

LA TRANSVERSALIDAD DE LA MATEMÁTICA. EL CASO DEL DIAGNÓSTICO EN CARDIOLOGÍA

Gloria Angélica Moreno Durazo
Cinvestav- IPN, México. gamoreno@cinvestav.mx

Ricardo Cantoral Uriza
Cinvestav- IPN, México. rcantor@cinvestav.mx

Resumen

Presentamos el avance de la investigación que tiene por objetivo localizar, analizar y clasificar aquellas prácticas predictivas del médico. Prácticas relativas al uso de órdenes de variación en el diagnóstico de fenómenos cardíacos donde se reconoce que existe una dinámica no determinista. La investigación busca ampliar los escenarios en los que se ha analizado el estudio del cambio y la variación, bajo la línea de investigación de Pensamiento y Lenguaje Variacional. Mostramos a continuación cómo el médico usa diferentes órdenes de variación para diagnosticar mediante la interpretación del electrocardiograma y bosquejamos con ello algunos elementos relativos a la transversalidad de la matemática y la organización de prácticas predictivas.

Palabras clave: Cardiología, Órdenes de variación, Predicción.

1. INTRODUCCIÓN

Desde la Teoría Socioepistemológica de la Matemática Educativa se caracteriza el discurso matemático escolar en relación a aquellos consensos sobre los aspectos que deben ser enseñados y cómo enseñarlos, reduciendo el saber a unidades temáticas dentro del currículo escolar y produciendo una exclusión de otras formas de saber. Este discurso prioriza la repetición de algoritmos y la memorización de conceptos matemáticos, de tal suerte que su estrategia didáctica consiste en que los estudiantes transiten por una evolución de esos conceptos; esto incluye también a las matemáticas del cambio, abordadas en los cursos de Cálculo Diferencial e Integral y Ecuaciones Diferenciales. En una gran cantidad de investigaciones se ha reportado que esta organización, centrada en conceptos, es un impedimento para el desarrollo del pensamiento matemático.

Por nuestra parte, entendemos al aprendizaje desde un desarrollo de prácticas, donde se pongan en uso los conceptos matemáticos, otorgándoles así una resignificación progresiva. Considerado esto como una descentración del objeto matemático, es decir, poner con un papel principal aquellas prácticas asociadas al objeto en tanto son a través de ellas que se les dan significado. En particular, investigaciones relativas a las formas culturales en las que el cambio es

concebido y analizado son de interés para la línea de investigación de Pensamiento y Lenguaje Variacional; estas investigaciones se centran en reconocer aquellas organizaciones, expresiones y argumentaciones para tratar con el cambio y la variación en diversos escenarios que den cuenta de saberes matemáticos, sean estos populares, técnicos o cultos.

De tal manera que, el análisis de la organización de las prácticas que intervienen en el tratamiento del cambio con fines predictivos permite determinar la transversalidad de la matemática no sólo en relación a conceptos matemáticos (como la derivada de una función), sino que mediante la idea del conocimiento en uso podemos identificar a lo variacional como algo transversal a la sabiduría humana. En esto último, se entrelazan la transversalidad y la funcionalidad de la matemática, aspectos relacionados con el aula extendida, vista como la posibilidad de incorporar la vida real de las personas en el rediseño del discurso matemático escolar.

Preguntas naturales que surgen de los comentarios hasta aquí planteados son: si se plantea un rediseño del discurso con base en prácticas ¿Cómo se organizan/jerarquizan las prácticas?, ¿Qué elementos se asocian a los conceptos de transversalidad y funcionalidad de la matemática? Nuestro objetivo en este documento es mostrar el avance de una investigación donde estas preguntas son parte esencial, interesándonos por las formas en las que es llevada a cabo la predicción de fenómenos en una disciplina científica aún no considerada por la Matemática Educativa, la Medicina.

La mayoría de las investigaciones dentro de la línea de Pensamiento y Lenguaje variacional (PyLVar) han estudiado las prácticas predictivas en fenómenos deterministas, donde la predicción es plena y está dada mediante modelos matemáticos que dependen de la convergencia de la serie de Taylor. Por lo que, este escenario de investigación pretende extender los resultados de esta línea, que se ha desarrollado en tópicos de Análisis Matemático clásico, hacia el estudio de sistemas complejos como las dinámicas propias de los sistemas fisiológicos de los seres humanos.

Es así como constructos teóricos como aula extendida, transversalidad de la matemática, están inmersos en la investigación. Nos preguntamos pues ¿Cuál es la organización de prácticas presente en la predicción cuando no hay una función algebraica o trascendental que analizar? En concreto, ¿Cómo predecir usando la siguiente gráfica?

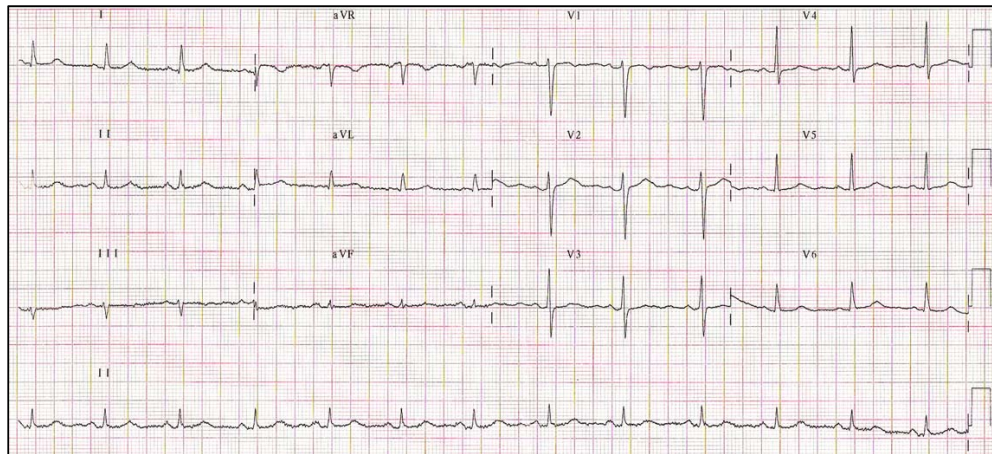


Figura 1. Electrocardiograma

2. PENSAMIENTO Y LENGUAJE VARIACIONAL EN CARDIOLOGÍA

La investigación se enmarca en las perspectivas de la Teoría Socioepistemológica de la Matemática Educativa, la cual se interesa por reconocer aquellas formas de construcción de conocimiento matemático que sean fruto de las necesidades del desarrollo de la vida en sociedad, mediante redes de prácticas intencionadas (acción – actividad y práctica) y prácticas normativas (práctica social, práctica de referencia y práctica socialmente compartida); dicho proceso es referido como construcción social del conocimiento matemático. Específicamente, nos interesan aquellos saberes matemáticos relativos al ambiente profesional del médico, donde las prácticas de predicción se reflejan en el diagnóstico de un paciente; en las que el estudio del cambio y la variación son fundamentales.

En la malla curricular del sistema educativo, es en las asignaturas de Cálculo Diferencial e Integral donde se organizan las temáticas del cambio y su cuantificación. Habitualmente se hace, principalmente, mediante los conceptos matemáticos de sucesión, función, límite, derivada e integral. En estas asignaturas, aunque podrían incluirse otras, reconocemos un sesgo de la matemática escolar al tratar exclusivamente fenómenos de cambio de naturaleza determinista (cinemática, dinámica etc.); lo que pone en evidencia la caracterización que suele hacerse desde la Socioepistemología, en la que se señala que el discurso Matemático Escolar es un sistema de razón, hegemónico que excluye al docente y al aprendiz de otros saberes matemáticos. Específicamente en el Cálculo, los conceptos que se promueven carecen de significación para los procesos variacionales (Cantoral y Farfán, 1998; Cantoral, 2013). De tal manera que, para subsanar estas deficiencias, se

realizan investigaciones sobre la anidación de prácticas que dan sustento a las prácticas predictivas, tanto desde la perspectiva determinística como no determinística.

Asumimos que el cambio y la variación se estructuran en un primer momento, en las vivencias y experiencias cotidianas de los individuos y de los grupos sociales, a partir de las cuales la *predicción* se construye socialmente mediante el desarrollo de prácticas en las que interviene el cambio y la variación (Cantoral, Farfán, Lezama, Martínez, 2006). Estas prácticas pueden ser encontradas en áreas del conocimiento humano tan diversas como Física, Química, Biología, Ecología, Medicina o Ingeniería, entre muchas otras.

En lenguaje cotidiano podemos decir que toda persona se enfrenta a una gran diversidad de cambios, tanto en su cuerpo como en la naturaleza; por ejemplo, las veces que palpita o late el corazón por cada minuto en situación de reposo, o la temperatura corporal sentado bajo el sol, o bien la producción de glóbulos blancos a lo largo de la vida, la producción de cortisol asociada a niveles de estrés y así una gran cantidad de ejemplos como estos. Lo que nos interesa, en este proyecto de investigación, es saber cómo se cuantifican y analizan esos cambios, sobre qué respaldan sus juicios los profesionales de la medicina al realizar todo tipo de prácticas predictivas al momento de la diagnosis.

Al momento, los estudios sobre el PyLVar en ámbitos multidisciplinarios se han ocupado del examen del cambio y la variación bajo sistemas determinísticos propios de las ciencias físicas: estudios sobre el movimiento de caída libre o en el plano inclinado, la dinámica y la cinemática de cuerpos o las distintas modalidades de las dinámicas poblacionales con crecimiento exponencial. En todos ellos, el estado futuro del sistema dinámico depende sólo de las condiciones de partida (estado inicial y condiciones de frontera determinados por una única ley de movimiento). En este escenario, la predicción es alcanzada mediante modelos matemáticos cuya resolución precisa de la convergencia de la serie de Taylor en un dominio dado. Pues el estado futuro, digamos $f(x+h)$, depende los valores de partida: h , $f(x)$, $f'(x)$, etc., mediante la expresión:

$$f(x+h) = f(x) + \frac{f'(x)h}{1!} + \frac{f''(x)h^2}{2!} + \frac{f'''(x)h^3}{3!} + \dots$$

El problema que ahora abordamos es el de ampliar los escenarios de significación de la predicción en situaciones de cambio y variación hacia escenarios no determinísticos, eventualmente escenarios relativos al caos. Para ello elegimos un caso de la Medicina donde mostramos el papel que juega la lectura y la interpretación del electrocardiograma (ECG) como recurso válido para la

toma de decisiones con cambios de variación acotada. El médico debe reconocer las variaciones normales debidas a los cambios de polaridad en las células cardiacas y diferenciarlas de aquellas que pueden presentar patología. De esta manera, decimos que el profesional de la medicina realiza un análisis que involucra al cambio y su cuantificación.

Hemos presentado en la emisión anterior de la Escuela de Invierno el uso de las estrategias variacionales de comparación y de seriación en la interpretación que hace el médico de un electrocardiograma. Nos interesamos ahora por mostrar cómo es que el médico al momento de identificar una anomalía en el funcionamiento del corazón, mediante la interpretación del electrocardiograma, usa diferentes órdenes de variación; donde por ejemplo, si nos ubicamos en el contexto físico de movimiento, el primer orden de variación se refiere a la velocidad y el segundo orden de variación a la aceleración, o para el caso geométrico la pendiente de la recta tangente en un punto de la función corresponde al primer orden de variación y la concavidad al segundo orden.

Ahora bien, ¿cómo aparecen estos órdenes de variación en el diagnóstico médico? Para explicar esto, recurrimos a la obra de Nicolás Oresme (1323 - 1382), *Tractatus de configurationibus qualitatum et motuum*, donde presenta una forma de analizar la cuantificación del cambio desde las figuras geométricas. Esto ya que el uso de diferentes esquemas y gráficas es de gran relevancia para la práctica médica, pues intervienen en una gran cantidad de estudios sobre los cambios que suceden en el funcionamiento de los órganos del cuerpo humano.

El análisis sobre la obra de Oresme es base para el desarrollo de diversas investigaciones, por ejemplo, en trabajos de corte socioepistemológico se usa para el diseño de secuencias didácticas que buscan la significación del cambio y la variación a través del estudio de movimiento de un móvil (Alanís, 1996; Arrieta, 2003; Suárez, 2008). En nuestro caso, recurrimos a esta forma de tratar con el cambio como una base para las explicaciones del tratamiento que hace el médico ante el cambio y la variación; específicamente, durante el proceso de diagnosis mediante la interpretación del electrocardiograma; donde hemos identificado el uso de los órdenes de variación.

Oresme logra conjuntar las figuras geométricas y las proporciones para explicar la variación de fenómenos. Para ello, referencian a cualquier cualidad o característica que admita variación a la vez que la noción de intensidad. Éstas incluyen la temperatura, la velocidad, luminosidad, tristeza, caridad, etc. Al grado con el cual la cualidad es poseída por un objeto o sujeto se refiere la latitud. (Riestra, 2004).

Toda cualidad que puede adquirir sucesivamente diferentes intensidades puede ser representada mediante una línea recta levantada verticalmente sobre cada punto del sujeto afectado por dicha cualidad. Sobre una línea horizontal se representa la extensión del cuerpo en la que se estudia la cualidad, llamada longitud, y en cada punto de esa línea se levanta una recta vertical cuya altura sea proporcional a la intensidad de la cualidad, llamada latitud. De ahí resulta una figura geométrica que ayuda a comprender visualmente las características del fenómeno que se estudia (Suárez, 2008, p. 70).

El análisis de cómo cambia la cualidad caracteriza las formas de representación. La variación cero en la cualidad corresponde a la figura cuyos segmentos no varían (rectángulo), la variación uniforme corresponde a la figura cuyos segmentos cambian siempre lo mismo (triángulo) y la variación no uniforme es representada por la figura cuyos segmentos forman un contorno distinto.

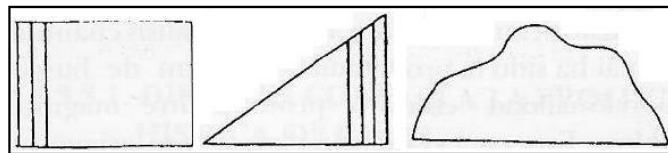


Figura 2. Figuración de cualidades (Ruiz, 1998 citado por Suárez, 2008)

3. ELEMENTOS METODOLÓGICOS

Como es sabido, el análisis de documentos es un procedimiento sistemático para revisar o evaluar documentos. Según Bowen (2009), al igual que otros métodos analíticos en la investigación cualitativa, el análisis de documentos requiere que los datos sean examinados e interpretados a fin de obtener significado, ganar la comprensión y desarrollar conocimiento empírico. Para López (2002) una forma particular de análisis de documentos es el análisis de contenido y “con esta técnica no es el estilo del texto lo que se pretende analizar, sino las ideas expresadas en él, siendo el significado de las palabras, temas o frases lo que intenta cuantificarse” (p. 173).

El análisis de documentos puede implementarse para el desarrollo de una variedad de propósitos al momento de emprender una investigación, por ejemplo, los documentos proporcionan antecedentes y el contexto para entender las raíces históricas de los problemas específicos, las preguntas adicionales que se deben formular, datos suplementarios o adicionales a la información con la que se cuente, un medio de seguimiento de cambios y el desarrollo para comparar los estadios de cierta evolución, y, por último, la verificación de los resultados de otras fuentes de datos

(Bowen, 2009). En particular, el análisis de documentos que llevamos a cabo, nos llevó a la formulación de algunas preguntas que necesitan ser hechas y situaciones que necesitan ser observadas como parte de esta investigación; el cual como se ve, corresponde al segundo propósito descrito por los autores.

Los documentos que revisamos son artículos, manuales y libros especializados con el interés explícito de tener un mapa completo sobre el funcionamiento cardíaco, las formas con las que cuentan para representar dicho funcionamiento, la interpretación de las representaciones y los elementos presentes en éstas que sean signo de anomalías en el funcionamiento; sea producido por crecimiento en el músculo cardíaco, bloqueos en la conducción del estímulo eléctrico, arritmias o infartos. Nos centramos en la representación de los procesos llevados a cabo por el corazón desde el electrocardiograma (Harvey, 1994; Lobelo, Hernández, González y Moro, 2001; Castellano, Pérez y Attie, 2004; Foster, 2007; Cabrera, 2008; Portillo, 2009; Mann, 2011; Pérez-Lescure, 2011). Esta revisión se acompañó de entrevistas a médicos generales para comprobar y corregir nuestra interpretación del análisis de los documentos.

El análisis de documentos considera aspectos relacionados con los elementos que intervienen en la interpretación del electrocardiograma para su análisis sistemático, el cual consiste, grosso modo, del análisis del ritmo cardíaco, el cálculo de la frecuencia cardíaca y del análisis de las partes que componen el electrocardiograma; además, realizamos un análisis sobre las características gráficas de las anomalías en el funcionamiento cardíaco. Estos dos aspectos, vistos como parte del proceso de diagnóstico, son los que permiten, en nuestra opinión, la interpretación del quehacer del médico como prácticas donde la guía es la predicción, en tanto identificamos en ellos la forma en la que tratan con el cambio y su cuantificación.

A partir de los elementos que intervienen en la interpretación del electrocardiograma, identificamos cómo el médico trata con el cambio mediante el uso de las llamadas estrategias variacionales y que fueron reportadas en las investigaciones sobre Pensamiento y Lenguaje Variacional (Caballero, 2012; Salinas, 2003). La cuantificación del cambio se expresa mediante frases como alargamiento progresivo del intervalo PR hasta que una onda P se bloquea (una característica de un tipo de bloqueo), de donde identificamos el uso de diferentes órdenes de variación para el diagnóstico de bloqueos de tipo AV.

3.1. El uso de órdenes de variación en el diagnóstico de bloqueos auriculo-ventriculares

Mostramos ahora el uso del segundo orden de variación en el diagnóstico médico sobre anomalías en los procesos eléctricos llevados a cabo por el corazón. La anomalía en el funcionamiento cardíaco, vista desde el ECG, se caracteriza sólo con base en las variables tiempo o voltaje. Para algunos casos, el referente es el tiempo que transcurre para realizar determinado proceso en el ciclo cardíaco; para otros será el voltaje empleado para realizarlo o la combinación de estas variables es la que caracteriza la enfermedad. Las anomalías que abordaremos en este momento son las referidas exclusivamente al tiempo.

Un bloqueo en la conducción eléctrica en el corazón puede presentarse en diferentes zonas y ser de dos tipos: completos e incompletos. En los primeros, el estímulo eléctrico no pasa por la zona bloqueada y en los de segundo tipo, el estímulo viaja de forma retrasada o enlentecida en el tiempo (Castellano, Pérez y Attie, 2004).

Para investigar el orden de variación referidos a la variable tiempo en el diagnóstico de bloqueos en la conducción eléctrica estudiamos los bloqueos ubicados en el nodo atrioventricular (bloqueos AV, BAV). En los cuales el médico para identificarlos analiza, en términos generales, los cambios en el intervalo PR y la relación entre las ondas P y el complejo QRS (ver Figura 3).

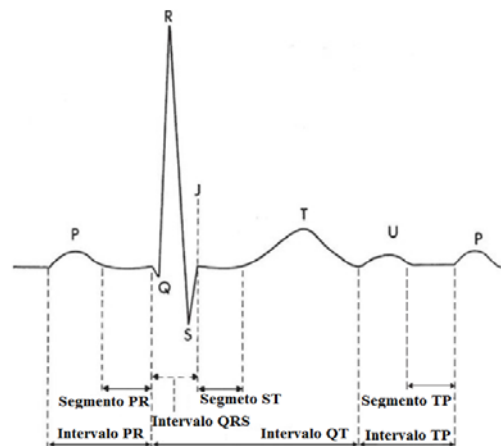


Figura 3. Segmentos, intervalos y ondas en un ciclo cardíaco

Basándose en las características electrocardiográficas, el BAV se clasifica en tres categorías:

- BAV de primer grado que es la prolongación del intervalo PR más allá del límite superior de la normalidad, es decir mayor de 0,2 segundos;
- el BAV de segundo grado, en él, una o más ondas P, pero no todas, no son conducidas, esto es, no son seguidas de complejo QRS, y
- el bloqueo AV

de tercer grado, en el cual ninguna de las ondas P se conduce a los ventrículos, es decir, hay un bloqueo total de la conducción a nivel AV (Lobelo, Hernández, González y Moro, 2001, p. 2125).

La característica principal en la descripción de los bloqueos de primer y segundo grado, como vimos en el párrafo anterior y que profundizaremos más adelante, corresponde a la prolongación del intervalo PR. Esta centración en la prolongación de un suceso alude al tiempo como variable principal de estudio y a un comportamiento específico sobre la variable (su crecimiento), por lo que nos interesamos por analizar las características electrográficas de este tipo de bloqueos. Longitudes mayores en ese sentido corresponden a lapsos mayores.

El bloqueo AV de segundo grado se describe de la siguiente manera:

Es la interrupción intermitente de un estímulo supraventricular a su paso por el nodo atrioventricular. Esa interrupción tiene lugar de manera que un primer estímulo se conduce normalmente a través del nodo atrioventricular, el siguiente estímulo sufre un enlentecimiento de la conducción a través de dicho nodo, el tercer estímulo se enlentece aún más y así hasta que un determinado estímulo se bloque y no es capaz de atravesar el nodo atrioventricular. Este enlentecimiento progresivo de la conducción a través del nodo AV se llama fenómeno de Wenckebach (Castellano *et al.*, 2004, p 85).

En esta primera descripción del bloqueo Wenckebach nos interesa resaltar la delineación que se hace del comportamiento de los estímulos eléctricos que parten del nodo sinusal al atrioventricular. Esto es, los estímulos tienen cada vez un mayor retraso, lo que habla de una cuantificación del cambio que sufre el tiempo que tarda en conducir un estímulo en determinada zona del corazón. Este cambio se representa con un crecimiento de algún tipo, es decir, involucra un primer orden de variación en tanto sólo habla de crecimiento y no de qué tipo de crecimiento es (segundo orden de variación).

A continuación, explicamos cómo el segundo orden de variación está presente en las características del bloqueo AV tipo Wenckebach (Mobitz I) y además, cómo esto se visualiza en el ECG.

Las características electrocardiográficas del BAV tipo Mobitz I son: a) prolongación progresiva del intervalo PR; b) disminución progresiva del incremento del intervalo PR de latido a latido; c) disminución del intervalo RR; d) la pausa producida por la onda P bloqueada es menor a la suma de dos intervalos PP y es igual a la suma de dos intervalos PP menos la suma total de los incrementos de conducción, y e) el intervalo RR producido después de la pausa es mayor que el último intervalo RR

producido antes de la onda P bloqueada (Lobelo, Hernández, González y Moro, 2001, p. 2126).

A partir de las particularidades de Lobelo et al. (2001) en las características de este tipo de bloqueos, reconocemos que entre los elementos que permiten identificar el enlentecimiento en los estímulos eléctricos del corazón, es el estudio del intervalo PR. El apartado a) indica una prolongación progresiva de este intervalo, lo que entendemos como un comportamiento creciente en el tiempo que dura en realizarse para cada ciclo cardíaco; además, especifica en el apartado b) que este crecimiento del intervalo sufre una disminución progresiva. Es decir, el intervalo PR durante un bloqueo AV de tipo Wenckebach tiene un crecimiento cada vez menor.

Por otro lado, recurrimos a Castellano et al. (2004) para analizar las características que presentan sobre el bloqueo AV tipo Wenckebach, donde se presentan otros apartados.

Desde el punto de vista electrocardiográfico, el bloqueo AV de segundo grado Mobitz I o tipo Wenckebach se caracteriza por:

Alargamiento progresivo del intervalo PR hasta que una onda P se bloquea, es decir, no se sigue de un complejo QRS.

Acortamiento progresivo de los intervalos RR hasta que la onda P se bloquea.

El complejo QRS es por lo general de características normales.

El intervalo RR que contiene la onda P bloqueada es más corto que la suma de dos intervalos PP. (Castellano *et al.*, 2004, p. 85).

Donde aparentemente sólo reconoce el comportamiento creciente del intervalo PR. Sin embargo, los autores más adelante comentan que el apartado 2 es una consecuencia de la disminución en el incremento del intervalo PR; donde justamente aparece la medición del cambio del cambio (segundo orden de variación).

El bloqueo AV tipo Wenckebach puede ser típico o atípico. En el bloqueo AV tipo Wenckebach típico el mayor incremento del intervalo PR tiene lugar en el segundo impulso conducido después de la pausa. En los impulsos sucesivos, el intervalo PR sigue incrementándose, pero el grado de incremento disminuye. El acortamiento progresivo del intervalo RR hasta que la onda P se bloquea es el resultado de la disminución en el incremento del intervalo PR (Castellano *et al.*, 2004, p. 85).

De lo mencionado anteriormente, decimos que el médico en la interpretación del electrocardiograma (Figura 4) requiere para diagnosticar la presencia de un bloqueo tipo Wenckebach típico del estudio del segundo orden variación sobre la variable tiempo.



Figura 4. Bloqueo AV de tipo Wenckebach.

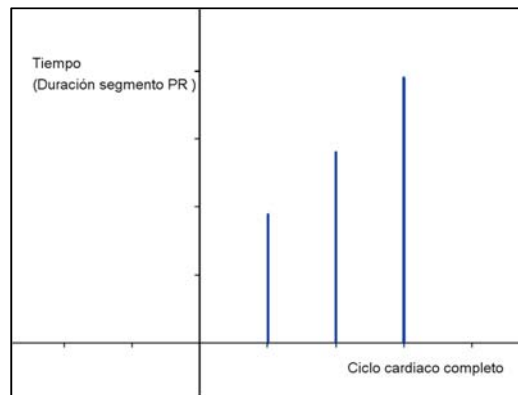


Figura 5. Función entre la duración del segmento PR en cada ciclo cardíaco para el bloqueo AV tipo Wenckebach.

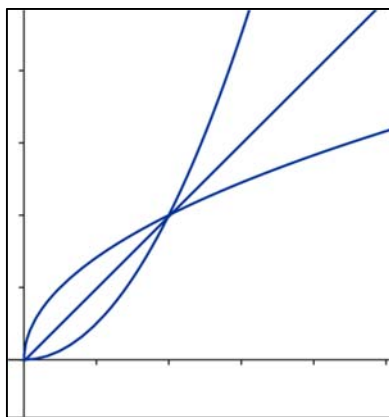


Figura 6a. Tipos de funciones crecientes

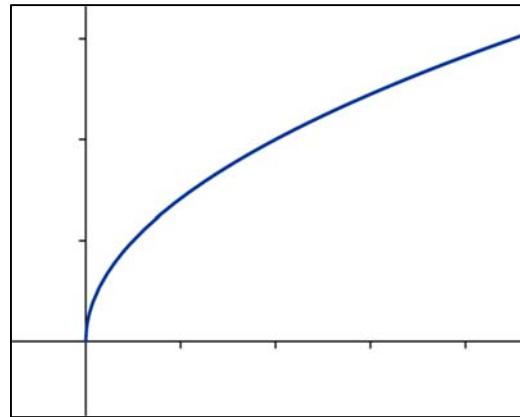


Figura 6b. Función creciente, con crecimiento cada vez menor

Para ilustrar esto, construimos en similitud a la obra de Oresme una función auxiliar que nos permita asociar el tiempo que tarda el intervalo PR en realizarse en cada ciclo cardíaco completo (Figura 5). Esta función es creciente debido a las características que mencionamos tiene el bloqueo tipo Wenckebach, alargamiento progresivo de segmento PR. Sin embargo, no es suficiente hablar de la primera variación para identificar este bloqueo, pues existen tres formas de crecimiento

(Figura 6 a.); de tal manera que la disminución en el incremento del intervalo PR es la que nos permite identificar la forma en la que cambia el cambio (Figura 6 b.).

4. CONCLUSIONES

Otorgamos evidencia de cómo aparece la cuantificación del cambio en el diagnóstico de anomalías en el funcionamiento cardíaco, esto es, centramos la atención en los órdenes de variación que son usados para el diagnóstico de bloqueos en la conducción del impulso eléctrico en la zona aurículo – ventricular del corazón. Previamente identificamos también que la base de la cuantificación del cambio se refiere al uso de las estrategias variacionales de comparación y de seriación. Con esto, planteamos una estructura de pensamiento predictivo común para fenómenos deterministas y no deterministas.

Hasta este momento de la investigación, hemos articulado la práctica médica relativa al diagnóstico de bloqueos AV con las investigaciones del PyLVar mediante la identificación en estas prácticas del uso de las estrategias variacionales y de los órdenes de variación. Ahora bien, nuestro objetivo de investigación no radica en la identificación del uso del orden de variación, sino que el objetivo es cómo se constituyen los niveles de constantificación para los fenómenos relativos al funcionamiento del corazón. Es decir, determinar qué es lo que conduce al médico a determinar el origen de la condición de su paciente y a determinar el orden de variación suficiente para diagnosticar a su paciente. Esto último, se refiere a los niveles de constantificación descritos por Cantoral (2000), donde un primer nivel de constantificación alude a la selección de las variables que describen con suficiente precisión al sistema y el segundo nivel de constantificación alude a la selección del orden de variación que afecta significativamente al sistema.

Con este objetivo lo que nos interesa abordar es nuestra hipótesis de investigación sobre el estudio de aquella variación mínima que permita la predicción, sea ésta en fenómenos deterministas o indeterministas, y que en el grupo de investigación hemos denominado como “principio estrella” (Moreno y Cantoral, 2015). Creemos que este principio estaría asociado a las formas de organizar/jerarquizar las prácticas predictivas, mediante la anidación de prácticas, y además nos brindaría elementos sobre cómo la racionalidad humana sobre la variación está presente en diversos escenarios socioculturales, es decir, hablaría de la transversalidad de la matemática.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alanís, J. (1996). *La predicción: un hilo conductor para el rediseño del discurso escolar del Cálculo*. (Tesis de doctorado no publicada). Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN. DF: México.
- Arrieta, J. (2003). *Las prácticas de modelación como proceso de matematización en el aula*. (Tesis de doctorado no publicada). Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN. DF: México.
- Bowen, G. (2009). Document Analysis as a Qualitative Research Method. *Qualitative Research Journal*, 9(2), 27-40.
- Caballero, M. (2012). *Un estudio de las dificultades en el desarrollo del lenguaje y pensamiento variacional en profesores de bachillerato*. (Tesis de maestría no publicada). Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN. DF: México.
- Cabrera, R. (2008). *Semiología del electrocardiograma. Guía de interpretación práctica*. Disponible en: http://www.chospab.es/libros/ecg/guia_ECG.pdf
- Cantoral, R. (2013). *Teoría Socioepistemológica de la Matemática Educativa*. Barcelona: Gedisa.
- Cantoral, R., & Farfán, R. (1998). Pensamiento y lenguaje variacional en la introducción al análisis. *Epsilon* 42(14), 353-369.
- Cantoral, R., Farfán, R., Lezama, J., & Martínez, G. (2006). Socioepistemología y representación: Algunos Ejemplos. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, Número Especial, 83-102.
- Castellano, C., Pérez, M., & Attie, F. (2004). *Electrocardiografía clínica*. Madrid: Elsevier.
- López, F. (2002). El análisis de contenido como método de investigación. *Revista de Educación*, 4, 167-179.
- Lobelo, R., Hernández, A., González, J., & Moro, C. (2001). Bloqueo Aurículo – Ventricular. *Medicine*, 8(40), 2125-2131.
- Mann, D. (2011). *Heart failure: a companion to braunwald's heart disease*. USA: Elsevier.
- Moreno, G., & Cantoral, R. (2015). Socioepistemología: Medicina y Matemáticas. Elementos para el estudio de principio estrella. En F. Rodríguez y R. Rodríguez (Eds.). *Memoria de la XVII Escuela de Invierno en Matemática Educativa. La Profesionalización Docente desde los Posgrados de Calidad en Matemática Educativa 17*, 59-66. Oaxaca: CIMATES
- Pérez-Lescure, J. (2011). Taller de lectura sistemática del electrocardiograma pediátrico o cómo interpretar un electrocardiograma y no perecer en el intento. *Revista Pediatría Atención Primaria Suplemento 20*, 225-233.
- Portillo, M. (2009). Electrocardiografía: Técnica de interpretación básica. *Foro de pediatría de atención primaria de Extremadura*, 6(1), 57-63.
- Riestra, J. (2004). El estudio de la variación en la edad media y su relación con el concepto de límite. *Miscelánea Matemática*, 39, 49-60.
- Salinas, S. (2003). *Un estudio sobre la evolución de ideas variacionales en los cursos introductorios al cálculo*. (Tesis de maestría no publicada), Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN. DF: México.
- Suárez, L. (2008). *Modelación – Graficación. Una Categoría para la Matemática Escolar. Resultados de un Estudio Socioepistemológico*. (Tesis de doctorado no publicada). Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN. DF: México.