa recta, es posible extraer la DF. La mayoría de los algoritmos de cálculo de DF se basan en esa idea. Los algoritmos tienen diferentes detalles dependiendo del tipo de estructura a estudiar.

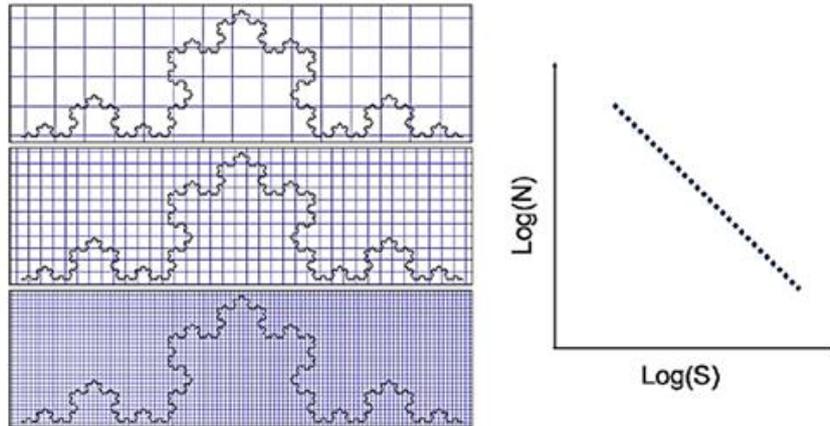


Figura 1. Método de conteo de cajas para determinar la dimensión fractal. La figura representa el caso de estudio de una línea (una frontera, una interfaz, una línea costera, el perímetro de una forma 2D, etc.). Cajas o cuadros de diferente tamaño S se utilizan para medir la longitud de la línea. Esto se hace contando el número N de cajas necesarias para cubrir la línea. El valor de N depende del tamaño elegido de S . La dimensión fractal se obtiene de la pendiente de graficar el logaritmo de N como función del logaritmo de S . Imagen tomada de [5]

Es posible calcular la DF de objetos fractales y no fractales. Si calculamos el DF de una sola línea se obtendrá el valor 1, lo mismo que su dimensión euclidiana. Si se calcula la DF de la curva de von Koch (es posible derivarla analíticamente) obtendremos 1,26. Este valor fraccional nos dice que la curva de von Koch es tan compleja e intrincada, que su dimensión fractal es de más de 1 (una línea), pero menos de 2 (un plano). A veces, dos formas muy distintas pueden tener la misma DF. Cuando la DF no es suficiente para diferenciar dos estructuras, se puede emplear otro tipo de análisis fractal como lacunaridad y enfoques o aproximaciones multifractales [6,7].

Antes de la realización de un análisis fractal, típicamente hay un pre-procesamiento de la materia objeto de estudio. Esto puede ser una imagen (radiografía, corte histológico, etc.), o una señal (de una vibración transductor, un micrófono, etc.).

2. METODOLOGÍA

Para este estudio se utilizaron radiografías panorámicas de diez implantes dentales, de los cuales se tenía registro radiográfico de cinco meses antes de colocado el implante (radiografía *pre*) y a los diez días de colocado el implante (radiografía *post*). Los tratamientos fueron planificados y los implantes colocados por el mismo odontólogo a través de la técnica de colocación sumergida o convencional en mandíbula. Todas las imágenes radiográficas se digitalizaron y fueron almacenadas en formato TIFF con un tamaño de 8095×5735 píxeles en escala de grises.

Se procedió a realizar un sobre-posicionamiento anatómico de las imágenes, con transparencia en el software Photoshop®, para hacer coincidir las radiografías *pre* y *post*, en la cual se dejó fija radiografía *post* (Fig. 2. (b)) y se sobre puso la radiografía *pre* (Fig. 2. (a)), y haciendo uso del umbral de opacidad, se hizo coincidir ambas imágenes en la zona de interés a trabajar.

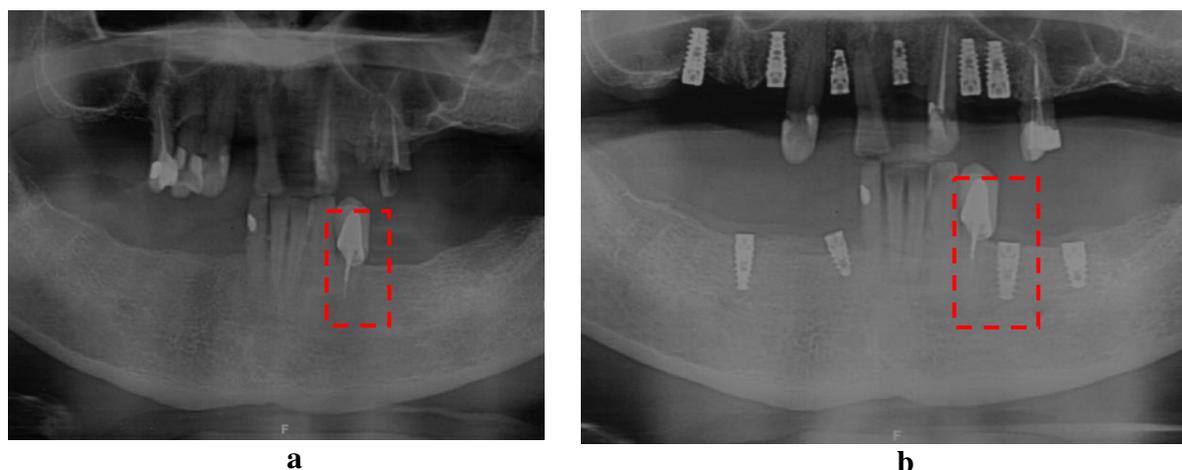


Figura 2. La zona delimitada en rojo es una de nuestra zona de interés en el caso de a) Radiografía *pre* y b) Radiografía *post*

Las regiones de interés (ROI) se seleccionaron en la zona peri-implantar con una dimensión de 80 x 80 píxeles [8], excluyendo los ápices de las raíces de los dientes vecinos (Fig. 3). Se realizó el corte digital de estos ROI's en las radiografías *pre* y *post* y se almacenaron en formato TIFF.

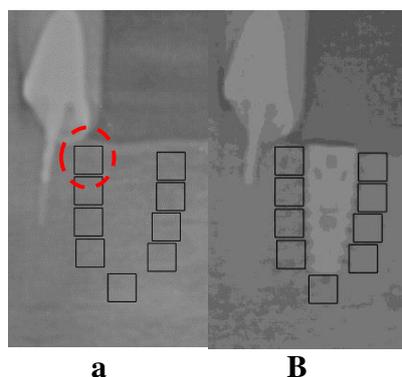


Figura 3. Selección de los ROI's de 80x80 píxeles, en la región peri-implante para las radiografías a) *pre* y b) *post*

Las imágenes guardadas se procesaron mediante unas modificaciones del método diseñado por White y Rudolph [9] para el cálculo de la dimensión fractal. Se utilizó el software ImageJ®, en el cual a la imagen original se le aplicó un filtro gaussiano. Seguidamente se realizó una sustracción de la imagen original con la imagen resultante luego de aplicado el filtro, para luego binarizarla. La imagen binaria se erosiona y se dilata una vez para reducir el ruido, posteriormente se invierte la imagen. Por último, a la imagen se aplica la esqueletización (Fig. 4).

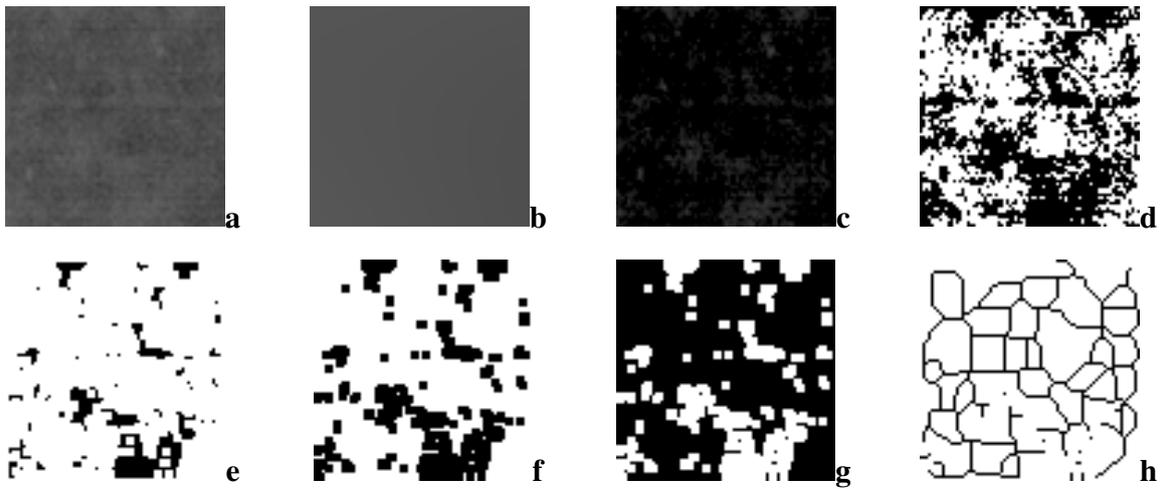


Figura 4. a) Imagen del ROI original seleccionado de la figura 3a. b) Imagen con filtro gaussiano. c) Resultado de la sustracción de a y b. d) Resultado de la transformación binaria. e) Imagen erosionada. f) Imagen dilatada. g) Resultado de la inversión de la imagen f. h) Imagen esqueletizada.

La DF se calculó a través del método conteo de cajas, con un tamaño de caja de 2, 3, 4, 6, 8, 12, 16, 32, y 64 píxeles. A continuación, se trazó la gráfica número de cajas en función del tamaño de caja en una doble escala logarítmica (Fig. 5).

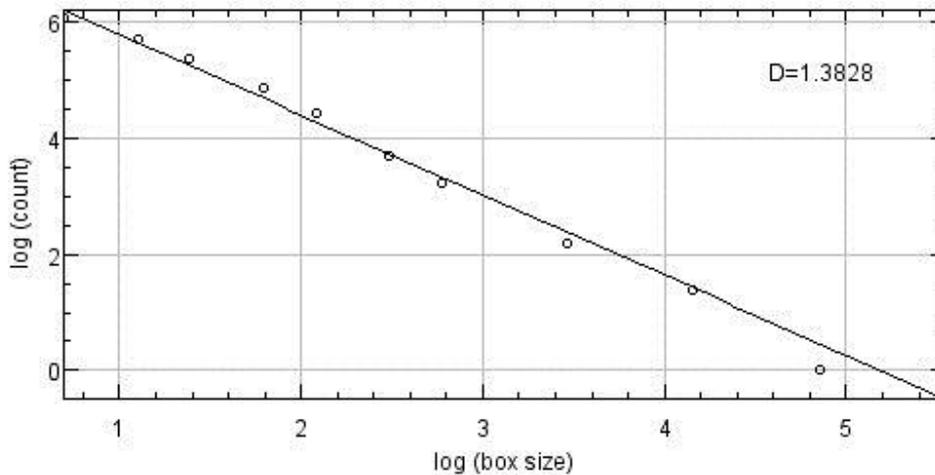


Figura 5. La DF se obtiene a partir de la pendiente de la curva, y su valor es 1.3828, para la ROI presentada en la Figura 4.

3. RESULTADOS

El procedimiento descrito anteriormente se realizó para cada una de las ROI's tanto en las radiografías *pre* como en las *post*. Seguidamente se procedió a realizar una comparación entre

los valores de DF obtenidos a través de los gráficos, los resultados se expresaron con el signo “+” cuando se presentó un aumento de la DF en el *post* con respecto a la misma zona en el *pre*, y con el signo “-” si la DF disminuía. Para el caso expuesto en la Fig. 3, se evidencia un aumento de la DF en la mayoría de los ROI’s que delimitan el implante (Fig. 6a).

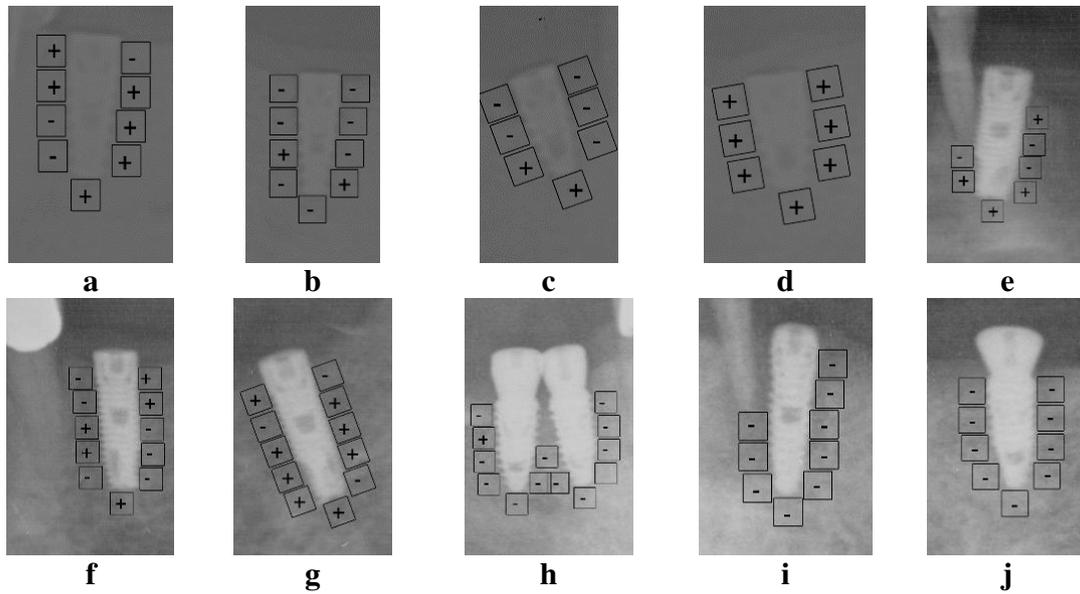


Figura 6. Representación de la diferencia de la DF. a) Para la figura 3. b), c), d), e), f) y g) Implante sin carga, h) y j) Implante con carga inmediata.

Se realizó un diagrama de cajas de la DF para los implantes sumergidos, y para los implantes que tienen un tornillo de cicatrización (Fig. 6h y Fig. 6j), los cuales reciben carga progresiva pero inmediata, ambos antes y después de colocado el implante.

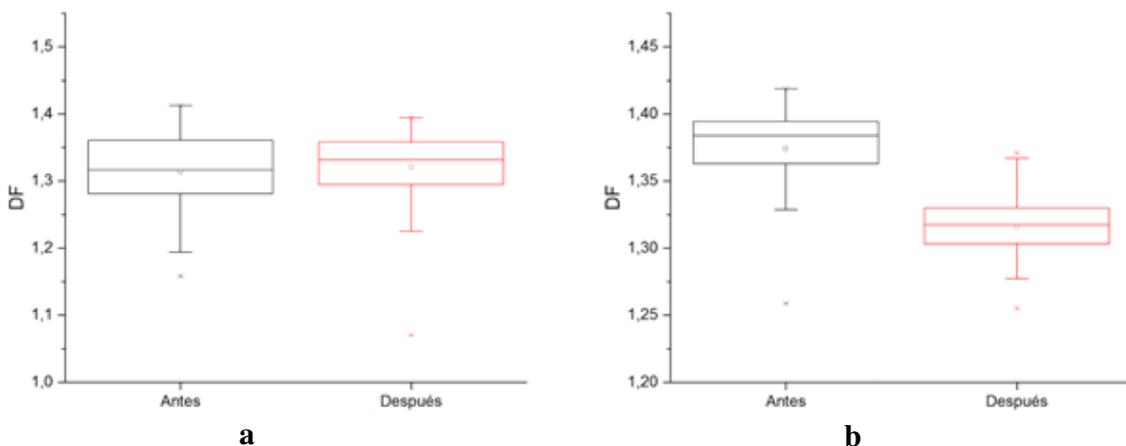


Figura 7. Diagrama de cajas (Boxplot) de la DF para los implantes a) sumergidos y b) con carga inmediata.

4. CONCLUSIONES

Los resultados preliminares, se evidencia una disminución de la DF en el caso de los implantes que reciben carga progresiva, a diferencia de los implantes sumergidos, en los cuales su DF antes y después no presenta una variación significativa que pueda tomarse como referencia para distinguir un momento de otro. Actualmente está en proceso el análisis de los casos a los seis meses después de colocados estos dispositivos. Es necesario analizar un mayor número de casos para poder establecer si con esta técnica es posible realizar pronósticos de casos tratados con implantes dentales. Esto constituiría un importante aporte para la práctica clínica odontológica, la cual presenta una creciente demanda de tratamientos implantológicos.

REFERENCIAS

- [1].Uzcátegui G, Dávila E, Cerrolaza M. A simple and efficient methodology to improve design proposals of dental implants. A design case study. *Biomedical Engineering: Applications, Basis and Communications*, Vol. 27, No. 3 (2015).
- [2].Misch C. *Prótesis dental sobre implantes*. Elsevier Mosby. Madrid - España, 2007.
- [3].Conrado, A. *Tratamiento de superficies sobre titanio comercialmente puro para la mejora de la osteointegración de los implantes dentales*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona, 2007.
- [4].Danza M, Palmieri A, Farinella F, Brunelli G, Carinci F, Girardi A, Spinelli, G. Three Dimensional Finite Element Analysis to Detect Stress Distribution in Spiral Implants and Surrounding Bone. *Dental Research Journal*. 6 (2), 2009.
- [5].Sánchez I y Uzcátegui G. Fractals in dentistry. *Journal of dentistry*, 39, 273-292, 2011.
- [6].Lopes R, Betrouni N. Fractal and multifractal analysis: a review. *Medical Image Analysis*; 13: 634–49, 2009.
- [7].Smith TG, Lange GD, Marks WB. Fractal methods and results in cellular morphology – dimensions, lacunarity and multifractals. *Journal of Neuroscience Methods*; 69:123–36, 1996
- [8].Sansare K, Singh D, Karjodkar F. Changes in the fractal dimension on pre- and post-implant panoramic radiographs. *Oral Radiol* 28:15–23, 2012
- [9].Watanabe A, Monteiro A, Campbell T, Elejalde A. Análisis del patrón óseo trabecular de mandíbulas maceradas en radiografías panorámicas digitales. *Int. J. Morphol.*, 24(3):369-376, 2006.