

# XVI CIAEM



Conferencia Interamericana de Educación Matemática  
Conferência Interamericana de Educação Matemática  
Inter-American Conference of Mathematics Education



Lima - Perú  
30 julio - 4 agosto 2023



[xvi.ciaem-iacme.org](http://xvi.ciaem-iacme.org)

## Elementos precursores de modelación figural estudiantil electro/corazón

Maximiliano Núñez González  
Universidad Católica Silva Henríquez  
Chile  
[maximilianonunez.30@gmail.com](mailto:maximilianonunez.30@gmail.com)

### Resumen

En este trabajo se reportan desarrollos estudiantiles de enseñanza media provenientes de la introducción a un diseño de modelación, cuyo propósito es dar cuenta del comportamiento del corazón. El diseño orienta a la modelación figural como una alternativa para acercar la matemática de la escuela y las matemáticas situadas en prácticas de cardiólogos. Se suscribe una perspectiva socioepistemológica de modelación para establecer elementos precursores de dipolos modélicos electro/corazón, mediante la articulación de dos entidades desde la operatividad de una de ellas, para intervenir en la otra. Se analizan elaboraciones estudiantiles desde una perspectiva metodológica de diseño en un marco de investigación-acción. Tales evidencias dan cuenta de unas prácticas situadas tanto en el aula como fuera de ella, eslabones entre escuela y entorno. Se releva así la importancia de la inmersión en un contexto de modelación figural, que se propone incorporar al currículum chileno.

*Palabras clave:* Modelación; Modelación figural; Dipolo modélico; Figuración; Práctica situada; Socioepistemología.

En aulas de matemáticas se vivencian actividades en que los estudiantes de enseñanza media recurren a matemáticas del diario vivir, pero que muchas veces no lo reflejan en sus resultados en el aula. Se ha puesto en evidencia que el discurso de matemática escolar está centrado en objetos matemáticos que se estudian a través de la incorporación de ciertos algoritmos y nemotecnias.

Esta investigación se inscribe en la problemática que emerge desde prácticas de modelación que procuran el desplazamiento de prácticas situadas no escolares a las prácticas escolares. En el ámbito de la educación matemática, en particular para la visión

socioepistemológica de Arrieta y Díaz (2015) modelar articula dos entidades, desde la operatividad de una de ellas para intervenir en la otra. Se instala la problemática de que la figura no es objeto de estudio del aula de matemáticas. En consecuencia, interesa abordar el problema atendiendo al uso de las figuras en aula de clases desde comunidades de prácticas de cardiólogos. Para este estudio se considera la cardiología, ya que, en lo genérico, el cuerpo humano es considerado un sistema complejo, aún más, según Moreno (2018) el ritmo cardíaco es un ejemplo de la intervención de la complejidad y el caos en el ambiente médico.

En el marco mayor de la desvinculación entre las matemáticas de la escuela y las del entorno, se observa que la modelación matemática del aula suele remitirse a trabajar con ejercicios de funciones, en tanto que, las comunidades de prácticas recurren a herramientas matemáticas situadas. En este reporte se presentan los desarrollos de estudiantes de cuarto año medio de enseñanza media en ambiente figural, parte de una investigación acción guiada por la pregunta orientadora ¿Qué elementos precursores de dipolos modélicos electro/corazón presentan elaboraciones estudiantiles?

### **Marco referencial**

Interesa estudiar la modelación como parte de los procesos de aprendizajes matemáticos. Para Arrieta y Díaz (2015) la modelación es una práctica de articulación de dos entes, para actuar sobre uno de ellos, llamado lo modelado, a partir del otro, llamado modelo. Desde esta perspectiva, no existen modelos y sus matemáticas, independientes de quien modela y de la comunidad que le da cabida (Díaz y Núñez, 2019).

Cuando se interviene en el corazón del paciente, se actúa en una entidad a partir de otra, a la que Arrieta y Díaz (2015) le denominan el “acto de modelar”. Para estos autores, dicho acto es un elemento que permite clasificar y discriminar, distinguiendo prácticas de modelación de las que no son. El cardiólogo está modelando cuando analiza la salud del corazón del paciente a partir de una gráfica. En la perspectiva socioepistemológica de modelación de Arrieta y Díaz (2015) interesa que los estudiantes establezcan dipolos modélicos mediante la articulación de dos entidades para, desde la operatividad de una de ellas, intervenir en la otra. Lo anterior se ejemplifica al articular una tabla de datos, o una figura, o una gráfica o una expresión algebraica con un fenómeno. Tal articulación constituirá, para la vivencia del estudiante que modela, una nueva entidad, el dipolo modélico (op. cit. p.35).

Las prácticas situadas o prácticas de comunidades serán puestas en escena en el aula de modo que las matemáticas que habitan en la práctica de los profesionales habiten de una manera análoga en esta. Arrieta y Díaz (2015, p. 27) suscriben esta noción de práctica situada complementando con referencias de sentido desde Heidegger (1999), Lave (1988) y De Certeau (2000).

La investigación reporta elaboraciones estudiantiles figurales, con el propósito de dar cuenta del comportamiento del corazón. Las prácticas de figuración centran la mirada en el acto de figurar, es decir, de construir la figura o de interpretarla. Carrasco, Díaz y Buendía (2014) conciben a la figura como un conjunto de líneas que dibuja el estudiante, en dos dimensiones,

con aspectos ostensibles y no ostensibles de un fenómeno; y, por figuración de dicho fenómeno cuando sus elementos son significados como aspectos de este.

En el proceso de estudio de entendimientos estudiantiles el espacio epistémico de figuración permite atender formas de conocer y de actuar cuando el estudiante figura, ya que se puede observar una construcción que se basa en sus estructuras biológicas dotadas de autonomía operacional e insertas en los subsistemas biológicos y socioculturales. Comprender estas prácticas socio escolares de figuración de fenómenos con que se comunican los estudiantes, emerge como una tarea necesaria en educación matemática. El análisis de las figuras realizadas por los estudiantes, pone en evidencia sus interpretaciones y comprensiones de una situación. (Curiqueo, Díaz, Núñez y Zambrano, 2016).

En el enfoque de la modelación matemática, la interpretación gráfica es uno de los modelos usados por los individuos para explicar situaciones reales o hipotéticas (Confrey y Maloney, 2007). Al decir de Cordero y Suárez (2010) en Carrasco, Díaz y Buendía (2014), la graficación cartesiana es una práctica en el seno de diversas instituciones, entre ellas la escuela, en la que permanece y se desarrolla desde el discurso matemático escolar. Según Cantoral y Moreno (2017) 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. En este trabajo no se estudia la gráfica cartesiana desde su operatividad matemática, sino que se busca que ella aparezca en el ejercicio de prácticas (Cantoral, Montiel y Reyes-Gasperini, 2015) configurando una epistemología de figuras y prácticas que den base de significación a la matemática escolar (op. cit, 2014).

Interesa al estudio además, conocer las intencionalidades de los estudiantes al momento de figurar, por la cual se combina con el marco anterior de figuración.

En el marco de comunidades de práctica propuesta por Arrieta y Díaz (2015) se consideran las dimensiones de herramientas, argumentos e intenciones. Por su parte de Carrasco, Díaz y Buendía (2014) se añade la dimensión de metáforas de base que configura la episteme de esta práctica de figuración de los estudiantes. En efecto, al decir de Díaz y Núñez (2019) se identifican en ella propósitos comunicativos que se expresan a través de una estructura argumental, unas herramientas que concurren a configurarla y metáforas de base que entran en juego.

### **Metodología**

La investigación está guiada por una pregunta orientadora que se corresponde con el paradigma metodológico de investigación de diseño en un marco de investigación-acción (Molina, 2006). Se pone en escena un diseño de modelación que induce la inmersión de los estudiantes en facetas de una práctica de cardiólogos.

Esta metodología cualitativa aborda la enseñanza para los aprendizajes como una ciencia de diseño, con el fin de determinar cómo, diseños y rediseños consecutivos contribuyen al cometido de la formación, fortaleciendo los procesos de enseñanza para los aprendizajes (op. cit., 2006).

Al generar los diseños, éstos se realizan con base en la deconstrucción de una práctica de modelación, en este caso, una práctica de cardiólogos. Ésta se asume como una fuente de procesos de matematización en el aula (Galicia, Díaz y Arrieta, 2011). Se identifican argumentos, herramientas, intenciones y metáforas de base de la práctica de modelación de cardiólogos con el electrocardiograma, sobre cuya base se diseña una actividad de modelación desde una perspectiva socioepistemológica (Arrieta y Díaz, 2015).

Se realiza la actividad con estudiantes de segundo ciclo de enseñanza media, de un establecimiento educacional público de la región de Valparaíso, Chile.

La actividad que propicia la modelación fue trabajada por 32 estudiantes en total. En la primera actividad participaron tres grupos de cuatro estudiantes y en la segunda actividad, cinco grupos de cuatro estudiantes.

La actividad de los estudiantes inicia con su inmersión en elementos de cardiología y sigue con una práctica de modelación de cardiólogos.

El primer diseño propicia la inmersión de los estudiantes en la figura del electrocardiograma. El segundo diseño les interioriza en componentes principales de un electrocardiograma y con base en un video, se les presenta el sistema de conducción del corazón.

De esta manera los estudiantes vivenciaron actividades provenientes de dos diseños que los introducen en una situación desde una figura y luego les insta a modelar en ambiente figural.

Se les solicita replicar figuras de electrocardiogramas. Se presentan elementos que propicien la inmersión de los estudiantes en los conceptos de cardiología y su relación con la figura del electrocardiograma. Y expresan con sus propias palabras el funcionamiento del corazón de la persona a quien corresponde un electrocardiograma.

El estudio analiza figuras estudiantiles, evidenciando desde el marco de comunidades de práctica propuesta por Arrieta y Díaz (2015) herramientas, argumentos e intenciones. Por su parte de Carrasco, Díaz y Buendía (2014) se añade la dimensión de metáforas de base.

### **Resultados y análisis**

Analizamos a continuación evidencias de estudiantes, provenientes de la actividad de modelación. El caso 1 corresponde a un grupo del primer diseño, el caso 2 a un grupo del segundo diseño y el caso 3 al segundo diseño respectivo a la descripción de un electrocardiograma con alteraciones.

#### **Caso 1**

Presenta una curva de segmentos rectos, propia de una parte periódica del electrocardiograma. Una curva mayor exhibe al complejo QRS, con leve inclinación a la derecha respecto de la curva principal. La línea que describe al segmento es de color anaranjado y con un

destaque de color amarillo. La figura ocupa el tercio inferior de un plano vacío, excepto el complejo QRS que se eleva hasta arriba. Los grupos de líneas horizontales toman dos “alturas”, el grupo a la derecha del complejo QRS sube un poco.

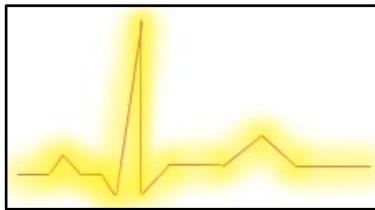


Figura 1. Primer diseño.

**Metáforas de base.** Curva de segmentos rectos como trayectoria de mínima intensidad a su punto máximo de apogeo del comportamiento del corazón. Segmento horizontal como la normalidad del comportamiento del corazón. La figura como un electrocardiograma. Una banda amarilla como superficie que realza a la curva. La curva es valiosa como el oro. La curva de mayor longitud como el apogeo del corazón.

**Argumentos.** La línea oblicua de mayor longitud refleja la manera exponencial con que se llega al punto máximo apogeo. La línea horizontal refleja que vuelve a la normalidad el comportamiento del corazón.

**Herramientas.** Líneas rectas horizontales y oblicuas de color rojo. Segmentos con cierto ángulo de elevación. Destacador amarillo que sigue la silueta de la figura.

**Intenciones.** Se figura para dar cuenta del comportamiento del corazón.

## Caso 2



Figura 2. Segundo diseño.

**Metáforas de base.** Curva configurada por segmentos horizontales rectos como latidos. La figura como electrocardiograma con distintos ciclos. La línea recta final como el infarto del paciente.

**Argumentos.** La línea oblicua de mayor longitud expresa mayor contracción del corazón. Las curvas de menor altitud muestran cuando se relaja.

**Herramientas.** Líneas rectas horizontales y curvas oblicuas. Segmentos con cierto ángulo de elevación.

**Intenciones.** Figura para reportar el funcionamiento del corazón del paciente con irregularidades en el electrocardiograma.

Con respecto a las metáforas de base se puede concluir que los dos grupos figuran segmentos rectos como ritmos o latidos del corazón. Las curvas configuran segmentos horizontales rectos como ondas siendo marcos propios de la figuración. Los argumentos en las figuras del grupo conciben un ciclo del electrocardiograma, evidenciando una línea oblicua de mayor longitud, ya que, el latido del corazón es más fuerte y por tanto una mayor contracción. En herramientas se recurre a líneas rectas horizontales y curvas oblicuas. En las intenciones se puede concluir que las figuras comunican que el corazón se encuentra en señales adecuadas de salud. Es en este diseño, donde se presenta un grado de inmersión del estudiante en el modelo al figurar a partir del fenómeno, que en este caso es el comportamiento del corazón.

### Caso 3.

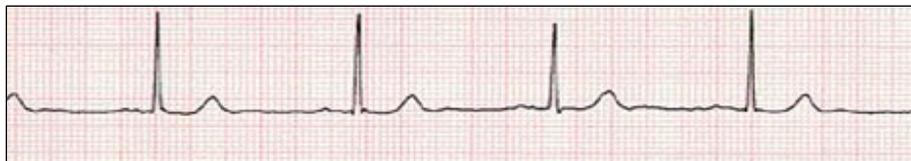


Figura 3. Electrocardiograma con alteraciones.

Se solicita a los estudiantes que describan la fisiología de un corazón cuyo electrocardiograma de un segundo de duración, informa sobre arterias obstruidas o estrechas de ese corazón a la comunidad de cardiólogos. Tres de las cinco textualidades dan cuenta del acto de modelar. Siguen a continuación los análisis de cada descripción estudiantil en la tabla 1.

Tabla 1

*Análisis de la modelación figural estudiantil desde un electrocardiograma que exhibe alteraciones.*

Grupos	Transcripciones y Análisis
G1	Transcripción: Tiene un estable pulso y un P chiquitito. Análisis: Describen un corazón con pulsación o latido estable. Añaden que la contracción de la parte de arriba del corazón (onda P) es chiquitita.
G2	Transcripción: <i>Se le está realizando una desfibrilación, en simples palabras, se le está reanimando.</i> Análisis: Asocian al corazón con un proceso de “desfibrilación” propio de cardiólogos, Están modelando el fenómeno. Añaden: el corazón se le está “reanimando”.
G3	Transcripción: <i>El bombeo del corazón es raro porque la parte inicial del bombeo es débil y el latido fuerte es casi de golpe.</i> Análisis: Describen el bombeo del corazón que no está funcionando con normalidad. Añaden que el bombeo inicia débil y su latido es abrupto y breve.
G4	Transcripción: <i>1,20 segundos dura el intervalo RR La potencia de los minivoltios más alto es de 1,9 mv El intervalo es anormal ya que debería demorarse 0,8 segundos y no 1,20</i> Análisis: Comunican con cantidades de intensidad eléctrica que según los segundos que presenta la figura, esta muestra un intervalo anormal.

- G5 Transcripción: *El electrocardiograma enseña que el ciclo cardiaco se desempeña con un ritmo pasivo a través de la sístole y la diástole, comprendiendo que su continua fluidez se deriva del reposo.*  
 Análisis: Comunican con palabras técnicas. El ciclo cardiaco tendría un ritmo pasivo.

Fuente: Elaboración propia.

Un grupo comunica el comportamiento del corazón al mencionar que se encuentra con pulsación o latido estable. Otro grupo describe al corazón con un comportamiento propio de la comunidad de cardiólogos, comunica que se le está reanimando. De esta forma, se establece el vínculo entre el modelo y lo modelado, cuando los estudiantes configuran el dipolo modélico figural al comunicar el funcionamiento del corazón desde un electrocardiograma con alteraciones. Se trata de elementos precursores en tanto los estudiantes modelan desde saberes iniciales de cardiología. A continuación, la figura 4 muestra el dipolo modélico figural estudiantil.

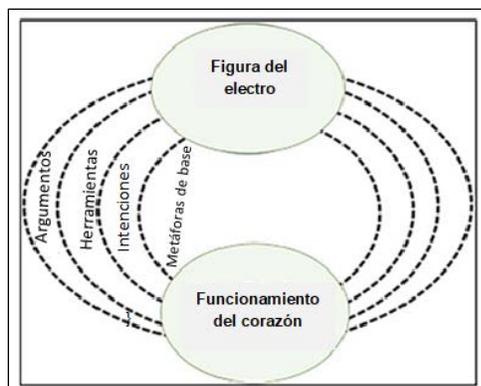


Figura 4. Dimensiones del dipolo modélico figural estudiantil.

Los análisis de los desarrollos estudiantiles ponen en evidencia las potencialidades de la actividad de modelación figural: Las actividades y su secuencia conducen a que los estudiantes vivencien un ambiente con altos grados de inmersión, verosimilitud e interacción con el fenómeno y su figura. Las figuras de los estudiantes corresponden a imágenes icónicas fijas. Exhiben curvas de segmentos rectos que dan cuenta de las contracciones y dilataciones del corazón y muestran el momento inicial y final de un ciclo. Más ampliamente, se constituye una deconstrucción de una práctica situada de cardiólogos en el aula de matemáticas, configurando el dipolo modélico electro/corazón de los cardiólogos; sus producciones presentan elementos precursores de esta práctica de modelación. Los resultados evidencian que el estudiante al momento de figurar, en paralelo describe el comportamiento del corazón de una persona. De esta forma emerge el dipolo modélico figural del estudiante, funcionamiento del corazón articulado con el electrocardiograma del paciente.

Los resultados dan cuenta de la veracidad de la producción de las figuras del electro, ya que, aborda la separación de las matemáticas del aula y las de la vida, entregando una alternativa de acción como las actividades de modelación figural.

## Conclusiones

El presente estudio tuvo por objetivo determinar elementos que emergen en la modelación figural de estudiantes, con base en una práctica recurrente de la comunidad de cardiólogos. Se desarrolló bajo el paradigma metodológico de investigación de diseño correspondientes a un marco de investigación-acción (Molina, 2006) y buscó responder a la pregunta orientadora ¿Qué elementos precursores de dipolos modélicos electro/corazón presentan elaboraciones estudiantiles?

En este trabajo se aporta un diseño de modelación que recurre a figuras. Los estudiantes, cotidianamente inmersos en la cultura de la imagen, reaccionan con familiaridad al uso de figuras, lo que favoreció incentivando su participación en la práctica de modelación figural que se les propuso.

A partir de los resultados, se evidencia que los equipos al momento de figurar describen el comportamiento del corazón de una persona. Adicionalmente en las descripciones los estudiantes hacen afirmaciones sobre la salud del paciente, desde la iconicidad de la figura. De este modo, los equipos ostentan elementos precursores a la vez que propios de la modelación figural, articulando el fenómeno del funcionamiento del corazón que atiende la comunidad de cardiólogos, con la figura de un electrocardiograma. Configuran el dipolo modélico figural “funcionamiento del corazón/figura del electrocardiograma del paciente”.

Se levanta sobre esta base la propuesta de incorporar la modelación figural a la enseñanza de la modelación en aulas de matemáticas.

En cuanto a proyecciones, se requiere avanzar a prácticas de modelación en las que se explicita y se profundice en las dimensiones para que los estudiantes robustezcan los dipolos que configuren. Prácticas orientadas a que cada estudiante articule más finamente figura y fenómeno, identificando matemáticas como herramientas en prácticas situadas. Asimismo, se recomienda dar forma a dipolos modélicos figurales de otras comunidades de práctica, tales como aquellos cuyos modelos figurales son el electroencefalograma y las figuras de un osciloscopio, provenientes de las prácticas recurrentes de neurólogos y de electromecánicos. Así se añadirán eslabones de continuidad entre la escuela y el entorno no escolar, ampliando las matemáticas situadas que presenta el aula.

## Referencias y bibliografía

- Arrieta, J. y Díaz, L. (2015). Una perspectiva de la modelación desde la socio epistemología. *Revista Latinoamericana de Matemática Educativa*. 18(1), pp.19-48. doi: 10.12802/relime.13.1811 }
- Cantoral, R., Montiel, G. y Reyes-Gasperini, 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, pp.9-28.
- Cantoral, R. y Moreno, G. (2017). La transversalidad de la matemática. El caso del diagnóstico en cardiología. *Red de Centros de Investigación en Matemática Educativa*. (2), p.470.

- Carrasco, E., Díaz, L. y Buendía, G. (2014). Figuración de lo que varía. Enseñanza de las Ciencias. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), pp.365 – 384.
- Confrey, J. y Maloney, A. (2007). A theory of mathematical modelling in technological settings. En W. Blum, P. Galbraith, H. Henn y M. Niss (Eds), *Modelling and Applications in Mathematics Education*. New York: Springer.
- Cordero, F. y Suárez, L. (2010). Modelación – graficación, una categoría para la matemática escolar. Resultados de un estudio socioepistemológico. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*. 13(4-II), pp.319-333.
- Curiqueo, N., Díaz, L., Núñez, M. y Zambrano, S. (2016). Modelación tabular, actividad con celdas e interceldas. Reporte de investigación en XX Jornadas Nacionales de Educación Matemática. Valparaíso. Chile.
- De Certeau, M. (2000). *La invención de lo cotidiano. I. Artes de hacer*. Universidad Iberoamericana. Ciudad de México. México.
- Díaz, L. y Núñez, M. (2019). Experimentación discursiva y figuración. En CIAEM (Ed.), *XV Conferencia Interamericana de Educación Matemática*. Recuperado de <https://conferencia.ciaem-redumate.org/index.php/xvciaem/xv/paper/viewFile/769/443>
- Galicia, A., Díaz, L. y Arrieta, J. (2011). Práctica social de modelación del ingeniero bioquímico: Análisis microbiológico. En CIAEM (Ed.), *Anais do XIII Conferência Interamericana de Educação Matemática*. Recuperado de [http://www.lematec.no-ip.org/CDS/XIIICIAEM/index.html?info\\_type=fulllist&lang\\_user=en](http://www.lematec.no-ip.org/CDS/XIIICIAEM/index.html?info_type=fulllist&lang_user=en)
- Heidegger, M. (1999). *El ser y el tiempo*. Fondo de Cultura Económica. Ciudad de México. México.
- Lave, J. (1988). *Cognition in Practice: Mind, mathematics, and culture in everyday life*. Cambridge University Press. Cambridge. UK.
- Molina, M. (2006). *Desarrollo de pensamiento relacional y comprensión del signo igual por alumnos de tercero de educación primaria* (Tesis doctoral). Universidad de Granada. Granada. España.
- 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. Ciudad de México. México.