

# CONFIRMACIÓN DIAGNÓSTICA DE LA EVALUACIÓN DEL TRAZADO DEL MONITOREO FETAL ELECTRÓNICO A PARTIR DE LA PROBABILIDAD Y LA RELACIÓN $S/k$ DE LA ENTROPIA

## DIAGNOSTIC CONFIRMATION OF THE EVALUATION OF THE TRACING OF ELECTRONIC FETAL MONITORING BASED ON PROBABILITY AND THE $S/k$ RATIO OF ENTROPY

Yolanda Soracipa<sup>1,2</sup>, Javier Rodríguez<sup>2</sup>, Marcos Castillo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Colombia.

<sup>2</sup> Grupo Insight - Hospital Universitario Nacional de Colombia. Centro de Investigaciones -  
Clínica del Country. Bogotá, Colombia.

<sup>3</sup> Universidad de la Sabana. Grupo Salud Sexual y Procreativa de la Mujer. Bogotá,  
Colombia.

(Recibido: 12/2017. Aceptado: 03/2018)

### Resumen

La correcta interpretación del trazado del monitoreo fetal electrónico es un desafío para la clínica actual. Recientemente se desarrolló una metodología diagnóstica fundamentada en las teorías de probabilidad y la entropía, que logró evaluar de manera objetiva y reproducible el trazado de la monitoría fetal diferenciando normalidad de enfermedad y evolución entre estos estados. El objetivo del presente trabajo es aplicar dicha metodología para evaluar el trazado de la monitoría fetal y confirmar su aplicabilidad clínica y reproducibilidad. Para ello se evaluaron 25 monitorías fetales en 20 minutos divididas en dos grupos: 10 normales y 15 con pérdida de bienestar fetal, de acuerdo con la interpretación convencional de la monitoría y la evaluación clínica general. Se tomaron frecuencias cardíacas presentadas en intervalos discretos de tiempo a partir de los trazados, y se evaluó la probabilidad y la relación

$S/k$  de la entropía. Las relaciones  $S/k$  de la entropía para las monitorías evaluadas diferenciaron normalidad de enfermedad. Se confirmó la aplicabilidad clínica del diagnóstico físico y matemático para la evaluación del trazado de la monitoría fetal.

**Palabras clave:** Dinámicas no lineales, Entropía, Probabilidad, Monitoreo fetal.

### Abstract

The correct interpretation of the layout of fetal monitoring is a challenge for current clinical; recently a diagnostic methodology based on the theories of probability and entropy, which managed to assess in an objective and reproducible way the layout of differentiating normal fetal monitoring and evolution of disease between these states was developed. The aim of this paper is to apply this methodology to assess fetal monitoring tracing and confirm their clinical applicability and reproducibility. For this 25 fetal monitoring in 20 minutes divided into two groups were evaluated: 10 normal and 15 with loss of fetal well-being, according to the conventional interpretation of the monitoring, and general clinical evaluation. Heart rates presented in discrete time intervals from the paths they took, and the likelihood and the  $S/k$  ratio of entropy was evaluated. The  $S/k$  relations of entropy for normal differentiated evaluated by monitors disease. The clinical applicability of physical and mathematical diagnostic assessment of fetal monitoring tracing was confirmed.

**Keywords:** Nonlinear dynamics, Entropy, Probability, Fetal monitoring.

### Introducción

La Organización Mundial de la Salud (OMS), estima que mueren 2.7 millones de lactantes durante su primer mes de vida cada año, en igual número de casos se encuentra los mortinatos. Alrededor de la mitad de los fallecimientos acontece en las primeras 24 horas de vida, y un 75% durante la primera semana. Se considera las 48 horas posteriores al nacimiento, como el momento clave para realizar un seguimiento a la madre y al niño para evitar y tratar

enfermedades [1]. En Colombia, durante el periodo del 2005 al 2013 las afecciones originadas en el periodo perinatal produjeron el mayor número de las muertes en menores de cinco años, le siguieron las malformaciones congénitas, y los menores casos se presentaron en las enfermedades del sistema respiratorio durante este periodo [2].

La cuantificación de la posibilidad de ocurrencia futura de un evento determinado dentro de una gama de eventos posibles, es calculada con la probabilidad. Axiomáticamente los valores de la probabilidad toman valores siempre positivos entre cero y uno, de tal forma que la suma de la probabilidad de todos los hechos posibles será igual a uno [3]. Históricamente el concepto de entropía nace con los trabajos de Carnot, en el diseño de máquinas térmicas que lograran el movimiento continuo aplicando para ello un mínimo de energía [4]. Posteriormente, este concepto fue reformulado en el estudio de los gases ideales, la mecánica estadística y la termodinámica. La generalización de este concepto para los sistemas fuera del equilibrio, fue realizada por Boltzmann-Gibbs, definiendo formalmente la entropía equiprobable y no equiprobable [5].

Uno de los dispositivos electrónicos de uso más frecuente, que permite valorar el bienestar fetal, es el monitor eléctrico fetal (MEF); por medio de este dispositivo se evalúa la presencia o ausencia de aceleraciones y desaceleraciones de la frecuencia cardiaca (FC) fetal, así como sus características, en relación con los movimientos in útero del feto y la actividad uterina. La monitoría fetal durante el trabajo de parto permite evaluar la necesidad de realizar intervenciones oportunas [6].

Para las gestantes de alto o bajo riesgo la monitorización fetal electrónica ha demostrado como beneficio significativo la disminución en la incidencia de convulsiones neonatales, aunque sin influir en las tasas de mortalidad perinatal y a expensas de un aumento de los partos intervenidos [6]. La interpretación de los trazados de FC fetal, se ve influida por la variabilidad inter e intra observador, por lo cual su utilidad clínica continúa siendo tema de discusión [7]; esto ha sido la base para litigios respecto a lesiones en nacimientos [8]. Los primeros estudios hechos a

obstetras experimentados, consistían en interpretar 150 registros cardiotocográficos, los cuales fueron entregados sin datos clínicos, y cuyas valoraciones debían ser clasificadas conforme a las tres categorías propuestas por el National Institute of Child Health and Human Development; se encontró que sólo el 57.7% de estas valoraciones coincidieron [9]. En la práctica clínica actual se desconocen los valores predictivos del monitoreo fetal, que les permitan a los profesionales decidir la mejor conducta ante cualquier caso adverso [10]. Lo anterior revela que aún no se ha llegado a una concordancia entre los obstetras respecto a la evaluación clínica de la condición fetal con la monitoría, para el diseño de propuestas de manejo obstétrico [11], y se ha mostrado que con otras pruebas podría mejorar su capacidad diagnóstica [12]. Por esta razón, la monitoría en la actualidad no se considera una prueba diagnóstica, sino sólo un examen del cual se obtiene una interpretación, que debe ser analizada junto con el resto de información clínica para el establecimiento de un diagnóstico real.

Para estudiar el funcionamiento del corazón, muchas investigaciones recientes emplean el análisis de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC). Sin embargo, los métodos lineales clásicos utilizados no pueden explicar toda la información condensada en la variabilidad de latido a latido [13]. Entre los trabajos desarrollados en el contexto de métodos no lineales, se reveló que la dinámica cardíaca patológica del adulto se asocia a un comportamiento periódico, o bien a un comportamiento altamente irregular, en cambio un comportamiento normal se encuentra en medio de estos dos extremos [14]. Partiendo de esta nueva concepción de normalidad y enfermedad, se desarrolló una cuantificación de la FC fetal mediante un método físico y matemático fundamentado en la teoría de la probabilidad y la relación  $S/k$  de la entropía. Los valores de la relación  $S/k$  determinaron el rango de valores normales, que determinan la diferencia entre salud y enfermedad, así como todas las posibles dinámicas cardíacas fetales que podrían presentarse, independientemente de las enfermedades que se hayan diagnosticado durante el embarazo. Esta metodología diagnóstica aparte de diferenciar entre salud y enfermedad, evalúa eventos no perceptibles desde parámetros clínicos convencionales como lo

son, las taquicardias, bradicardias, intentos fallidos de inducción del parto, y Riesgo de Pérdida de Bienestar Fetal (RPBF). Adicionalmente proporciona a la práctica clínica una herramienta de ayuda diagnóstica más precisa que permite evaluar enfermedades crónicas, su evolución y los casos en que se agudizan, así mismo permite evidenciar los casos que ya tienen un comportamiento agudo [15].

El propósito del presente estudio es confirmar la aplicabilidad clínica de la metodología diagnóstica previamente desarrollada para evaluar el trazado del Monitoreo Fetal Electrónico (MFE), fundamentada en la probabilidad y la relación  $S/k$  de la entropía [15].

## Materiales y métodos

### Definiciones

**Probabilidad Laplaciana de la frecuencia cardíaca fetal:** es el número de veces en que aparece cada frecuencia cardíaca  $N_A$  en intervalos de 10 segundos, dividido entre el total de frecuencias cardíacas de todo el trazado ( $N$ ).

$$P_n = \frac{\text{Repeticiones del estado } A}{\text{Total de frecuencias cardíacas medidas}} = \frac{N_A}{N} \quad (1)$$

**Entropía y proporción  $S/k$  del trazado del MFE:** Para el caso de sistemas con distribuciones no equiprobables, como el hallado en este estudio se calculó con la ecuación de Boltzmann-Gibbs.

$$S = -k \sum_{n=0}^N P_n \ln(P_n) \quad (2)$$

El despeje algebraico de la constante de Boltzmann deja la ecuación 2 en términos de la relación  $S/k$ , así:

$$\frac{S}{k} = - \sum_{n=0}^N P_n \ln(P_n) \quad (3)$$

Siendo  $S$  la entropía de la monitoría,  $k$  la constante de Boltzmann ( $1.38 \times 10^{-23}$  Joules/kelvin), y  $P_n$  es la probabilidad del  $n$ -ésimo estado.

## Procedimiento

Este es un estudio físico matemático de tipo observacional de corte transversal para evaluar el trazado del MFE con y sin stress. Adicionalmente, se realizó un estudio ciego, para ello fueron seleccionados 25 trazados del MFE de 20 minutos de pacientes en el último trimestre de embarazo y enmascaradas la evaluación clínica convencional del trazado del MFE. Una parte de los trazados del MFE fueron seleccionados y evaluados bajo parámetros convencionales por obstetras de la Clínica de la Sabana, la otra parte proviene de bases de datos de investigaciones previas del grupo Insight, evaluadas de igual forma por obstetras expertos.

Los trazados del MFE seleccionados para el estudio corresponden a 10 trazados evaluados como ACOG I, con resultado reactivo provenientes de pacientes sin compromiso clínico, 15 como ACOG III, con resultado no reactivo asociado a Riesgo de Pérdida de Bienestar Fetal.

Los trazados provienen de un monitor fetal electrónico de marca Corometrics que registra la frecuencia cardíaca fetal en el papel con una velocidad de 3 centímetros por minuto y una escala de 30 latidos por minuto por cada centímetro de papel.

A continuación, los valores máximos y mínimos de la FC en intervalos de 10 segundos fueron tabulados y se realizó la medición de cuántas veces se repitió la FC en el trazado y se sumaron todas las apariciones de estas frecuencias para cada registro, para realizar el cálculo de probabilidades (ver ecuación 1). Calculada la probabilidad se halló el valor máximo, luego se halló la entropía y las relaciones  $S/k$  de la entropía (ver ecuación 2 y 3). Con base en estos valores, se estableció el diagnóstico físico y matemático y se comparó con la evaluación clínica convencional para establecer similitudes y diferencias entre la capacidad diagnóstica lograda.

Se calculó sensibilidad y especificidad, estas medidas se realizaron a través de una clasificación binaria donde los verdaderos positivos (VP) corresponden al número de trazados clasificados como no reactivos y que se encuentran dentro de los valores matemáticos correspondientes a anormalidad, falsos positivos (FP) es el número de trazados que matemáticamente se comportan como estudios dentro de la anormalidad y cuya evaluación clínica es reactiva, falsos negativos (FN) es el número de trazados evaluados clínicamente como no reactivos pero cuyos valores matemáticos se corresponden con normalidad y finalmente verdaderos negativos (VN) definidos como el número de trazados evaluados clínicamente como reactivos y cuyos valores matemáticos también se asocian con la normalidad.

Para evaluar la concordancia entre la evaluación físico-matemática y la evaluación clínica convencional se calculó el coeficiente Kappa a través de la siguiente fórmula:

$$K = \frac{Co - Ca}{To - Ca} \quad (4)$$

Donde  $Co$  es el número de pacientes con el mismo diagnóstico de acuerdo con la evaluación físico matemática y con el Gold Standard, que corresponde a la evaluación clínica convencional.  $To$  totalidad de observaciones, es decir, la totalidad de trazados analizados.  $Ca$  son las concordancias atribuibles al azar, que se calculan de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$Ca = \left[ \frac{(f_1 \cdot C_1)}{To} \right] + \left[ \frac{(f_2 \cdot C_2)}{To} \right] \quad (5)$$

Donde  $f_1$  es el número de trazados que presentan valores matemáticos dentro de los límites de normalidad,  $C_1$  es el número de trazados reactivos,  $f_2$  es el número de trazados que presentan valores matemáticos asociados a anormalidad,  $C_2$  es el número de trazados clasificados como no reactivos y  $To$  es el número total de trazados.

## Consideraciones éticas

El presente estudio cumple con los principios éticos de la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial y, según la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud colombiano se declara como una investigación con riesgo mínimo por lo que se realizan cálculos físicos y matemáticos sobre reportes de exámenes y paraclínicos no invasivos que han sido prescritos previamente según protocolos establecidos convencionalmente, protegiendo también, el anonimato e integridad de los participantes.

## Resultados

La probabilidad de las FC fetales (tabla 1) varió entre 0 y 0,9 para los trazados evaluados. Los trazados de MFE asociadas a normalidad presentaron probabilidades que variaron entre 0 y 0,3917, y las patológicas variaron entre 0 y 0,9. El valor de la relación  $S/k$  de la entropía osciló entre -0,4675 y -2,1383; para los trazados clínicamente normales estos valores se encontraron entre -1,7157 y -2,0528 y para los trazados anormales entre -0,4675 y -2,1383.

Con base en estos valores se estableció el diagnóstico matemático (tabla 2), encontrando que de las 10 monitorías clínicamente asociadas a normalidad, 8 presentaron un diagnóstico matemático de normalidad, mientras que 2 presentaron un diagnóstico de evolución a enfermedad. Por otro lado, de las 15 monitorías asociadas clínicamente a enfermedad, se encontró que 13 presentaron un diagnóstico matemático de enfermedad, mientras que 2 se encontraron en evolución entre ambos estados. Al realizar las medidas estadísticas se encuentra una sensibilidad de 0,87 y una especificidad de 0,8, y un coeficiente Kappa de 0,71.

## Discusión

Este es el primer trabajo en el cual se confirma la aplicabilidad clínica de la metodología diagnóstica diseñada previamente para evaluar el trazado del MFE a partir de los valores discretos de la FC fetal, calculando la probabilidad y las relaciones  $S/k$  de la



Rango	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0	0,017	0	0,042	0	0	0	0	0	0
105	0	0,008	0	0	0	0	0	0	0	0,017
110	0	0,025	0	0,042	0,008	0,017	0	0	0	0,008
115	0	0,083	0,042	0,008	0	0,008	0,008	0	0	0,017
120	0,092	0,225	0,900	0,150	0,083	0,092	0,025	0,033	0,025	0,175
125	0,233	0,300	0,017	0,217	0,167	0,142	0,008	0,017	0,025	0,267
130	0,392	0,217	0,025	0,258	0,692	0,167	0,167	0,208	0,125	0,292
135	0,108	0,042	0	0,058	0,025	0,092	0,150	0,200	0,167	0,042
140	0,025	0,067	0,008	0,125	0,025	0,142	0,250	0,375	0,233	0,117
145	0,017	0,017	0,008	0,008	0	0,100	0,117	0,017	0,092	0,008
150	0,083	0	0	0,025	0	0,133	0,092	0,125	0,167	0,058
155	0,017	0	0	0,042	0	0,108	0,075	0,017	0,108	0
160	0,033	0	0	0,025	0	0	0,067	0,008	0,058	0
165	0	0	0	0	0	0	0,017	0	0	0
170	0	0	0	0	0	0	0,008	0	0	0
175	0	0	0	0	0	0	0,008	0	0	0
180	0	0	0	0	0	0	0,008	0	0	0
185	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TABLE 1. Las columnas representan los valores de la distribución de las probabilidades de 10 de los trazados de monitorías fetales seleccionadas.

No.	Evaluación convencional	Trazado	ACOG	$S/k$	Max P	Dx. matemático
1	Normal	Reactivo	I	-1,7157	0,3917	N
2	Normal	Reactivo	I	-1,8168	0,3000	N
3	Amenaza de parto pretérmino	No reactivo	III	-0,4675	0,9000	N
4	Normal	Reactivo	I	-2,0528	0,2583	E
5	Ruptura prematura de membranas	No reactivo	III	-0,9850	0,6917	P
6	Preeclamsia severa	No reactivo	III	-2,1383	0,1667	E
7	Intento de aborto	No reactivo	III	-2,1309	0,2500	E
8	Hipertensión arterial	No reactivo	III	-1,6344	0,3750	P
9	Normal	Reactivo	I	-2,0068	0,2333	N
10	Normal	Reactivo	I	-1,7820	0,2917	N

TABLE 2. Evaluación convencional de enfermedades y estados de interés en la práctica clínica presentados durante el embarazo, junto con la interpretación convencional del trazado del monitoreo fetal y la clasificación de la monitoría según las guías American College of Obstetricians and Gynecologists (ACOG), los valores  $S/k$ : de la proporción de la entropía, **Max P**: la probabilidad máxima encontrada dentro de la distribución de probabilidades de cada trazado, y **Dx. Matemático**: diagnóstico matemático, donde N: normal y E: evolución y P: patológico.

entropía en cada una de las monitorías fetales seleccionadas para el estudio. La metodología diferenció de forma objetiva y reproducible normalidad de enfermedad independientemente del origen de la alteración de la frecuencia cardíaca, detectando tanto bradicardias como taquicardias, a partir de los valores de probabilidad y la entropía, estableciendo además un rango especial para evolución entre normalidad y enfermedad, de importancia clínica a nivel preventivo.

Cabe resaltar que hubo casos evaluados clínicamente con categoría I (normal), donde el diagnóstico matemático arrojó un diagnóstico de evolución a la enfermedad, como es el caso del trazado 4 del MFE, dado que se encuentran dentro del rango [2.0290-2.1667], según los valores establecidos previamente [15]. Esto revela que la metodología puede detectar alteraciones leves subdiagnosticadas, por lo que se esperaba que las medidas estadísticas de sensibilidad, especificidad y coeficiente Kappa, no presentaran los valores máximos, como efectivamente sucedió. Los trazados del MFE 6 y 7 presentaron un diagnóstico matemático de evolución a la enfermedad, al ubicarse dentro del rango [2.0290-2.1667]. El valor máximo de probabilidad para los trazados del MFE 4, 6 y 7 revela que se encuentran dentro de los rangos de enfermedad [0,152-0,274], establecidos previamente [15]. Vale la pena resaltar que los trazados del MFE fueron evaluados con el fin de desarrollar un experimento teórico-práctico simplificador, pues al evaluar sus características matemáticas con base en una estructura teórica apropiada, en este caso la entropía y la relación  $S/k$ , es posible establecer diferencias matemáticas esenciales entre los dos estados evaluados y de este modo desarrollar predicciones que puedan ser comprobadas con los casos restantes.

La presente metodología evidencia la importancia de contar con un valor numérico para evaluar la dinámica, pues no sólo es posible establecer un estado de normalidad o enfermedad, sino observar objetivamente el nivel de gravedad, que se asocia a un aumento o una disminución importante de los valores y la relación  $S/k$  de la entropía, así como a probabilidades máximas muy altas o muy bajas. De este modo es posible determinar qué pacientes requieren

un seguimiento más estricto, y evaluar objetivamente los cambios de un mismo paciente en el tiempo.

Se han desarrollado diferentes estudios que evidencian la dificultad de establecer la monitoría fetal como una medida diagnóstica y predictiva a nivel clínico [6, 9]. Tal es el caso de un estudio realizado con el propósito de encontrar valores predictivos del monitoreo fetal en embarazos prolongados, a partir de la evaluación de la frecuencia cardíaca sin estrés NST (Non Stress Test) y con estrés OCT (Oxytocin contraction Test) donde se hallaron valores de especificidad del 76.25 % y con estrés con sensibilidad del 29.4 %. Sin embargo, estos resultados se alejan de manera significativa de los valores reportados en la literatura mundial que estima valores entre 82 – 94 % para NST y para OCT 41 % [10]. Las NSTs y OCT con reporte dudoso fueron incluidas en el grupo de monitorías no Reactivas, para evitar riesgo de hipoxia fetal o sufrimiento fetal agudo. No obstante, el estudio no encontró valores predictivos confiables de aplicación clínica, sugiriendo a cambio la necesidad de desarrollar pruebas más sensibles que disminuyan la tasa de falsos positivos en la prueba NST [10]; la MEF anteparto aislada no permite por sí sola predecir o no enfermedad, ni qué tipo de enfermedad, es por esto que es necesario analizar otras pruebas de bienestar fetal [16] para establecer un diagnóstico.

Este es un ejemplo de que sigue siendo un desafío dentro de la práctica clínica establecer los patrones normales y anormales de FC fetal, dadas las variaciones asociadas a la edad estacional y las respuestas fisiológicas de un feto prematuro en comparación con un feto a término. Por otra parte, la metodología desarrollada por Rodríguez para la evaluación del trazado de la monitoría fetal [15], evidenció que a partir de las distribuciones de las probabilidades de la frecuencia cardíaca es posible diferenciar un trazado de monitoría fetal normal, de una que no presenta aceleraciones o que presenta desaceleraciones pronunciadas de acuerdo con la observación médica convencional, en cualquier monitoría asociada a un feto con edad gestacional de 28 semanas o más, sin tener en cuenta criterios como la etiología del estado patológico, factores

de riesgo o análisis de tipo estadístico. Estas diferencias pueden ser cuantificadas con la relación  $S/k$  de la entropía, debido a que se están evaluando las diferentes formas de autoorganización de distribuciones de probabilidades. Dado que este es un examen no invasivo, de amplia cobertura y de bajo costo, su implementación en la práctica clínica puede traer muchas ventajas tanto a nivel clínico como económico.

En la medicina, en particular en el área de cardiología, la aplicación de teorías físicas y matemáticas ha contribuido en la creación de nuevos diagnósticos clínicos para la evaluación de la dinámica cardíaca fetal, neonatal y de adulto [15, 17–19]. Teorías como la de los sistemas dinámicos, la geometría fractal, la probabilidad y la entropía, en el estudio de la dinámica cardíaca, han contribuido a establecer diferencias entre dinámicas cardíacas agudas, crónicas y normales, así como su evolución a estados adversos o favorables, de manera objetiva y reproducible, todas ellas de aplicación clínica y de ayuda diagnóstica [15, 17–19]. También, se ha evaluado la dinámica cardíaca neonatal [18]. Recientemente se desarrolló una evaluación matemática de variables fisiológicas en pacientes de la unidad de cuidados intensivos logrando establecer predicciones de mortalidad objetivas y reproducibles, de aplicación clínica [19].

## **Agradecimientos**

Agradecemos a las directivas de la Universidad de la Sabana, en especial a la Dirección General de Investigación cuyo presente trabajo hace parte de los resultados alcanzados para el proyecto MED 203-2015, financiado por la Universidad de la Sabana.

También agradecemos al Hospital Universitario Nacional de Colombia, en especial al Dr. Javier Eslava, Vicedecano de Investigación, por su apoyo al Grupo Insight.

Extendemos además nuestros agradecimientos al Centro de Investigaciones de la Clínica del Country, en especial a los Doctores Alfonso Correa, Subdirector de Educación e Investigación, y Adriana Lizbeth Ortiz, epidemióloga.

Dedicación: A nuestros hijos.

## Referencias

- [1] OMS, “Reducción de la mortalidad en la niñez,” (2006).
- [2] MINSALUD, “Análisis de situación de salud,” (2015).
- [3] P. Laplace, *Ensayo filosófico sobre las probabilidades* (INTEMAT, 1985).
- [4] S. Carnot, *Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego y sobre las máquinas adecuadas para desarrollar esta potencia y otras notas de caracter científico* (Alianza, 1987).
- [5] A. Matvéev, *Física molecular*. (Mir. Moscow, 1987).
- [6] L. Heelan, J. Perinat. Educ. **22**, 156 (2013).
- [7] L. Devoe, S. Golde, Y. Kilman, D. Morton, K. Shea, and J. Waller, Am. J. Obstet. Ginecol. **183**, 361 (2000).
- [8] T. Sartwelle and J. Johnston, J. Child. Dev. Disord. **02**, 1 (2016).
- [9] C. Blackwell, W. Grobman, L. Antoniewicz, M. Hutchinson, and B. Gyamfi., Am. J. Obstet. Gynecol. **205**, 378.e1–378.e5 (2011).
- [10] D. Carrasco and C. Valladares, Rev. Med. Post. UNAH. **9**, 388 (2006).
- [11] D. K. Donker, H. P. van Geijn, and A. Hasman, Eur. J. Obstet. Gyn. R. B. **52**, 21 (1993).
- [12] T. Stampalija, M. Signaroldi, C. Mastroianni, E. Rosti, V. Signorelli, D. Casati, and et al., J. Matern. Neonatal Med. **25**, 1517–1520 (2012).
- [13] H. Kantz, J. Kurths, G. Mayer-Kress, and Editores, *Nonlinear Analysis of Physiological Data* (Springer, 1998).
- [14] A. Goldberger, L. Amaral, J. Hausdorff, P. Ivanov, C. Peng, and H. Stanley, Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. **99**, 2466 – 2472 (2002).
- [15] J. Rodríguez, MOMENTO , 49 (2012).
- [16] M. Preboth, “Guía del colegio americano de obstetricia y ginecología sobre la vigilancia fetal anteparto.” (2000).
- [17] J. Rodríguez, Rev. Fac. Med. Univ. Nac. Colomb. **54**, 96 (2006).

- [18] J. Rodríguez, S. Prieto-Rodríguez, M. Flórez-Cardenas, C. Alarcón-Ávila, R. López-Criuz, G. Aguirre-Dávila, L. Pinilla-Bonilla, O. Rovira-Cabrales, and L. Méndez-Pino, *Salud Uninorte Barranquilla*. **30**, 359 (2014).
- [19] J. Rodríguez, *J. Med. Med. Sci.* **6**, 102 (2015).