

Cardiología, Matemáticas y Matemática Educativa: Una base de significados para la angularidad

Angélica Moreno–Durazo

e-mail: angelica.morenodurazo@unison.mx
Universidad de Sonora

Resumen

La investigación que aquí presentamos parte del cuestionamiento ¿cómo piensan matemáticamente los individuos? En este caso, mostramos los resultados situados en el contexto del diagnóstico y el tratamiento de enfermedades cardiacas, donde identificamos que se precisa de la participación holística del pensamiento matemático para la toma de decisiones. En particular, en este artículo, mostramos el rol del pensamiento geométrico. Nuestro estudio es cualitativo interpretativo con método etnográfico, llevado a cabo durante varios meses en un centro especializado de Cardiología. Como resultado presentamos el uso de la noción de ángulo en la interpretación de electrocardiogramas y, a partir de estos hallazgos, planteamos una base de significados a considerar en futuros diseños de intervención didáctica para la Educación Media Superior o la Educación Básica donde se evidencie el carácter funcional del conocimiento matemático, particularmente, la angularidad en la práctica médica.

Palabras clave: Interpretación de electrocardiogramas, Método etnográfico, Socioepistemología

Recibido 22 de Febrero del 2021

Aceptado 08 de Abril del 2021

Introducción

La despersonalización y la descontextualización que sufre el saber matemático en su introducción a los sistemas educativos, producto de la denominada transposición didáctica (Chevallard, 1985), tiene implicaciones en los significados que los individuos construyen sobre los conceptos matemáticos. Un efecto de ello es que los individuos separan a la matemática escolar de su actividad cotidiana, es decir, existe una segregación entre los problemas que resuelven en su clase de matemáticas y los problemas de su entorno, su quehacer y/o su profesión (Carragher, Carragher y Schliemann, 2007; Arrieta y Díaz, 2015).

Una situación común que refleja lo anterior sucede cuando los estudiantes de las carreras de ingeniería cursan las materias profesionalizantes, ya que no recuerdan las matemáticas enseñadas en sus cursos básicos, o bien, las recuerdan, pero no las emplean para resolver los problemas que se les plantean (Torres–Corrales y Montiel, 2019). Inclusive, los ingenieros mencionan que los problemas a los que se enfrentan en su práctica involucran nociones matemáticas no formales “para la mayor parte de los ingenieros en esta empresa, una gran cantidad de matemáticas que nos enseñaron, y no diré que aprendimos, no han aparecido todavía” (Kent y Noss, 2002, p. 1).

De manera que, con la finalidad de contribuir a la problemática señalada, se han desarrollado investigaciones en Matemática Educativa que analizan desde diferentes enfoques los significados que toman los conceptos matemáticos en escenarios socioculturales diversificados, como son el caso de nociones de la trigonometría en la Robótica (Torres–Corrales y Montiel, 2019), la geometría en la Topografía (Covián y Romo–Vázquez, 2017), la noción de promedio en la Enfermería (Noss, Pozzi y Hoyles, 1999), la inferencia estadística en la Ingeniería (Bakker, Kent, Derry, Noss y Hoyles, 2008), la variación en la Ingeniería (Rodríguez–Gallegos,

2010; Cordero, Del Valle y Morales, 2019), entre muchas otras. Pues como mencionan Pozzi, Noss, y Hoyles (1998), para una didáctica eficaz no es suficiente con traer datos de la práctica profesional, sino que se debe hacer un esfuerzo por identificar los usos de los conceptos, los significados que adquieren y luego proponer su discusión en el aula.

En ese sentido, realizamos una investigación centrada en identificar y caracterizar los usos del conocimiento matemático en el diagnóstico y el tratamiento de enfermedades cardíacas. Mediante la etnografía comprobamos nuestra hipótesis sobre el uso de la variación sucesiva en la interpretación de electrocardiogramas y la participación del pensamiento y lenguaje variacional en ello, estos resultados los hemos reportado ampliamente (Moreno 2018; Moreno–Durazo 2018, Cantoral, Moreno–Durazo y Caballero–Pérez, 2018). También como producto de la investigación se sabe que en realidad la resolución de los problemas, así como la toma de decisiones de los cardiólogos, se realiza desde un acercamiento holístico del pensamiento matemático, es decir, el diagnóstico y el tratamiento de enfermedades precisa de la participación del pensamiento matemático en conjunto. Así que, con la finalidad de evidenciar la participación de otras formas de pensamiento en la interpretación de electrocardiogramas, en este artículo centramos la atención en el pensamiento geométrico; concretamente, tratamos con el uso de la noción de ángulo en la interpretación de electrocardiogramas.

Elementos teóricos

El enfoque teórico utilizado aborda a la *matemática en uso*: la Socioepistemología analiza la *construcción social del conocimiento matemático* a través del estudio de las prácticas que acompañan y significan a los conceptos matemáticos. Esta *centración en las prácticas* en ningún sentido es el abandono de los objetos matemáticos, sino que son analizados desde su *valor de uso* (Cantoral, 2016; Cantoral, Reyes–Gasperini y Montiel, 2014). Así, para la Socioepistemología el significado de los objetos matemáticos se logra a partir de su uso.

Entre las prácticas que acompañan la *construcción social del conocimiento matemático* (cscm) se encuentran las *acciones* directas que el individuo ejecuta sobre el medio, las cuales evolucionan hasta constituirse, bajo intenciones articuladas en contextos socioculturales específicos, en *actividades y prácticas socialmente compartidas* (Figura 1); estos tres momentos son estructurados por los marcos de referencia donde se desarrollen (*prácticas de referencia*) y normados por *prácticas sociales*. Entonces, la cscm precisa de dos mecanismos: relaciones de subida que favorece el paso de la acción a la práctica social y otro, relaciones de bajada, para el tránsito de la normativa de la práctica social a la acción: “[...] hacia arriba, la construcción social del conocimiento comienza por la acción del sujeto sobre el medio y hacia abajo, la construcción social del conocimiento comienza por la norma que regula el quehacer de los individuos en colectividad” (Cantoral, Reyes–Gasperini y Montiel, 2014, p. 14).

En el estudio sobre el uso de la variación en la interpretación de electrocardiogramas se identificó a la Cardiología como la práctica de referencia, al nivel acción se encuentran las prácticas de *medir* y de *comparar* que permiten el reconocimiento del cambio en las ondas del electrocardiograma, como actividad se reconocen las prácticas de *comparar*, *seriar* y *estimar* pues posibilitan la identificación de los comportamientos variacionales que determinan el diagnóstico de los padecimientos cardíacos y, finalmente, las prácticas socialmente compartidas identificadas son la de *secuenciar* e *inferir* (Moreno, 2018). Así, un cuestionamiento de nuestro interés es ¿cuáles son las prácticas que acompañan el uso de la noción de ángulo?



y en particular, ¿cuáles son las prácticas que acompañan el uso del ángulo en el diagnóstico de enfermedades cardíacas?



Figura 1. Modelo de anidación de prácticas (Cantoral, 2016)

Por otro lado, la Socioepistemología postula que la enseñanza de las matemáticas está determinada por un sistema de razón denominado *discurso Matemático Escolar*, caracterizado por:

- La atomización en los conceptos (no se consideran los contextos sociales y culturales que permiten la constitución del conocimiento).
- El carácter hegemónico (existe una supremacía de argumentaciones, significados y procedimientos, frente a otros).
- La concepción de que la Matemática es un conocimiento acabado y continuo (los objetos matemáticos son presentados como si hubiesen existido siempre y con un orden).
- El carácter utilitario y no funcional del conocimiento (la organización de la matemática escolar ha antepuesto la utilidad del conocimiento a cualquiera de sus restantes cualidades).
- La falta de marcos de referencia para resignificar la matemática escolar (se ha soslayado el hecho de que la Matemática responde a otras disciplinas y, por tanto, es ahí donde encuentra una base de significados naturales). (Soto y Cantoral, 2014, p. 21)

De manera que, el *rediseño del discurso Matemático Escolar* requiere de una *problematización del saber* que considere una articulación sistémica de las cuatro *dimensiones del saber*: *cognitiva, epistemológica, didáctica y social*. En particular, sobre la noción de ángulo, Rotaèche y Montiel (2017) muestran un análisis de las dimensiones didáctica, cognitiva y epistemológica (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis por dimensiones de la noción de ángulo (Rotaèche y Montiel, 2017)

Dimensión	Características
Didáctica	En la educación básica mexicana existen dos momentos donde el ángulo cobra relevancia: en cuarto año de primaria y en primer año de secundaria. En primaria

	es introducido con la idea de “partes de vuelta”, sin mencionar el concepto. Posteriormente se nombra la parte de vuelta o giro como ángulo y es asociada con una medida en grados. Además, es utilizado como elemento de otras figuras geométricas. En la secundaria se parte de estos significados para identificarlo en situaciones concretas o contextualizadas. Su medición se hace con el transportador, y para su trazo se incorpora el compás; finalmente, se avanza hacia su clasificación y el reconocimiento de su papel en la tipología de triángulos y paralelogramos.
Cognitiva	Basado en la perspectiva de Mitchelmore y White (2000) se plantea que la formación del concepto se da a partir de las experiencias físicas que viven los alumnos, mediante un modelo de abstracción que representa una clasificación de dichas experiencias: conceptos situados del ángulo, conceptos contextuales del ángulo y conceptos abstractos del ángulo.
Histórico – Epistemológico	Las autoras reconocen en el desarrollo histórico del concepto momentos de uso en contextos prácticos, en contextos formales (filosófico-matemáticos) y de debate sobre su naturaleza. Lo que les permite caracterizar el ángulo como una noción polifacética cuyos significados aluden a una cualidad (aludiendo a la forma), una cantidad (porque es susceptible de medirse) y una relación (por ser acotada y definida por otros elementos); además, sus usos y representaciones tienen carácter estático o dinámico.

Este análisis es lo que fundamenta la propuesta de intervención didáctica de las autoras para el estudio del ángulo en el nivel secundaria, concluyendo que los estudiantes lograron identificar, cuantificar y acotar la angularidad, más que el ángulo como concepto. Así, de Rotaèche y Montiel (2017) retomamos el término *angularidad* que alude al uso del ángulo, además, en este estudio se identifica a las prácticas de *manipular, medir y cuantificar* como relevantes en el estudio del ángulo.

También en el estudio de las razones y funciones trigonométricas (tema de estudio a partir del tercer año de secundaria) se moviliza a la noción de ángulo. Cantoral, Montiel y Reyes–Gasperini (2015) mencionan que la enseñanza de la razón trigonométrica se acota al contexto de triángulos rectángulos semejantes y ocultan la esencia de lo trigonométrico: *El entendimiento de la naturaleza de la relación entre un ángulo central y la longitud de la cuerda que subtiende en un círculo* (relación no proporcional) (Figura 2). Esto como producto de una aritmetización y algebrización de la Trigonometría, intencionada al cálculo del valor faltante (ángulos o lados del triángulo).

Considerando lo anterior, el estudio que presentamos enseguida sobre la angularidad en la interpretación de electrocardiogramas robustece la problematización del saber de la noción de ángulo, específicamente, abonamos a las dimensiones epistemológica y social para un contexto fuera del escenario escolar. De manera que, se puede considerar como elemento para futuros diseños de intervención didáctica.



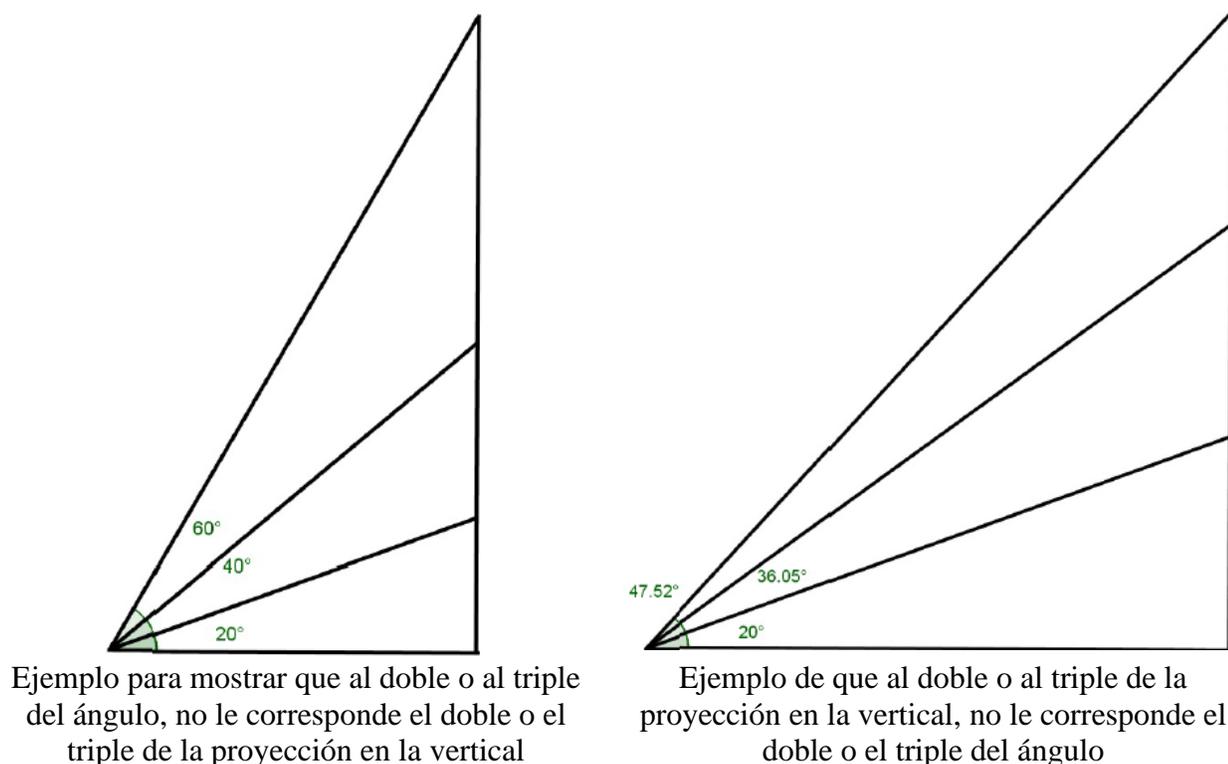


Figura 2. Relación no proporcional entre el ángulo y la cuerda (Cantoral, Montiel y Reyes–Gasperini, 2015)

Metodología

Nuestro estudio se desarrolla con método etnográfico para conocer las problemáticas de la comunidad de cardiólogos, así como la diversidad de estrategias que siguen para atenderlas. Esto con la intención de determinar el papel del conocimiento matemático en la comunidad. Se desarrolla una inmersión profunda en la práctica de los cardiólogos en el Servicio de Cardiología del Hospital Universitario “Manuel Ascunce Domenech” en Camagüey, República de Cuba durante la primavera de 2017 y, como se mencionó, tuvo la finalidad de analizar las prácticas cotidianas y localizar aspectos del pensamiento matemático que los cardiólogos usaban a diario.

Durante el estudio se observaron las consultas regulares (seguimiento a los pacientes diagnosticados con enfermedades cardiacas) y, además, se observaron los casos de pacientes ingresados en terapia intensiva, es decir, pacientes cuyo estado de salud era riesgoso. La experiencia constó de un acompañamiento diario de entre 6 – 8 horas, con un total de 240 horas de observación y análisis de su práctica profesional. Para la validación de los datos se llevó a cabo una triangulación en el siguiente sentido, “[una] puesta en relación de las aportaciones que realizan los diferentes agentes implicados en la investigación, incluido el punto de vista del investigador” (Álvarez, 2011, p. 277). Particularmente, seguimos una triangulación de métodos (Figura 3).



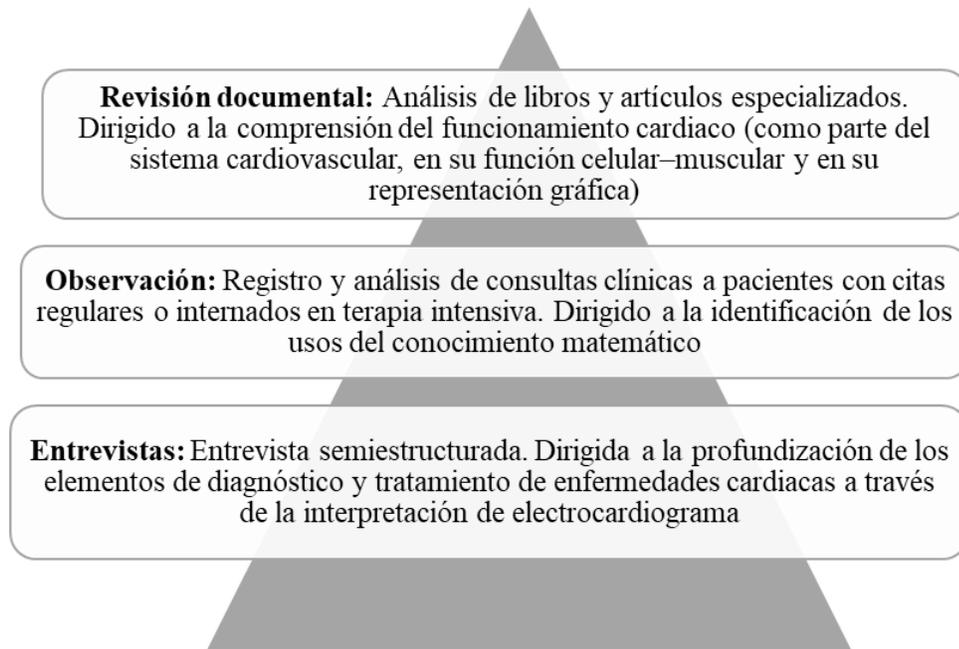


Figura 3. Elementos de la triangulación

La angularidad en la Cardiología

El electrocardiograma (ECG) es una sofisticada herramienta conformada por varias gráficas de voltaje – tiempo (Figura 4) que informan sobre los procesos de contracción y relajación de las aurículas y ventrículos en zonas diferenciadas del corazón (I, II, III, aVR, aVL, aVF, V1, V2, V3, V4, V5, V6). Un ciclo cardiaco corresponde a la contracción de las aurículas (onda P, ver Figura 5), la contracción de los ventrículos (complejo QRS) y la relajación ventricular (onda T), el cual se repite en cada latido del corazón.

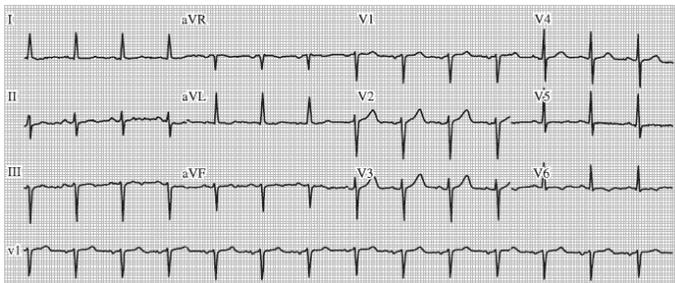


Figura 4. ECG estándar de 12 derivaciones. Nota: El ECG es de un paciente con hipertrofia ventricular (Wagner y Strauss, 2014, p. 110).

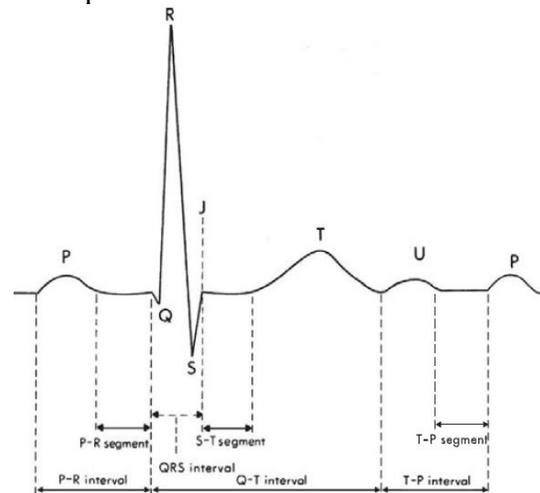


Figura 5. Ciclo cardiaco –un latido– (Wagner y Strauss, 2014, p. 16)



En el siguiente extracto de una entrevista con el cardiólogo observamos que la funcionalidad del electrocardiograma incide directamente sobre el diagnóstico y el tratamiento de enfermedades cardiacas. Cardiólogo: básicamente su capacidad [se refiere al ECG] es para evaluar la actividad eléctrica del corazón, lo que pasa es que las enfermedades cuando provocan una alteración con el corazón se provocan cambios en la corriente eléctrica del corazón

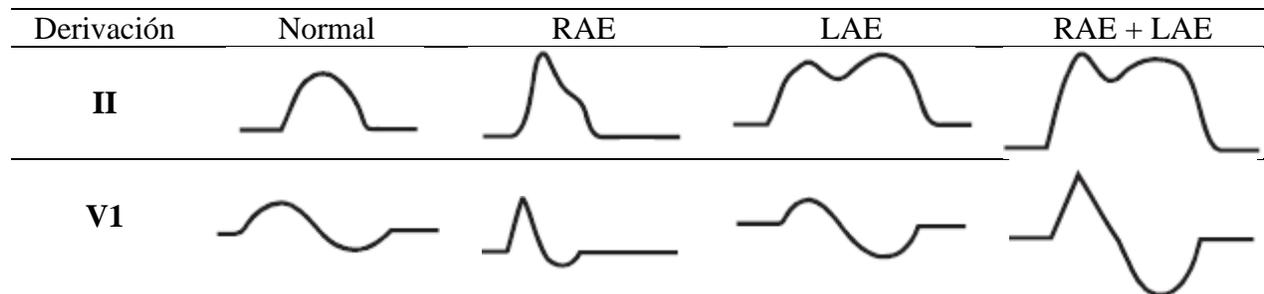
Cardiólogo: *por ejemplo, si hay crecimiento del corazón los voltajes crecen porque el impulso tiene que atravesar un mayor grosor de masa miocárdica. Cuando hay un trastorno en la conducción porque hay un bloqueo, el QRS se ensancha.*

Cardiólogo: *uno infiere desde las alteraciones eléctricas crecimientos, isquemias y las arritmias.*

Cardiólogo: *una persona con dolor en el pecho que se supone que tenga un infarto, el electrocardiograma es definitorio. En cuanto la conducta, o es con elevación del segmento ST o sin elevación del segmento ST. Y el tratamiento es totalmente opuesto.*

Notemos también que la interpretación del electrocardiograma precisa del contraste de las formas de las ondas, el cardiólogo menciona que “más ancho”, “con elevación”, “sin elevación”, “más alto” son indicadores de padecimientos cardiacos. Es decir, el cardiólogo para el diagnóstico precisa del análisis de la forma y la cuantificación de las ondas del ECG, por ejemplo, en la Tabla 2 presentamos la forma de la onda P en estado normal, cuando el corazón tiene crecimiento de la aurícula izquierda (LAE), crecimiento de la aurícula derecha (RAE) o un crecimiento biauricular (LAE + RAE).

Tabla 2. Morfología de la onda P (Wagner y Strauss, 2014, p. 91)



Con esto establecemos un primer vínculo entre la interpretación de ECG y los aspectos en los que tradicionalmente se ha organizado el estudio de la Geometría, la forma, el espacio y la medida. Enseguida abordamos el papel de la angularidad a través de dos momentos: primero, como elemento importante en el sistema de referencia que permite la producción del gráfico y, segundo, como determinante en el cálculo del eje cardiaco, el cual permite identificar padecimientos como la hipertrofia ventricular.

La angularidad en la generación del electrocardiograma

Las gráficas del electrocardiograma tienen detrás un sistema de referencia poco convencional denominado sistema hexaxial (Figura 6). En este sistema, la actividad eléctrica del corazón es analizada desde puntos de observación ubicados en diferentes ángulos (derivaciones, I, II, III, aVR, aVL, aVF). Este sistema tiene similitudes con el plano polar salvo que los valores positivos del ángulo ocupan el semiplano desde 0° hasta



180° (sentido de las manecillas del reloj) y los negativos ocupan el semiplano desde 0° hasta 180° (sentido contrario de las manecillas del reloj).

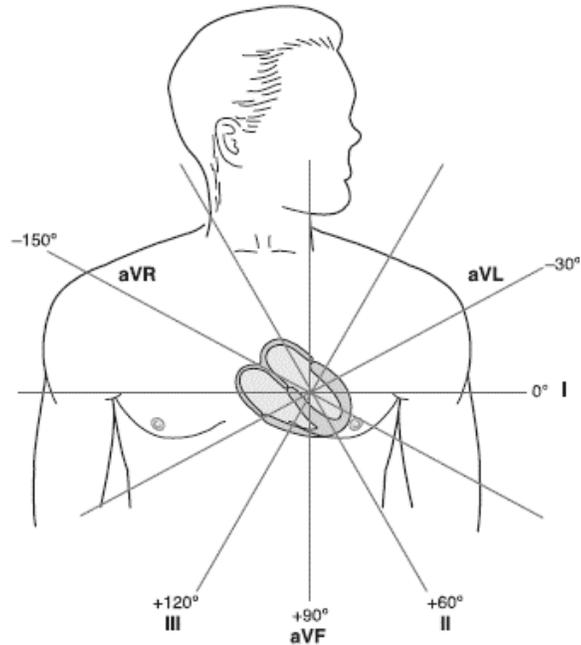


Figura 6. Sistema de referencia hexaxial (Wagner y Strauss, 2014, p. 27)

En la representación de la actividad eléctrica necesaria para la contracción y la relajación de las cavidades del corazón se utilizan vectores, por ejemplo, en condiciones normales, el vector que representa la contracción auricular tiene sentido, dirección y magnitud específica (\widehat{AP} , ver Figura 7).

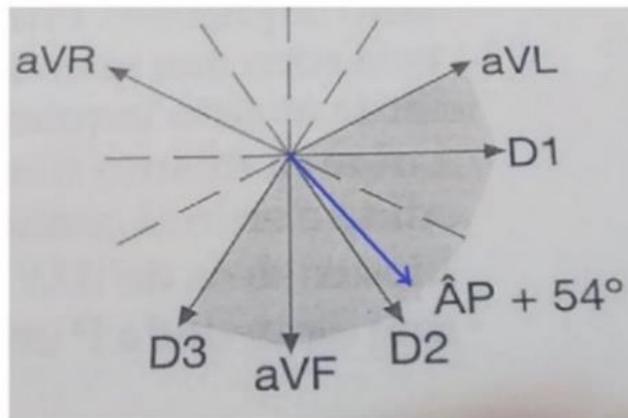


Figura 7. Vector de despolarización auricular en el sistema hexaxial (Castellano, Pérez y Attie, 2004)

Sobre este vector se cuantifica el ángulo que forma con cada derivación del sistema hexaxial y a partir de ese valor, el electrocardiograma produce la forma y medida de la onda P. Es decir, una deflexión positiva (hacia arriba) o negativa (hacia abajo) de la onda depende de la magnitud del ángulo que se forme entre el vector y cada derivación: *Si el vector \widehat{AP} forma un ángulo menor a 90°, entonces producen una deflexión positiva, mientras que si el ángulo es mayor a 90° entonces la deflexión es negativa.*



Entonces, en la Figura 7 observamos que el ángulo formado entre \widehat{AP} y D1 es menor a 60° , por tanto, la normalidad de la onda P es que sea positiva en la derivación I. De manera similar, se sabe que la onda es positiva en las derivaciones, II (ángulo menor de 30° entre \widehat{AP} y D2), III (ángulo poco mayor a los 60° entre \widehat{AP} y D3), aVF (ángulo poco mayor a los 30° entre \widehat{AP} y aVF), aVL (ángulo poco menor a los 90° entre \widehat{AP} y aVL). Por último, la onda P es negativa en aVR (es evidente que el ángulo es mayor a los 90° entre \widehat{AP} y aVR). Así, los cardiólogos conocen las características normales de la onda P en el ECG.

De lo anterior, notamos que la forma de la onda está determinada por la medida del ángulo, más aún, una magnitud de voltaje mayor (onda más alta) está en función de que el ángulo entre el vector y la derivación sea más pequeño. La derivación II es la que tendrá una onda P más alta que en la derivación III, ya que en II el ángulo es menor a 30° y en III es poco mayor a 60° .

A partir de esto, identificamos que el significado sobre el ángulo que se moviliza en la generación del gráfico refiere al tipo de relación, ya que está determinada por los puntos de observación donde se colocan electrodos y, sobre todo, por el estado de salud del paciente; por ello, identificamos que su uso es dinámico.

Este principio es el que se sigue para la generación del complejo QRS (a partir de la comparación de tres vectores de despolarización ventricular) y para la onda T (comparando un vector de repolarización ventricular), los cuales en conjunto determinan un electrocardiograma con funcionamiento normal del corazón (Figura 8).

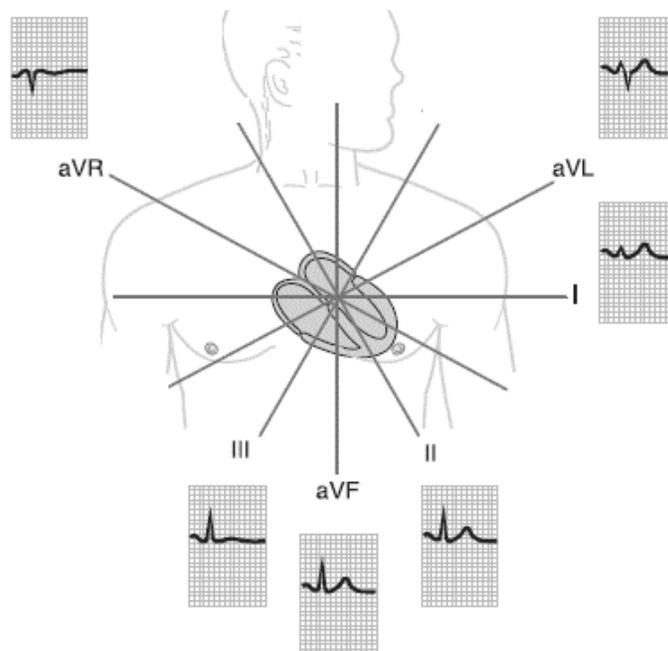


Figura 8. Registro de un latido en el sistema hexaxial (Wagner y Strauss, 2014, p. 36)

Claramente la producción del gráfico es automatizada por el electrocardiógrafo, pero el papel del ángulo es parte del conocimiento que tienen los cardiólogos para dar explicaciones a las modificaciones que se presentan en el ECG de sus pacientes, con lo cual tienen elementos para construir el diagnóstico y el tratamiento.



La angularidad en la interpretación del electrocardiograma

Uno de los pasos involucrados en la interpretación de electrocardiogramas es el cálculo del eje cardíaco que, *Grosso modo*, representa la dirección global de la actividad eléctrica del corazón. Existen diversas técnicas para calcular este eje, por ejemplo:

1. *Identificar la derivación de transición, localizando la derivación en la que el complejo QRS tiene los componentes positivos y negativos casi iguales.*
2. *Identificar la derivación que está orientada perpendicularmente a la derivación de transición utilizando el sistema de referencia hexaxial (Figura 8).*
3. *Considerar la dirección predominante del complejo QRS en la derivación identificada en el paso 2. Si la dirección es positiva, el eje cardíaco es el mismo que el polo positivo de esa derivación. Si la dirección es negativa, el eje es el mismo que el polo negativo.* (Wagner y Strauss, 2014, p. 61)

Tomemos como ejemplo el ECG mostrados en la Figura 9: 1) observemos que el QRS con componentes positivos y negativos casi iguales se encuentra en la derivación aVL, 2) en el sistema hexaxial observemos que las derivaciones perpendiculares aVL serían II (60°) y en 120° ; finalmente, 3) observemos en el ECG que en la derivación II el QRS es positivo por lo que el eje cardíaco es 60° (en caso de que en II el QRS hubiera sido negativo, entonces el eje cardíaco sería 120°).

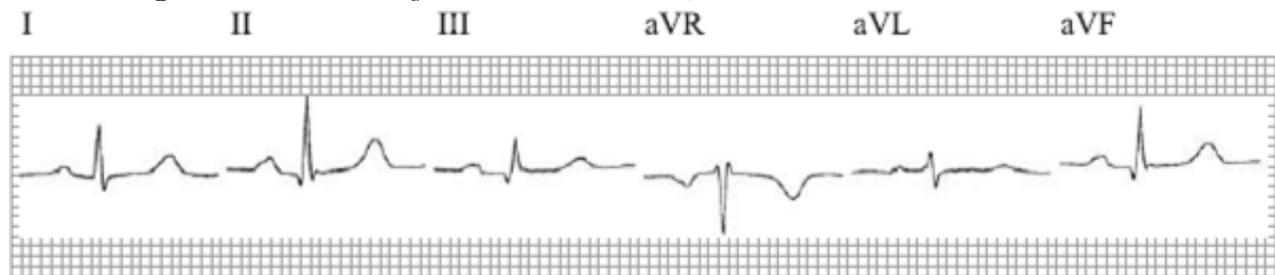


Figura 9. Electrocardiograma (Wagner y Strauss, 2014, p. 60)

Una primera observación es que para el cálculo del eje cardíaco se requiere de la coordinación del sistema hexaxial (similar al plano polar) y las gráficas del electrocardiograma (representado en un plano cartesiano), además, involucra constantemente la perpendicularidad. Ahora bien, sobre la angularidad para el diagnóstico consideremos que, en condiciones normales, el eje cardíaco se ubica en la región entre 0 grados y $+90$ grados del sistema hexaxial (Figura 10). Mientras que, algunos padecimientos hacen que el eje se desvíe a la izquierda (entre 0 grados y -90 grados) o a la derecha (entre $+90$ grados y 180 grados).



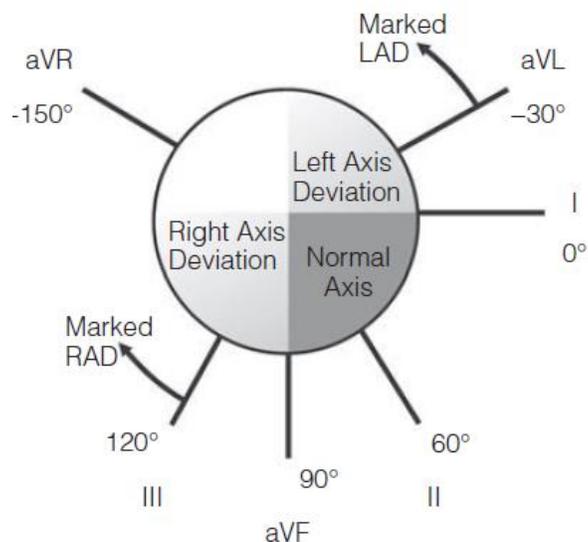


Figura 10. El sistema de referencia hexaxial para mostrar regiones de normalidad y desviación del eje cardíaco (Foster, 2007).
 Nota: El intervalo puede variar según la referencia, en (Wagner y Strauss, 2014) lo normal es entre -30 grados y $+90$ grados.

A través de la identificación del ángulo en el cual se encuentra el eje cardíaco es posible diagnosticar diversos padecimientos, por ejemplo, el agrandamiento del ventrículo derecho puede producir una desviación del eje a la derecha y el agrandamiento del ventrículo izquierdo puede producir una desviación del eje izquierdo del complejo QRS (Wagner y Strauss, 2014). Al igual que el ejemplo anterior, el significado sobre el ángulo que se movilizan en la interpretación del gráfico refieren a una relación y su uso es dinámico.

Reflexiones finales

A partir de los ejemplos mostrados, identificamos a la comparación como una práctica principal en la interpretación de electrocardiogramas, ya que para el cálculo del eje cardíaco es necesario comparar la forma de los QRS en varias derivaciones. Otra práctica primordial es la práctica de medir, ya que en los hechos las características del electrocardiograma normal funcionan como unidad de medida para valorar el electrocardiograma de los pacientes.

Una de las conclusiones de nuestro estudio sobre el uso de la variación en la interpretación de ECG es que el cardiólogo realiza conjunciones entre las acciones y las actividades sobre la gráfica desde las prácticas de –medir, comparar, ordenar– y las prácticas socialmente compartidas de –inferir, secuenciar– para el diagnóstico de enfermedades cardíacas. Lo cual también queda en evidencia en este estudio sobre el uso de la angularidad en la producción y la interpretación de electrocardiogramas.

Respecto a la caracterización propuesta por Rotaeché y Montiel (2017) sobre los significados del ángulo (cualidad, cantidad, relación), identificamos que en la práctica de referencia de la Cardiología se involucra el significado de tipo relación. Este resultado representa un elemento a considerar en futuros diseños de intervención didáctica para la Educación Básica o la Educación Media Superior pues evidencia el carácter funcional del conocimiento matemático; esto es, habitualmente la noción de ángulo es abordada desde contextos físicos (el cálculo de distancias inaccesibles) y en este estudio, hemos presentado a la Cardiología como otro marco de referencia potente.



Particularmente, los resultados aquí mostrados pueden retomarse en un proyecto interdisciplinario que articule la Biología, la Física y las Matemáticas, a saber, la interpretación de electrocardiogramas precisa del conocimiento de la anatomía del cuerpo humano o del sistema circulatorio (tópicos de las clases de Biología), también precisa de la noción de frecuencia, la conducción eléctrica y la representación en gráficas de voltaje–tiempo (que son parte de temáticas de los cursos de Física) y además, necesita del conocimiento matemático a través de la noción de ángulo y variación. Llevar a cabo este tipo de proyectos representa un aporte a las demandas que actualmente se hace sobre la enseñanza de las matemáticas, las cuales exigen de un acercamiento en el que diferentes disciplinas convivan estrechamente. Sobre ello, este artículo abre una invitación de colaboración.

Referencias

- Álvarez, C. (2011). El interés de la etnografía escolar en la investigación educativa. *Estudios pedagógicos* 37(2), 267–279.
- Arrieta, J. y Díaz, L. (2015). Una perspectiva de modelación desde la Socioepistemología. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 18(1), 19–48.
- Bakker, A., Kent, P., Derry, J., Noss, R., & Hoyles, C. (2008). Statistical inference at work: Statistical process control as an example. *Statistics Education Research Journal* 7(2), 130–145.
- Cantoral, R. (2016 2ª ed.). *Teoría Socioepistemológica de la Matemática Educativa. Estudios sobre construcción social del conocimiento*. Barcelona: Gedisa.
- Cantoral, R., Montiel, G. y Reyes–Gasparini, D. (2015). Análisis del discurso Matemático Escolar en los libros de texto, una mirada desde la Teoría Socioepistemológica. *Avances de Investigación en Educación Matemática* 8, 9–28.
- Cantoral, R., Moreno–Durazo, A., Caballero–Pérez, M. (2018). Socio–epistemological research on mathematical modelling: An empirical approach to teaching and learning. *ZDM International Journal on Mathematics Education* 50(1), 77–89.
- Cantoral, R. Reyes–Gasparini, D. y Montiel, G. (2014). Socioepistemología, Matemáticas y Realidad. *Revista Latinoamericana de Etnomatemática* 7(3), 91–116.
- Castellano, C., Pérez, M. y Attie, F. (2004). Electrocardiograma normal. En Castellano, C., Pérez, M., Attie, F. (Eds). *Electrocardiografía clínica* (pp. 63-82). Madrid: Elsevier.
- Carraher, T., Carraher, D. y Schliemann, A. (2007). *En la vida diez, en la escuela cero*. México: Siglo XXI editores.
- Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique*. Grenoble, France: La pensée Sauvage.
- Cordero, F. Del Valle, T. y Morales, T. (2019). Usos de la optimización de ingenieros en formación: el rol de la ingeniería mecatrónica y de la obra de Lagrange. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa* 22 (2): 185 – 212.
- Covián, O. y Romo–Vázquez, A. (2017). Matemáticas para la vida. Una propuesta para la profesionalización docente de profesores de matemáticas. *Innovación Educativa*, 17 (73), 17–47.
- Foster, D. (2007). *Twelve-Lead Electrocardiography*. London: Springer
- Kent, P. y R. Noss (2002), The mathematical components of engineering expertise: The relationship between doing and understanding mathematics. *Proceedings of the IEE Second Annual Symposium on Engineering Education: Professional Engineering Scenarios*, vol. 2. London: Institution of Engineering and Technology.
- Mitchelmore, M. y White, P. (2000). Development of Angle Concepts by Progressive Abstractions and Generalization. *Educational Studies in Mathematics* 41, 209–238.
- Moreno, G. (2018). *Principios del pensamiento matemático: el principio estrella en la práctica médica. El uso de la pequeña variación en el diagnóstico y el tratamiento de enfermedades cardiacas*. Tesis doctoral. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN. CDMX: México.
- Moreno–Durazo, A. (2018). Matemáticas, transversalidad y género. El pensamiento matemático en el diagnóstico de enfermedades cardiacas. De este lado, *Revista feminista de divulgación científica* 3, 9 – 16.



- Noss, R., Pozzi, S. y Hoyles, C. (1999). Touching epistemologies: Meanings of average and variation in nursing practices. *Educational Studies in Mathematics* 40, 25–51.
- Pozzi, S., Noss, R. y Hoyles, C. (1998). Tools in practice, mathematics in use. *Educational Studies in Mathematics* 36, 105–122.
- Rodríguez–Gallegos, R. (2010). Aprendizaje y enseñanza de la modelación: el caso de las ecuaciones diferenciales. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 13(4-1), 191–210.
- Rotaèche, R. y Montiel, G. (2017). Aprendizaje del concepto escolar de ángulo en estudiantes mexicanos de nivel secundaria. *Revista Educación Matemática* 29 (1), 171–199.
- Soto, D. y Cantoral, R. (2014). Discurso Matemático Escolar y Excusión. Una visión socioepistemológica. *Boletim de Educação Matemática* 28(59), 1525–1544.
- Torres–Corrales, D. & Montiel, G. (2019). Characterization of uses of trigonometric notions in Mechatronics Engineering from Mathematics Education. *Journal-Spain*. 6(10), 9–21.
- Wagner, G., Strauss, D. (2014). *Marriott's Practical Electrocardiography*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins

Cómo citar este artículo: Moreno-Durazo, A. (2021). Cardiología, Matemáticas y Matemática Educativa: Una base de significados para la angularidad. *SAHUARUS. REVISTA ELECTRÓNICA DE MATEMÁTICAS*, 5 (1), pp. 81-93.

