

# Evaluación geométrica de la saturación, presión de dióxido de carbono y oxígeno de gases venosos

*Evaluating geometric saturation pressure of carbon dioxide and oxygen in venous gases*

César Valdés-Cadena,\*,\*\*,\*\* Javier Rodríguez-Velásquez,\*,\*\*,\*\*

Signed Prieto-Bohórquez,\*\*,\*\* Catalina Correa-Herrera,\*,\*\*,\*\*

Henry Oliveros-Rodríguez,\*\*,\*\* Alfonso Leyva-Rojas,\*\*,\*\* Jairo Bautista-Mesa,\*\*

Sandra Medina-Araújo,\*\* Jorge Ramírez,\*\*,\*\* Yolanda Soracipa-Muñoz\*\*,\*\*

## Palabras clave:

Gases venosos, sistemas no lineales, saturación venosa de oxígeno, presión venosa de oxígeno, la presión venosa de dióxido de carbono.

## Key words:

Venous gas, nonlinear systems, venous oxygen saturation, venous oxygen pressure, venous carbon dioxide pressure.

\* Línea de profundización, internado especial y semillero: Teorías físicas y matemáticas aplicadas a la medicina. Bogotá, Colombia.  
\*\* Centro de Investigaciones Clínica del Country. Bogotá, Colombia.  
\*\*\* Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia.  
\*\*\*\* Hospital Militar Central. Bogotá, Colombia.  
\*\*\*\*\* Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.  
\*\*\*\*\* Universidad Cooperativa De Colombia. Villavicencio, Colombia.

## RESUMEN

**Antecedentes:** El comportamiento caótico de la dinámica cardíaca normal y aguda ha sido evaluado cuantitativamente durante 16 horas en el contexto de la teoría de los sistemas dinámicos y la geometría fractal. **Objetivo:** Establecer una nueva medida matemática y geométrica para caracterizar la saturación venosa de oxígeno (SvO<sub>2</sub>), la presión venosa de oxígeno (PvO<sub>2</sub>) y de dióxido de carbono (PvCO<sub>2</sub>), en el contexto de la teoría de los sistemas dinámicos. **Material y métodos:** Se registraron los valores de la SvO<sub>2</sub>, la PvO<sub>2</sub> y de la PvCO<sub>2</sub>, tomados de los reportes clínicos de gases de 10 pacientes, para construir atractores caóticos en el mapa de retardo, posteriormente se establecieron los valores mínimos y máximos de la totalidad del atractor. **Resultados:** Los valores mínimos y máximos de los atractores de SvO<sub>2</sub>, la PvO<sub>2</sub> y de la PvCO<sub>2</sub> variaron entre 49.30 y 99.80%, 26.10 y 96.40 mmHg, 27.60 y 65mmHg, respectivamente. **Conclusiones:** Se observó un comportamiento caótico de las variables hemodinámicas, cuantificable a partir de los valores mínimos y máximos de cada atractor estableciendo de esta manera una nueva medida matemática, geométrica y física para evaluar estas tres variables hemodinámicas de interés en la Unidad de Cuidados Intensivos.

## ABSTRACT

**Background:** The chaotic behavior of normal and acute cardiac dynamics has been evaluated correctly for 16 hours in the context of the theory of dynamical systems and fractal geometry. **Objective:** To establish a new mathematical and geometric measure to characterize venous oxygen saturation (SvO<sub>2</sub>), venous oxygen pressure (PvO<sub>2</sub>) and venous carbon dioxide pressure (PvCO<sub>2</sub>), in the context of dynamic systems theory. **Material and methods:** The values of the SvO<sub>2</sub>, the PvO<sub>2</sub> and the PvCO<sub>2</sub> were taken from the clinical reports of gases from 10 patients to build chaotic attractors on the delay map, then the minimum and maximum values of the entire attractor were calculated. **Results:** The minimum and maximum values of the attractors of venous oxygen saturation, oxygen venous pressure and carbon dioxide venous pressure varied between 49.30 and 99.80%, 26.10 and 96.40 mmHg, 27.60 and 57.80 mmHg, respectively. **Conclusions:** Chaotic behavior of the hemodynamic variables was observed, which was measured from the minimum and maximum values for each attractor thus establishing a new mathematical, geometrical and physical measurement to assess these three hemodynamic variables of interest in the Intensive Care Unit.

## INTRODUCCIÓN

La teoría de los sistemas dinámicos surge a partir del estudio del sistema solar, siendo éste considerado como un sistema dinámico.<sup>1</sup> El espacio de fase describe la trayectoria de un sistema y su comportamiento, en el cual se pueden observar tres tipos de atractores, cuya información subyacente determina el carácter predecible o impredecible del sistema.<sup>2</sup> Las

variables dinámicas del sistema dibujan en el espacio de fase diferentes tipos de atractores, los atractores que tienden a un punto o a un ciclo son considerados predecibles, en cambio, atractores con apariencia caótica o irregular son considerados impredecibles.<sup>3</sup> La irregularidad de estos atractores puede ser medida con la dimensión fractal.<sup>4</sup> Los atractores caóticos, dentro de los cuales se incluyen los graficados con la dinámica cardíaca y los fractales salvajes,

Recibido:  
23/09/2015  
Aceptado:  
18/02/2016

son calculados mediante el método de *Box-Counting*.<sup>5</sup>

Los pacientes que ingresan a la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) son atendidos por diferentes especialistas y se enfocan con protocolos diferentes, buscando definir los criterios para metas terapéuticas que contribuyan a mejorar su estado de salud. Entre los procedimientos que se llevan a cabo de manera rutinaria en la UCI, se encuentran los análisis de sangre, mediante los cuales se puede valorar el estado de enfermedades agudas, accidentes y otras emergencias.<sup>6</sup> Para la toma de decisiones sobre la pertinencia de procedimientos invasivos como son la intubación, la ventilación mecánica y el manejo adecuado de problemas metabólicos, se hace un análisis de gases arteriales.<sup>6,7</sup>

En la actualidad, los trabajos desarrollados en el contexto de la teoría de los sistemas dinámicos y la geometría fractal, han contribuido de manera significativa en el estudio de casos clínicos en áreas como la fisiología y la cardiología. El trabajo de Goldberger et al., contradice la noción de homeostasis, al revelar la existencia de comportamientos excesivamente periódicos o aleatorios asociados con la enfermedad, encontrando en medio de estos dos comportamientos la normalidad.<sup>8</sup> Otros trabajos como los de Huikuri et al., desarrollaron índices predictores de mortalidad que superan los convencionales al estudiar la dinámica cardíaca en pacientes postinfartados y con fracción de eyección (FE) menor al 35%.<sup>9</sup> Sin embargo, son estudios que no evidencian aún su aplicación clínica.<sup>10</sup>

A la luz de estos resultados se han desarrollado las primeras metodologías diagnósticas de aplicación clínica que permiten caracterizar el comportamiento caótico de la dinámica durante 21 horas.<sup>10-19</sup> Entre ellas se encuentra una nueva metodología, en la que a partir de la evaluación de los espacios ocupados por los atractores caóticos cardíacos, medidos mediante el método de *Box-Counting*, se diferenciaron de manera geométrica y cuantitativa dinámicas cardíacas normales de enfermedad aguda.<sup>10</sup> La aplicabilidad y reproductibilidad clínica de la metodología fue confirmada en un estudio ciego hecho a 115 dinámicas

cardíacas, hallando valores de sensibilidad y especificidad del 100% y un coeficiente Kappa de uno.<sup>12</sup> Recientemente, la metodología logró evaluar la dinámica cardíaca durante 16 horas a partir de los registros electrocardiográficos continuos y/o Holter, de pacientes críticos ingresados a la UCI postquirúrgicos del Hospital Militar Central. Los primeros resultados de las dinámicas cardíacas evaluadas durante 16 horas fueron presentados en congresos de medicina a nivel nacional e internacional.<sup>13,14</sup> Así mismo, la metodología demostró su futura aplicación en UCI especializadas en diferentes áreas de la medicina.

El propósito del presente trabajo es caracterizar el comportamiento dinámico de la  $SvO_2$ , la  $PvO_2$  y la  $PvCO_2$ , como variables de un sistema dinámico en el contexto de la teoría de los sistemas dinámicos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Contando con la respectiva aprobación del Comité de Ética en Investigación del Hospital Militar Central, de acuerdo con el Acta No. 19696 del 13 de julio de 2015, se realizó un estudio observacional de corte transversal a partir de las muestras de sangre venosa analizada en un equipo COBAS b221, recopilando los valores de la  $SvO_2$ , la  $PvO_2$  y la  $PvCO_2$ .

### Población

Para el estudio se seleccionaron 10 sujetos mayores a 21 años, los cuales ingresaron a la UCI de pacientes postquirúrgicos del Hospital Militar Central, quienes por su condición clínica al ingreso y durante los días de estancia en la UCI, requirieron de la evaluación de gases venosos de acuerdo con el criterio del especialista, ya fuera para hacer seguimiento de la función pulmonar, la efectividad de procedimientos invasivos como es la intubación y la ventilación mecánica, incluyendo seguimientos metabólicos, o de otras funciones vitales de sujetos que se encuentren en condición crítica. Los resultados clínicos de gases venosos fueron consultados de la base de datos en la cual se encuentran los resultados clínicos de los pacientes que ingresan a la UCI de pacientes postquirúrgicos.

### Procedimiento

Para los valores de la SvO<sub>2</sub>, la PvO<sub>2</sub> y la PvCO<sub>2</sub> tomados del análisis de gases venosos, se diseñó un formato de registro, en el cual se incluyeron los valores de registros de gases venosos hechos entre dos y tres veces en un mismo día, registros diarios y registros con intervalos de uno o más días sin que se haya hecho análisis de gases venosos. Estos valores fueron utilizados para generar un atractor caótico a partir del mapa de retardo para cada paciente. Finalmente, se establecieron los valores mínimos y máximos de la SvO<sub>2</sub>, la PvO<sub>2</sub> y la PvCO<sub>2</sub> en el mapa de retardo (figuras 1-3), con el fin de observar valores característicos de esta variable hemodinámica. El mapa de retardo fue generado en un espacio de dos dimensiones en el que se representó la dinámica del sistema de manera gráfica mediante la ubicación de pares ordenados de valores consecutivos de la SvO<sub>2</sub>, la PvO<sub>2</sub> y la PvCO<sub>2</sub>, dando como resultado un atractor para cada una de estas variables.

Las funciones que tiene el análisis de gases venosos para el especialista, en relación a un procedimiento específico llevado a cabo con el paciente en la UCI de pacientes postquirúrgicos, no fueron consideradas en el presente estudio. Debido a que el estudio busca caracterizar el comportamiento de la SvO<sub>2</sub>, la PvO<sub>2</sub> y la PvCO<sub>2</sub> como variables dinámicas del sistema, medibles en el contexto de la teoría del caos.

### RESULTADOS

El diagnóstico clínico de ingreso de los pacientes seleccionados para el estudio de la UCI de pacientes postquirúrgicos se puede observar en el cuadro I. Los valores mínimos y máximos de los atractores de la SvO<sub>2</sub> en el mapa de retardo se hallaron entre 49.30 y 99.80%. Para los casos con condición de salida «vivo» se encontraron valores entre 57.30 y 99.80%; entre 49.30 y 97.40% para los de condición de salida «muerto». Para la PvO<sub>2</sub> los valores mínimos y máximos

Cuadro I. Diagnóstico clínico de ingreso y evolución de los sujetos seleccionados para el estudio.

Núm.	Edad	Género	APACHE	Diagnóstico clínico
1	86	M	19.00	Neumonía postreanimación. Paciente con soporte ventilatorio y traqueotomía
2	70	F	16.00	Neumonía no especificada. Paciente con soporte ventilatorio
3	47	F	26.00	Shock hemorrágico, hemorragia gastrointestinal, cirrosis hepática alcohólica <i>child</i> tipo B Paciente con soporte ventilatorio, ventilación mecánica por tubo orotraqueal
4	49	F	20.00	Fístula del intestino, sepsis de origen abdominal. Paciente con soporte ventilatorio y con cánula de traqueotomía
5	61	F	30.00	Insuficiencia renal aguda, no especificada, lupus eritematoso sistémico con compromiso de órganos o sistemas. Paciente con soporte ventilatorio, intubación traqueal
6	81	F	30.00	Estado postreanimación (dos episodios de actividad eléctrica sin pulso, 2 min., asistolia 45 segundos). POP toracoscopia (convertida en toracotomía) para drenaje de hematoma extra pleural. Paciente con soporte de ventilación mecánica, catéter venoso yugular. Presentó hipertensión arterial crónica, stent en aorta abdominal por estenosis, choque hipovolémico
7	91	F	NC: no calculado	Hemorragia subaracnoidea no especificada
8	91	F	43.00	Sepsis de origen biliar, trastornos hidroelectrolíticos. Crisis convulsivas serias, paciente con soporte ventilatorio, presentó neumonía bacteriana no especificada, episodios de hipertensión y bradicardia
9	71	M	18.00	Sepsis pulmonar. Paciente con soporte ventilatorio
10	60	F	44.00	Disfunción orgánica múltiple. Paciente con soporte ventilatorio quien presentó falla ventilatoria por lo cual se hace protección de la vía aérea, enfermedad pulmonar obstructiva crónica con exacerbación aguda no especificada. Neumonía bacteriana no especificada, requirió de intubación y soporte vasopresor

variaron entre 26.10 y 96.40 mmHg, para los de condición de salida «vivo» entre 27.20 y 65.60 mmHg, y «muerto» entre 26.10 y 96.40 mmHg. Los valores mínimos y máximos para la  $PvCO_2$  variaron entre 27.60 y 65.00 mmHg, para los de condición de salida «vivo» entre 30.90 y 65.00 mmHg, y para los de condición de salida «muerto» entre 27.60 y 57.80 mmHg (Cuadro II).

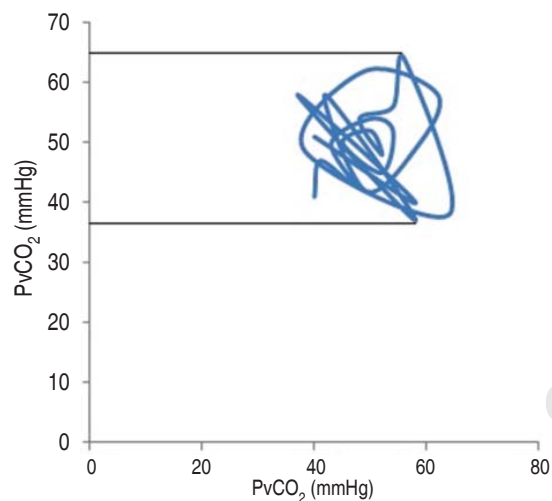
## DISCUSIÓN

Éste es el primer trabajo matemático y geométrico que caracteriza el comportamiento caótico de la saturación venosa de oxígeno, la presión de oxígeno y el dióxido de carbono venoso, como variables dinámicas cuantificables y diferenciables en el contexto de los

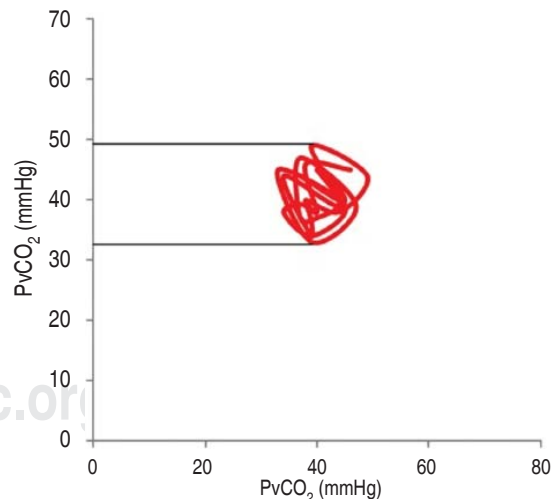
**Cuadro II.** Valores mínimos y máximos de los atractores caóticos de la  $SvO_2$ , la  $PvO_2$  y la  $PvCO_2$  de los reportes clínicos de gases venosos de los pacientes de la UCI de pacientes postquirúrgicos, seleccionados para el estudio con condición de egreso.

Núm.	$SvO_2$ %		$PvO_2$ mmHg		$PvCO_2$ mmHg		Egreso
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	
1	70.60	79.20	40.00	47.40	33.50	50.50	V
2	57.30	99.80	27.20	53.00	36.10	65.00	V
3	76.90	83.30	40.50	54.00	37.60	46.60	V
4	69.60	69.60	39.90	39.90	35.20	35.20	V
5	69.30	89.70	34.50	65.60	30.90	46.20	V
6	53.10	64.30	30.30	35.20	42.80	57.80	M
7	55.20	88.40	32.10	50.20	27.80	38.20	M
8	49.30	79.10	26.10	46.20	31.80	49.40	M
9	58.50	97.40	35.70	96.40	27.60	51.50	M
10	57.90	57.90	42.30	42.70	31.20	32.90	M

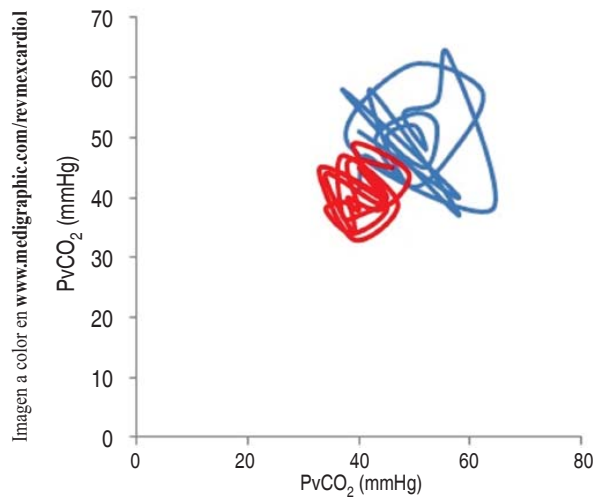
V: vivo y M: muerto.



**Figura 1.** Representa el atractor de la  $PvCO_2$  del paciente Núm. 2, con egreso «vivo» de la UCI. Las líneas negras que conectan el eje vertical y el atractor señalan los valores máximo y mínimo del atractor en el mapa de retardo.



**Figura 2.** Representa el atractor de  $PvCO_2$  del paciente Núm. 8, con egreso «muerto» de la UCI. Las líneas negras que conectan el eje vertical y el atractor señalan los valores máximo y mínimo del atractor en el mapa de retardo.



**Figura 3.** Representa la superposición de los atractores de la  $PvCO_2$  de las figuras 1 y 2. Rojo: atractor con condición de salida muerto de UCI. Azul: atractor de paciente con condición de salida vivo de UCI.

sistemas dinámicos. El presente estudio plantea una nueva forma de interpretar los resultados de estas tres variables, a partir de los valores mínimos y máximos de los atractores. La metodología tiene como fundamento subyacente la no causalidad, permitiendo establecer órdenes físico-matemáticos que dejan al margen el análisis de relaciones causales que usualmente se realizan en la clínica convencional.

El análisis de gases en sangre contribuye en el diagnóstico que permite determinar la gravedad de una condición particular, la intensidad de la vigilancia necesaria, así como la intervención que debe tener lugar.<sup>15</sup> Sin embargo, por años se viene discutiendo el correcto análisis de gases, ya sean éstos arteriales o venosos,<sup>16-19</sup> la efectividad de los mismos para evaluar la condición de paciente, las limitaciones y ventajas que cada uno tiene en relación al sitio de punción.<sup>16,17</sup> Otros estudios en cambio, consideran que puede haber errores que tienen lugar durante y después del análisis de la muestra de sangre<sup>19</sup>, así como otros originados por el tipo de jeringa<sup>20</sup> utilizada para hacer la punción. En este orden de ideas, los problemas citados se pueden solucionar en la medida que se desarrolle un sistema de medida que permita un diagnóstico objetivo y reproducible, independiente de

la subjetividad médica. El presente estudio fundamentado en los principios de la física y las matemáticas modernas, permite una cuantificación objetiva y reproducible del comportamiento de la  $SvO_2$ , la  $PvO_2$  y la  $PvCO_2$ , que en un futuro será de utilidad para desarrollar, junto con otras variables hemodinámicas, predicciones de mortalidad en la UCI, obteniendo una validez mayor a la que ofrecen las escalas de riesgo de mortalidad que se usan hoy día en los servicios de urgencias y unidades de cuidados intensivos, tales como el APACHE.

Los primeros trabajos que han evaluado el comportamiento caótico de la dinámica cardíaca, independientemente de si la actividad eléctrica del corazón está registrada mediante registros electrocardiográficos continuos o Holter,<sup>13</sup> han observado que la disminución del espacio ocupado por el atractor a medida que va evolucionando la agudización, permite el establecimiento de medidas objetivas que establecen rangos de valores numéricos que permiten cuantificar qué tan alejada se encuentra la dinámica cardíaca aguda de la normalidad.<sup>10</sup> Posteriormente, se desarrolló una nueva metodología diagnóstica que evalúa la dinámica cardíaca normal y con enfermedad aguda en el contexto de una ley matemática, delimitando en un espacio físico y matemático todas las posibles dinámicas cardíacas en evolución. Mediante la aplicación de esta ley matemática se ha logrado cuantificar el grado de agudización de la dinámica cardíaca diagnosticada clínicamente con arritmia.<sup>21</sup> La reproductibilidad y la aplicabilidad clínica de la metodología fue confirmada en un estudio ciego con 150 dinámicas cardíacas con diferentes patologías hallando valores de sensibilidad y especificidad del 100% y un coeficiente kappa de uno.<sup>22</sup> Con esta metodología también se evaluó la dinámica cardíaca neonatal en tres momentos claves antes de darse el episodio de sepsis.<sup>23</sup>

Otras metodologías desarrolladas para evaluar la dinámica cardíaca han aplicado teorías físicas y matemáticas como la de la probabilidad y la entropía, confirmando la reproductibilidad clínica de la metodología en estudios ciegos hechos en 450 y 600 registros Holter con diferentes patologías.<sup>24,25</sup> La aplicabilidad clínica ha sido confirmada mediante pruebas diagnósticas hallando valores de sensibilidad y

especificidad del 100% y un coeficiente Kappa de uno.<sup>24,25</sup> En un estudio realizado en la Unidad de Cuidados Coronarios, la metodología logró predecir la evolución a un estado de agudización de la dinámica cardiaca, aun cuando la evaluación clínica no presentaba síntomas de alerta evidentes.<sup>26</sup>

Metodologías desarrolladas bajo esta misma perspectiva han logrado hacer predicciones del número de infectados de malaria y dengue en Colombia.<sup>27,28</sup> En infectología, se han hecho predicciones del número de linfocitos T CD4 de pacientes con VIH/SIDA a partir del cuadro hemático.<sup>29,30</sup> Para la inmunología se han hecho predicciones de péptidos de unión.<sup>31,32</sup> Otras metodologías han evaluado de manera correcta la irregularidad de arterias coronarias en un modelo experimental de reestenosis,<sup>33</sup> la evaluación de los diferentes estadios de células preneoplásicas de cuello uterino,<sup>34,35</sup> así como el grado de irregularidad de diferentes eritrocitos de sangre periférica.<sup>36,37</sup>

#### Agradecimientos

El presente trabajo de investigación hace parte de los productos alcanzados para el protocolo C025-2014, financiado por el fondo de investigaciones del Hospital Militar Central. Agradecemos a la Doctora Luz Mabel Ávila, Jefe de la Unidad de Investigación Científica y al Coronel Médico Luis Castro, Subdirector de Docencia e Investigación Científica. Así también agradecemos a Jaime Sánchez por su apoyo.

Agradecemos al Centro de Investigaciones de la Clínica del Country, a los Doctores Tito Tulio Roa, Director de Educación Médica, a Jorge Ospina, Director Médico y Alfonso Correa, Director del Centro de Investigaciones, a la Doctora Adriana Lizbeth Ortiz, Epidemióloga, Silvia Ortiz, Enfermera Jefe del Centro de Investigaciones, a Sandra Rodríguez enfermera del Centro de Investigaciones y a los Bacteriólogos del Centro de Investigaciones Juan Camilo Benítez y Juan Alexander Rojas.

Extendemos nuestros agradecimientos a las directivas de la Universidad Militar Nueva Granada y la Facultad de Medicina.

#### REFERENCIAS

1. Feynman R, Leighton R, Sands M. Física Vol. 3. Wilmington: Addison-Wesley Iberoamericana, S. A.; Leyes de Newton de la Dinámica; Capítulo 9, 1987, pp. 9-1-9-14.
2. Peitgen H, Jurgens H, Saupe D. Chaos and fractals; new frontiers of science. New York: Springer; 1992.
3. Devaney R. A first course in chaotic dynamical systems theory and experiments. Reading Massachusetts: Addison-Wesley; 1992.
4. Mandelbrot B. The fractal geometry of nature. Barcelona: Freeman, Tusquets Eds S.A.; 1972.
5. Falconer K. Fractal geometry. Mathematical foundations and applications. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd; 2003.
6. Ayres S, Holbrook P, Shoemaker W. Tratado de medicina crítica y terapia intensiva. 4ª edición. Bogotá: Editorial médica panamericana; 2000.
7. Acevedo L, Solarte L. Gasimetría arterial en adultos jóvenes a nivel del mar. Acta Médica Colombiana. 1984; 9 (1): 7-14.
8. Goldberger AL, Amaral LA, Hausdorff JM, Ivanov PCH, Peng CK, Stanley HE. Fractal dynamics in physiology: alterations with disease and aging. Proc Natl Acad Sci USA. 2002; 99 (Suppl. 1): 2466-2472.
9. Huikuri HV, Mäkikallio T, Peng CK, Goldberger AL, Hintze U, Møller M et al. Fractal correlation properties of R-R interval dynamics and mortality in patients with depressed left ventricular function after and acute myocardial infarction. Circulation. 2000; 101 (1): 47-53.
10. Rodríguez J, Prieto S, Avilán N, Correa C, Bernal P, Ortiz L et al. Nueva metodología física y matemática de evaluación del Holter. Rev Colomb Cardiol. 2008; 15: 50-54.
11. Rodríguez J. Mathematical law of chaotic cardiac dynamic: predictions of clinic application. J Med Med Sci. 2011; 2 (8): 1050-1059.
12. Rodríguez J, Prieto S, Bernal P, Soracipa Y, Salazar G, Isaza D et al. Nueva metodología de ayuda diagnóstica de la dinámica geométrica cardiaca dinámica cardiaca caótica del holter. Rev Acad Colomb Cienc. 2011; 35 (134): 5-12.
13. Rodríguez J, Prieto S, Correa C, Oliveros H, Soracipa Y, Amaya J et al. Sistemas dinámicos aplicados a la disminución del tiempo de diagnóstico de la dinámica cardiaca de 24 a 16 horas en holter y registros electrocardiográficos continuos. X Congreso de Medicina Crítica y Cuidado Intensivo. Cartagena, Colombia. 2015.
14. Rodríguez J, Prieto S, Correa C, Bautista J, Velasco A, Méndez et al. Mathematics physical assessment of cardiac dynamics based on theory of probability and proportions of entropy in the intensive care unit for patients with arrhythmia. J Nucl Med Radiat Ther. 2015; 6: 4.
15. Awasthi S, Rani R, Malviya D. Peripheral venous blood gas analysis: An alternative to arterial blood gas analysis for initial assessment and resuscitation in emergency and intensive care unit patients. Anesth Essays Res. 2013; 7 (3): 355-358.
16. Razi E, Nasiri O, Akbari H, Razi A. Correlation of arterial blood gas measurements with venous blood gas

- values in mechanically ventilated patients. *Tanaffos*. 2012; 11 (4): 30-35.
17. Masip J, De Mendoza D, Planas K, Paez J, Sanchez B, Cancio B. Peripheral venous blood gases and pulse-oximetry in acute cardiogenic pulmonary oedema. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care*. 2012; 1 (4): 275-280.
  18. Treger R, Pirouz S, Kamangar N, Corry D. Agreement between central venous and arterial blood gas measurements in the intensive care unit. *Clin J Am Soc Nephrol*. 2010; 5 (3): 390-394.
  19. Baird G. Preanalytical considerations in blood gas analysis. *Biochem Med (Zagreb)*. 2013; 23 (1): 19-27.
  20. Küme T, Rıza A, Solak A, Tuğlu B, Çinkooğlu B, Çoker C. The effects of different syringe volume, needle size and sample volume on blood gas analysis in syringes washed with heparin. *Biochem Med (Zagreb)*. 2012; 22 (2): 189-201.
  21. Rodríguez J, Prieto S, Domínguez D, Correa C, Melo M, Pardo J et al. Application of the chaotic power law to cardiac dynamics in patients with arrhythmias. *Rev Fac Med*. 2014; 62 (4): 539-546.
  22. Rodríguez J, Correa C, Melo M, Domínguez, D, Prieto S, Cardona DM et al. Chaotic cardiac law: Developing predictions of clinical application. *J Med Med Sci*. 2013; 4 (2): 79-84.
  23. Rodríguez J, Prieto S, Flórez M, Alarcón C, López R, Aguirre G et al. Physical-mathematical diagnosis of cardiac dynamic on neonatal sepsis: predictions of clinical application. *J Med Med Sci*. 2014; 5 (5): 102-108.
  24. Rodríguez J, Prieto S, Domínguez D, Melo M, Mendoza F, Correa C et al. Mathematical-physical prediction of cardiac dynamics using the proportional entropy of dynamic systems. *J Med Med Sci*. 2013; 4 (8): 370-381.
  25. Rodríguez J, Prieto S, Correa C, Soracipa Y, Aguirre G, Méndez L. Proportional entropy applied to the clinical diagnostic of cardiac dynamic: blind study with 600 holter. The 61st Annual Conference of the Israel Heart Society in association with The Israel Society of Cardiothoracic Surgery; 2014; Israel.
  26. Rodríguez J, Prieto S, Bernal P, Izasa D, Salazar G, Correa C et al. Entropía proporcional aplicada a la evolución de la dinámica cardiaca Predicciones de aplicación clínica. En: *La emergencia de los enfoques de la complejidad en América Latina*. Tomo I. Argentina: Comunidad del Pensamiento complejo; 2015, pp. 247-264.
  27. Rodríguez J. Método para la predicción de la dinámica temporal de la malaria en los municipios de Colombia. *Rev Panam Salud Pública*. 2010; 27 (3): 211-218.
  28. Rodríguez J, Vitery S, Puerta G, Muñoz D, Rojas I, Pinilla L et al. Dinámica probabilista temporal de la epidemia de dengue en Colombia. *Rev Cubana Hig Epidemiol*. 2011; 49 (1): 74-83.
  29. Rodríguez J, Prieto S, Correa C, Pérez C, Mora J, Bravo J et al. Predictions of CD4 lymphocytes' count in HIV patients from complete blood count. *BMC Medical Physics*. 2013; 13: 3.
  30. Rodríguez J, Prieto S, Melo Martha, Domínguez D, Correa C, Soracipa Y et al. Predicción del número de linfocitos T CD4 en sangre periférica a partir de teoría de conjuntos y probabilidad en pacientes con VIH/SIDA. *Inmunología*. 2014; 33: 113-120.
  31. Rodríguez J, Bernal P, Álvarez L, Pabón S, Ibáñez S, Chapuel N et al. Predicción de unión de péptidos de MSP-1 y EBA-140 de plasmodium falciparum al HLA clase II Probabilidad, combinatoria y entropía aplicadas a secuencias peptídicas. *Inmunología*. 2010; 29 (3): 91-99.
  32. Rodríguez J, Bernal P, Prieto S, Correa C. Teoría de péptidos de alta unión de malaria al glóbulo rojo. Predicciones teóricas de nuevos péptidos de unión y mutaciones teóricas predictivas de aminoácidos críticos. *Inmunología*. 2010; 29 (1): 7-19.
  33. Rodríguez J, Prieto S, Correa C, Bernal P, Puerta G, Vitery S et al. Theoretical generalization of normal and sick coronary arteries with fractal dimensions and the arterial intrinsic mathematical harmony. *BMC Medical Physics*. 2010; 10: 1.
  34. Prieto S, Rodríguez J, Correa C, Soracipa Y. Diagnosis of cervical cells based on fractal and Euclidian geometrical measurements: Intrinsic Geometric Cellular Organization. *BMC Med Phys*. 2014; 14: 2.
  35. Velásquez J, Prieto S, Correa C, Domínguez D, Velásquez DM, Melo M. Geometrical nuclear diagnosis and total paths of cervical cell evolution from normality to cancer. *J Cancer Res Ther*. 2015; 11 (1): 98-104.
  36. Correa C, Rodríguez J, Prieto S, Álvarez L, Ospino B, Munévar A et al. Geometric diagnosis of erythrocyte morphophysiology. *J Med Med Sci*. 2012; 3 (11): 715-720.
  37. Rodríguez J, Prieto S, Correa S, Mejía M, Ospino B, Munévar Á et al. Simulación de estructuras eritrocitarias con base en la geometría fractal y euclidiana. *Archivos de Medicina Umanizales*. 2014; 14 (2): 276-284.

**Dirección de correspondencia:**

**Dr. Javier Rodríguez Velásquez**  
Cra. 79B N° 51-16 Sur. Int. 5. Apto. 102,  
Barrio Kennedy, Bogotá D.C., Colombia.  
Tel: 4 52 7541  
E-mail: grupoinight2025@yahoo.es

[www.medigraphic.org.mx](http://www.medigraphic.org.mx)