

PREDICCIÓN MATEMÁTICA DE LA RELACION MARGINAL CAPITAL PRODUCTO ANUAL CON BASE EN UNA METODOLOGIA FUNDAMENTADA EN LA CAMINATA AL AZAR PROBABILISTICA

MATHEMATICAL PREDICTION OF THE ANNUAL MARGINAL CAPITAL-OUTPUT RATIO BASED ON A PROBABILISTIC RANDOM WALK METHODOLOGY

JOSE REYES BERNAL-BELLON*

GEDES, Universidad Antonio Nariño

JAIME RODRIGUEZ*

GEDES, Universidad Antonio Nariño

JAVIER OSWALDO RODRIGUEZ VELASQUEZ**

Grupo Insight

SANDRA CATALINA CORREA HERRERA**

Grupo Insight

SIGNED ESPERANZA PRIETO BOHORQUEZ**

Grupo Insight

JORGE ELIECER GAITAN MENDEZ***

GEICOS, Universidad Agustiniana

Resumen

Se ha demostrado que la variabilidad de la relación marginal capital producto es la que determina la tasa de crecimiento de las economías según el modelo de Harrod, por ello, es importante predecir su comportamiento. Este trabajo desarrolla una metodología basada en la caminata al azar

* Grupo de estudios en desarrollo económico y social GEDES. Universidad Antonio Nariño. Bogotá, Colombia. E-mail: jose.bernal@uan.edu.co

** Grupo Insight. Insight Research Group SAS. Bogotá, Colombia. E-mail: grupoinsight2025@gmail.com

*** GEICOS. Universidad Agustiniana. Bogotá, Colombia. E-mail: joelgamen118@yahoo.e
Dirección de correspondencia: Dr. José Reyes Bernal-Bellon. Universidad Antonio Nariño calle 58ª #37-94 Bogotá Colombia. Tel cel 3017718832.

probabilista para predecir la relación marginal capital producto anual de Colombia para el 2017 con base en la información de la base de datos Penn World Table desde 1993 hasta 2016. Se encontró que esta variable posee órdenes matemáticos subyacentes, lo que permite su predicción con una precisión del 97,69%.

Palabras clave: *Relación marginal capital producto, probabilidad, macroeconomía, tasa de crecimiento económico.*

Clasificación JEL: *C02, C53, C82.*

Abstract

It has been shown that the variability of the marginal capital product ratio is what determines the growth rate of economies according to Harrod's model; therefore, it is important to predict its behavior. This paper develops a methodology based on probabilistic random walk to predict the annual marginal capital product ratio of Colombia for the year 2017 based on information from the Penn World Table database from 1993 to 2016. It was found that this variable has underlying mathematical orders, which allows its prediction with an accuracy of 97.69%.

Keywords: *Marginal capital product ratio, probability, macroeconomics, economic growth rate.*

JEL Classification: *C02, C53, C82.*

INTRODUCCION

El entorno económico contemporáneo es cada vez más dinámico y globalizado, lo que ha generado que se contemplen herramientas que permitan entender y, en el escenario ideal, predecir las tendencias de las variables macroeconómicas que reflejen el crecimiento económico de los países. Una de las variables que representa interés contemporáneamente es la relación marginal capital producto $\Delta K/\Delta Y$, que usualmente presupone un valor relativamente constante pero que ha demostrado tener un comportamiento altamente variable, y es un fenómeno o una regularidad que se mantiene en todos los países del mundo (Bernal 2008a, 2008b 2010).

Lo anterior presupone que se generen tareas difíciles de explicar, particularmente el qué determina la relación $\Delta K/\Delta Y$, para que a partir de esta se pueda encontrar un modelo que prediga esa variable y se pueda pronosticar con un acierto adecuadamente

alto la tasa de crecimiento de los diferentes países del mundo (Mulligan, Threinen, 2009; Bernal, 2011). Lo anterior presupone explorar abordajes que estudien fenómenos altamente complejos que reflejen la volatilidad de la variable como aquellos que proporciona la física teórica por medio de la teoría de la probabilidad y la caminata al azar (Feynman, Leighton, Sands, 1964; Laplace, 1995; Mood, Graybill, Boes, 1974; Wiener, 1958; Lavenda, 1990).

La teoría de la probabilidad ha permitido cuantificar fenómenos aparentemente impredecibles y complejos de manera objetiva y reproducible. A partir de esta teoría y el movimiento browniano se desarrolló la caminata al azar, la que permite aproximar el estudio de fenómenos que exhiben irregulares en el tiempo. Por ejemplo, al realizar experimentos de lanzamientos de monedas repetidos, se ha logrado cuantificar la dinámica del experimento respecto del inicio, de manera que se caracteriza el fenómeno probabilista subyacente y se obtienen valores cuantitativos para predecir la evolución de los lanzamientos en rangos específicos (*et al.* Feynman, Leighton, Sands, 1964; Laplace, 1995; Mood, Graybill, Boes, 1974; Wiener, 1958, y Lavenda, 1990).

Sobre la base en los fundamentos matemáticos anteriores, se han desarrollado investigaciones en donde se ha caracterizado la dinámica de comportamientos altamente complejos, como la cantidad de personas que resultan infectadas anualmente por malaria, al igual que otras dinámicas como la presentación de casos de obesidad y la mortalidad asociada a lesiones causadas por tránsito (Rodríguez, Prieto, Correa, Pérez y Soracipa (2017), Rodríguez, Prieto, Fajardo, Correa, López y Castro (2015), Rodríguez, Jattin y Soracipa (2020)). Las predicciones que se han realizado desde esta perspectiva teórica han obtenido aciertos hasta del 95 % en comparación con los registros reportados por entidades especializadas, lo que evidencia su alta capacidad predictiva.

Considerando los diversos fenómenos en los que se ha aplicado la caminata al azar probabilista, se sugiere su extensión al estudio de variables de interés económico como la relación marginal capital producto anual a partir de la abstracción de todos los macrofactores relacionados en su análisis. Por esto, el propósito de esta investigación consiste en desarrollar una metodología que permita predecir el comportamiento anual de la relación marginal capital producto a partir de la caminata al azar probabilista y comprobar su aplicabilidad mediante una aplicación para predecir el comportamiento de la variable en Colombia para 2017.

METODOLOGIA

Diseño del estudio

Estudio observacional retrospectivo en el que se evaluó la tendencia de la relación marginal capital producto entre 1993 y 2016 para Colombia. Para ello se analizó el comportamiento geométrico de la dinámica de la relación por medio de la caminata

al azar probabilista (*et al.* Prieto, Correa, Pérez y Soracipa (2017), Rodríguez, Prieto, Fajardo, Correa, López y Castro (2015), Rodríguez, Jattin y Soracipa (2020)), posterior al haber graficado los valores anuales en un mapa bidimensional en el tiempo.

Procedimiento

Inicialmente, partiendo de los datos reportados en la base de datos Penn World Table Feenstra, Inklaar y Timmer (2015) se establecieron las longitudes de las variaciones anuales de la relación marginal capital producto, donde los valores del eje X representarán el valor de la relación marginal capital producto en un año, y por ser una variación de un año, al realizar la resta entre un año y otro dio como resultado cero.

La longitud de la relación marginal capital producto es calculada mediante la siguiente ecuación:

$$L = \sqrt{(X_1 - X_o)^2 + (Y_1 - Y_o)^2} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde, X_0 y Y_0 : son las coordenadas para el tiempo inicial; X_1 y Y_1 : son las coordenadas para el año siguiente y L : es la longitud de una variación anual.

Luego se construyó un espacio de probabilidad donde cada longitud L fue definido como un evento calculando la probabilidad de cada longitud, definida como el cociente de la relación marginal capital producto entre la suma total de las longitudes. Con base en este valor se calculó la proporción de la longitud respecto del mínimo valor de las longitudes hallado.

$$P(L) = \frac{\text{Longitud relación marginal capital producto}}{\text{Total longitudes}} = \frac{L}{TL} \quad \text{Ecuación (2)}$$

Posteriormente se calculó la probabilidad de la relación marginal capital producto para cada año $P(N)$, la que corresponde al valor de la relación marginal capital producto de dicho año dividido entre la suma total de estos cambios.

$$P(N) = \frac{\text{Relación marginal capital producto}}{\text{Total relaciones}} \quad \text{Ecuación (3)}$$

Para saber si existe un cargamiento de la probabilidad de esta dinámica, es decir, si los valores hallados son equiprobables o no, se usó la fórmula de la desviación media cuadrática equiprobable de la caminata al azar enunciada en la ecuación 4:

$$P(R_n) = \frac{\text{Relación marginal capital producto}}{\text{Total relaciones}} \pm \frac{1}{2\sqrt{N}} \quad \text{Ecuación (4)}$$

Con el fin de delimitar la dinámica de la relación marginal capital producto y determinar las predicciones se construyó un espacio de probabilidad que evalúa los últimos tres valores consecutivos de la dinámica de la relación marginal capital producto. Seguidamente se definió el promedio aritmético de estos tres períodos como el valor de la probabilidad para la longitud del período cuyo porcentaje fue predicho; finalmente se sustituyó este valor en la ecuación 1 y se despejó hasta obtener una ecuación cuadrática en función de Y (ecuación 5), obteniendo como solución dos valores que corresponden a la predicción.

$$Y_{\text{año a predecir}} = \frac{2Y_{\text{año a predecir}} \pm \sqrt{(-2Y_{\text{año a predecir}})^2 - 4\{Y_{\text{año a predecir}}^2 + (X_1 - X_0)^2 - [P(L)^2 \times (TL)^2]\}}{2}$$

Ecuación (5)

Donde: P(L) es el promedio aritmético de la probabilidad para los 3 últimos periodos, y TL es la sumatoria de las 3 longitudes de los tres últimos años.

Ulteriormente se construyó un espacio de probabilidad adicional compuesto por dos eventos: disminución (D) y aumento (A) de la relación marginal capital producto respecto del año anterior, y se estudió el comportamiento de períodos consecutivos de dos y tres años. Este espacio fue construido con el fin de determinar cuál de los dos valores cuantitativos ya obtenidos para la predicción es el que resulta más probable.

Finalmente se realizó una predicción para el 2017 y se comparó el resultado de la predicción con los valores reales reportados de la relación marginal capital producto por la base de datos Penn World Table, con el fin de confirmar las predicciones (Feenstra, Inklaar y Timmer, *et al.*).

RESULTADOS

Los valores de la relación marginal capital producto oscilaron entre -2,93 a 35,19 cuyas longitudes oscilaron entre 0,056 a 38,13 (ecuación 1) y sus probabilidades entre 0,0005 a 0,3067 (ecuación 2). Asimismo, los valores de la proporción de las distancias respecto de la distancia mínima encontrada para el periodo descrito estuvieron entre 0,001 y 1 (Tabla 1).

Por su parte, los valores de la desviación media cuadrática (ecuación 4) variaron entre 0,057 a 0,251 con valores de diferencia esperada entre -0,04 a 0,039 (Tabla 2), lo que evidencia que la relación marginal capital producto exhibe características de no equiprobabilidad, permitiendo su predicción.

TABLA 1

CALCULOS DE LONGITUDES POR PERIODO Y PROBABILIDAD DE LONGITUDES
PARA LA RMCP DE COLOMBIA

Año	Valor RMCP	L	Valor medio	P(L)
1993	4,704	-	-	
1994	5,339	0,635	0,017	0,0051
1995	5,181	0,158	0,004	0,0013
1996	10,852	5,671	0,149	0,0456
1997	6,345	4,507	0,118	0,0363
1998	35,191	28,846	0,757	0,2320
1999	-2,939	38,131	1,000	0,3067
2000	5,023	7,962	0,209	0,0640
2001	9,477	4,455	0,117	0,0358
2002	7,013	2,464	0,065	0,0198
2003	4,818	2,195	0,058	0,0177
2004	3,759	1,059	0,028	0,0085
2005	4,429	0,670	0,018	0,0054
2006	3,415	1,014	0,027	0,0082
2007	3,358	0,057	0,001	0,0005
2008	6,405	3,047	0,080	0,0245
2009	12,457	6,052	0,159	0,0487
2010	5,205	7,251	0,190	0,0583
2011	3,399	1,806	0,047	0,0145
2012	5,307	1,908	0,050	0,0153
2013	4,465	0,842	0,022	0,0068
2014	5,235	0,770	0,020	0,0062
2015	7,285	2,050	0,054	0,0165
2016	10,047	2,762	0,072	0,0222

RMCP: Relación marginal capital producto, L: Longitudes, P(L): Probabilidad de las longitudes.

El análisis probabilista de los aumentos y disminuciones consecutivas permitió evidenciar que el evento con mayor probabilidad de ocurrencia para el año a predecir correspondía al aumento con una magnitud asociada de 0,54 (Tabla 3), asimismo se analizó la probabilidad de aparición de periodos de 3 años consecutivos, en los que se evalúa el comportamiento probabilista de las combinaciones de aumentos y disminuciones en la serie, encontrando que el evento más probable para el siguiente año era un aumento, estos datos no se muestran.

Luego, se tomaron los datos correspondientes a los tres años previos al año a predecir para reemplazar estos valores en la ecuación 5 y obtener dos valores para el 2017, de los que se obtiene la predicción.

TABLA 2

CALCULO DE VALORES DE PROBABILIDAD Y DE DESVIACION MEDIA CUADRATICA PARA LA RMCP DE COLOMBIA

Año	P(N)	DMC+	DMC-	DMC+ P(N)	DMC- P(N)
1993	0,0284	0,0672	-0,0105	0,0388	-0,0388
1994	0,0322	0,0710	-0,0066	0,0388	-0,0388
1995	0,0313	0,0701	-0,0076	0,0388	-0,0388
1996	0,0655	0,1043	0,0266	0,0388	-0,0388
1997	0,0383	0,0771	-0,0006	0,0388	-0,0388
1998	0,2123	0,2511	0,1735	0,0388	-0,0388
1999	-0,0177	0,0211	-0,0566	0,0388	-0,0388
2000	0,0303	0,0691	-0,0085	0,0388	-0,0388
2001	0,0572	0,0960	0,0183	0,0388	-0,0388
2002	0,0423	0,0811	0,0035	0,0388	-0,0388
2003	0,0291	0,0679	-0,0098	0,0388	-0,0388
2004	0,0227	0,0615	-0,0162	0,0388	-0,0388
2005	0,0267	0,0656	-0,0121	0,0388	-0,0388
2006	0,0206	0,0594	-0,0182	0,0388	-0,0388
2007	0,0203	0,0591	-0,0186	0,0388	-0,0388
2008	0,0386	0,0775	-0,0002	0,0388	-0,0388
2009	0,0751	0,1140	0,0363	0,0388	-0,0388
2010	0,0314	0,0702	-0,0074	0,0388	-0,0388
2011	0,0205	0,0593	-0,0183	0,0388	-0,0388
2012	0,0320	0,0708	-0,0068	0,0388	-0,0388
2013	0,0269	0,0658	-0,0119	0,0388	-0,0388
2014	0,0316	0,0704	-0,0073	0,0388	-0,0388
2015	0,0439	0,0828	0,0051	0,0388	-0,0388
2016	0,0606	0,0994	0,0218	0,0388	-0,0388

DMC: Desviación media cuadrática, P(N): probabilidad del número de casos.

TABLA 3

CALCULO DE PROBABILIDADES PARA AUMENTOS Y DISMINUCIONES CONSECUTIVAS PARA EL PERIODO 1993-2016 PARA COLOMBIA

Periodos consecutivos	A		D	
	V	P	V	P
1	2	0,154	2	0,154
2	1	0,154	2	0,308
3	1	0,231	0	0,000
4	0	0,000	0	0,000
Total	7	0,538	6	0,462

A: aumentos, D: disminuciones, P: probabilidad, V: valor, corresponde al número de repeticiones, en la serie temporal evaluada, de periodos en los que se dan aumentos o disminuciones consecutivos específicos.

Para obtener el valor final predicho, se evaluó un último espacio de probabilidad, evaluando el comportamiento más probable respecto del aumento o descenso teniendo en cuenta los dos valores del último rango obtenido con la ecuación 5, encontrándose que el evento más probable fue aumento. Por tanto, se promedió el valor del rango cuantificado con la ecuación 5 para después promediar nuevamente el valor con el límite superior del rango, cuyo resultado fue 10,98 que, al ser comparado con el valor real, de 11,236, indicó un porcentaje de precisión del 97,69 %.

DISCUSION

Esta es la primera investigación en donde se desarrolló una metodología para predecir la relación marginal capital producto anual a partir de la caminata al azar y una ecuación de segundo grado. Los altos resultados predictivos obtenidos con este método sugieren que esta variable presenta órdenes matemáticos subyacentes que permiten establecer predicciones de su comportamiento, independiente de otros factores que complejizan este fenómeno. En este orden de ideas, este trabajo evidencia que la aplicación de las teorías físicas y matemáticas puede dar solución a fenómenos considerados indeterminados e impredecibles como las fluctuaciones de variables de interés en macroeconomía.

En 1961 Kaldor encontró seis hechos del crecimiento económico y uno de ellos hacía referencia a la relativa constancia o invariabilidad de la relación capital producto. Se afirma que, si esta relación es relativamente constante, entonces la relación marginal capital producto también es relativamente constante porque en el largo plazo el crecimiento del capital debería ser igual al crecimiento del producto o las variaciones del capital deberían ser proporcionales a las variaciones de ese producto de la economía. Esta propuesta es aceptada en general por la academia (Jones, 1988; Grabowski y Shields, 2000; Melhum, 2005), es decir, la relación capital producto es igual a la marginal por medio de la ecuación 6:

$$\frac{K}{Y} = \frac{\Delta K}{\Delta Y} \quad \text{Ecuación (6)}$$

De esta manera, es una de las variables o parámetros del modelo tradicional de Harrod (17) que define la tasa de crecimiento de la economía como la relación entre la tasa de inversión o de ahorro dividida por la relación incremental capital producto como se muestra a continuación en la ecuación 7:

$$G_y = \frac{s}{C} = \frac{i}{C} \quad \text{Ecuación (7)}$$

De donde G_y es la tasa de crecimiento del producto, es la tasa de inversión “ i ” que debe ser igual a la tasa de ahorro de la economía igual a “ s ” definida como la propensión marginal o media a ahorrar y C es la relación incremental capital producto. Este indicador C expresa la productividad de la inversión de forma inversa en la ecuación 8:

$$\frac{\Delta Y}{\Delta K} = \frac{\Delta Y}{I} \tag{Ecuación (8)}$$

Donde las variaciones en el capital son exactamente iguales a la inversión ($\Delta K=I$).

Sin embargo, a partir de un análisis de 88 países de 5 continentes, se evidenció que la relación capital producto es constante, pero difiere sustancialmente de la relación marginal capital producto para todos los países analizados, tanto a nivel regional de Asia y África como para los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, Centroamérica y Suramérica (Bernal, 2009).

Así, se demostró que la relación marginal capital producto es muy volátil, que los datos de los diferentes países muestran que la relación capital producto es diferente de la marginal y mientras que $\frac{K}{Y}$ es relativamente constante, la relación marginal es la que determina la tasa de crecimiento a pesar de su alta volatilidad (Bernal *et al.*, 2009), con la cual valores bajos de $\frac{\Delta K}{\Delta Y}$ se vincularán con una tasa de crecimiento alta y a la inversa. En este contexto, se hace necesario generar nuevas aproximaciones conceptuales que permitan comprender esta volatilidad para lograr predicciones efectivas del crecimiento económico, lo que puede ser abordado mediante métodos altamente variables.

Al utilizar la ecuación 7 para definir la tasa de crecimiento, se toma el valor de la tasa de inversión para 2016 y se divide por el valor de la relación marginal capital producto derivado con base en la caminata aleatoria que es 10,98 y el valor obtenido de la tasa de crecimiento de la economía para el 2017 es de 1,83 que difiere de su valor real (1,77) en 0,06, es decir este valor pronosticado de la tasa de crecimiento equivale al 98,96%.

Como ejemplo de lo anterior, se ha observado que la alta variabilidad o aparente aleatoriedad de fenómenos complejos como la variación anual de los casos de malaria a nivel nacional y de los casos de obesidad, al igual que la mortalidad asociada a lesiones causadas por tránsito puede ser abordada mediante la caminata al azar probabilista, logrando predicciones que superan los modelos estadísticos convencionales, ya que en estos escenarios se han obtenido precisiones hasta del 95 %.

Las nociones fisicomatemáticas con las que se fundamenta el desarrollo de esta metodología se relacionan con el movimiento browniano, en donde se establece una generalización del mismo y que posibilita el estudio de dinámicas que presenten esta clase de movimiento aunado a que la dinámica cumpla con los axiomas de la

probabilidad, la función de la recta, y tener información de las variaciones en intervalos temporales constantes, con el fin de poder realizar una asociación entre los valores de la probabilidad y las rectas, desarrollando una predicción dinámica probabilista.

Finalmente, es importante destacar que este enfoque predictivo basado en el pensamiento acausal de la física teórica ha permitido estudiar características importantes de otros fenómenos. Por ejemplo, se han generado métodos diagnósticos de la dinámica cardíaca a partir de la entropía (Rodríguez, Villamizar, Correa, Laguado, Prieto y Pernet, 2020) y sus relaciones al igual que caracterizaciones del cáncer de tiroides a partir de la geometría fractal (Rodríguez, Grisales, Barrios, Correa, Prieto y Jattin J., *et al.*). Igualmente, se han desarrollado métodos predictivos de mortalidad en pacientes en la unidad de cuidados intensivos mediante la teoría de conjuntos (Rodríguez, Medina, Soracipa, Jattin, Páez y Guzmán, *et al.*) y de la unión de moléculas al HLA clase II (Rodríguez, 2008).

FINANCIACION

Producto derivado del proyecto 2021017 financiado por la Universidad Antonio Nariño sede Bogotá.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad Antonio Nariño por apoyar nuestras investigaciones. Igualmente, agradecemos a Insight Research Group SAS por su apoyo administrativo y asistencial para ejecutar esta investigación.

REFERENCIAS

- BERNAL JR (2008). "La tasa de Crecimiento Garantizada de Harrod Como Ley del Crecimiento Económico: Una Comprobación Empírica". *Cuad. Econ.* 27 no. 49.
- BERNAL JR (2010). "Un Nuevo Hecho Estilizado Del Crecimiento: La Relacion Marginal Capital Producto Es Muy Volátil Y Determina La Volatilidad De La Tasa De Crecimiento De La Economía". *Global Journal of Management and Business Research*, 4-17.
- BERNAL JR (2008). "Inversión, progreso técnico y crecimiento económico. Más allá de Hussein y Thirlwall". *Revista CIFE*, 13:227-234.
- BERNAL JR (2011). "Reflexiones acerca de los desarrollos recientes del modelo de crecimiento de Harrod". *Revista CIFE*, 18:39-49.
- BERNAL JR (2009). "La volatilidad de la tasa de crecimiento de la economía: una explicación desde el teorema de Harrod". *Revista CIFE*, 15:31-47
- FEYNMAN RP, LEIGHTON RB, SANDS M (1964). "Probabilidad". En: Feynman RP, Leighton RB, Sands M. *Física*. Vol. 1. Wilmington: Addison-Wesley Iberoamericana, S.A., p. 6-1, 6-16.
- FEENSTRA RC, INKLAAR R, TIMMER MP (2015). "The Next Generation of the Penn World Table" *American Economic Review*, 105(10), 3150-3182. Disponible en: at www.ggdc.net/pwt

- GRABOWSKI R., SHIELDS M (2000). A Dynamic, “Keynesian Model of Development”. *Journal of Economic Development*, 25(1):1-15
- JONES HG (1988). *Introducción a las Teorías Modernas del Crecimiento Económico*. Antoni Bosch Editor.
- LAPLACE P (1995). *Ensayo filosófico sobre las probabilidades*. Barcelona: Atalaya.
- LAVENDA B (1990). El Movimiento Browniano. En: A. Fernández-Rañada. Orden y Caos. *Scientific American*. Barcelona: Prensa Científica S.A., p. 28-37.
- MELHUM H (2005). A Note on Ramsey, Harrod-Domar, Solow and a Closed Form Saddle Path. Universitet I Oslo. Oslo. Disponible en: <http://folk.uio.no/hmehlum/publications/atlast.pdf>
- MOOD A., GRAYBILL F., BOES D (1974). *Introduction to the theory of statistics*. 3a Ed. Singapore Mc. Graw-Hill.
- MULLIGAN CB, THREINEN L (2010). The Marginal Products of Residential and Non-Residential Capital Through 2009. NBER Working Papers. <https://ideas.repec.org/p/nbr/nberwo/15897.html>
- RODRIGUEZ JO, PRIETO SE, CORREA SC, PEREZ CE, SORACIPA MY (2017). Dinámica de la epidemia de malaria en Colombia: Predicción probabilística temporal. *Rev. Salud pública*, 19(1):52-59.
- RODRIGUEZ J., PRIETO S., FAJARDO E., CORREA C., LOPEZ F., CASTRO J., *et al.* (2015). “Predicción de la dinámica temporal de egresos hospitalarios por obesidad en niños y jóvenes en Estados Unidos”. *Rev Chil Nutr*, 42(4):345-350.
- RODRIGUEZ J., JATTIN J., SORACIPA Y (2020). Probabilistic temporal prediction of the deaths caused by traffic in Colombia. Mortality caused by traffic prediction. Accident Analysis and Prevention. 105332.
- RODRIGUEZ JO, VILLAMIZAR ML, CORREA SC, LAGUADO E., PRIETO SE, PERNETT FB, *et al.* (2020) Aplicación de una metodología diagnóstica de los sistemas cardiacos en pacientes hipertensos fundamentada en las proporciones de la entropía. *Revista Latinoamericana de Hipertensión*, 15:339-344.
- RODRIGUEZ JO, GRISALES C., BARRIOS F., CORREA S., PRIETO S., JATTIN J., *et al.* (2020) Application of fractal and Euclidean methods to differentiate normal and neoplastic thyroid cells. *Indian J Med Paediatr Oncol*. 41:874-8.
- RODRIGUEZ JO, MEDINA S., SORACIPA MY, JATTIN JJ, PAEZ K., GUZMAN E., *et al.* (2019) Confirmación de la metodología diagnóstica diseñada para evaluar la dinámica cardiaca aguda durante 15 horas. *Gac Med*. Bilbao. 116(1):09-15.
- RODRIGUEZ J (2008). Teoría de unión al HLA clase II teorías de Probabilidad Combinatoria y Entropía aplicadas a secuencias peptídicas. *Inmunología*. 27(4): 151-66.
- WIENER N (1958). *Nonlinear problems in random theory*. Cambridge: Technology Press.