

Neuro-Didáctica de las matemáticas

María Herlinda Consuelo Martínez de la Mora ¹

Vínculo entre la investigación en Neurociencias y Matemática Educativa

En el GTT18 se presentaron 3 trabajos de investigación (dos son únicamente avances), todos ellos desarrollados en el Centro Nacional de Investigación en Imagenología e Instrumentación Médica de la Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Iztapalapa. El trabajo de investigación presentado es el “Efecto del aprendizaje musical en regiones cerebrales asociadas a procesamientos matemáticos: Un estudio de fMRI”, cuyos autores son: M. en C. Martín Ramírez Meza, Mtra. Viktoria Horti Pasztor, Dr. Emilio Sacristán Rock. Los avances de investigación corresponden a “Efectos de la aplicación del Taller Descubriendo el Número en la activación de zonas neuronales”, cuyos autores son: Mtra. Verónica García Padilla, Dra. Ma. Herlinda C. Martínez de la Mora, M. en C. Martín Ramírez Meza, I. B. Lilian Gómez Salgado, Dr. Emilio Sacristán Rock. El siguiente avance de investigación es “Aprendizaje básico de relaciones, sucesiones y estructuras multiplicativas” de autoría de la Dra. Ma. Herlinda C. Martínez de la Mora, M. en C. Martín Ramírez Meza, I. B. Lilian Gómez Salgado, Dr. Emilio Sacristán Rock.

¹ he17r@yahoo.com.mx

Universidad Autónoma Metropolitana, U. Iztapalapa (estancia posdoctoral)
<https://orcid.org/0000-0002-3982-2242>

Martínez de la Mora, M. H. C. (2024). Neuro-Didáctica de las Matemáticas. En M. Sánchez Aguilar, M. del S. García González, & A. Castañeda (Eds.), *Perspectivas actuales de la Educación Matemática* (pp. 553–561). Editorial SOMIDEM.
<https://doi.org/10.24844/SOMIDEM/S3/2024/01-66>

Dado que el GTT18 presenta la necesidad de vincular los campos de conocimiento, neurociencias y la matemática educativa, nos parece necesario plantear los requerimientos de los reportes de investigación expresados en la Convocatoria. El punto de vista que se definió fue hacer investigación en neurociencias articulada a la racionalidad existente en un aula escolar cotidiana. El GTT18 es, sobre todo, un foro para presentar, deliberar, analizar, discutir y reflexionar sobre las entidades matemáticas y cómo se procesan en nuestro cerebro durante el aprendizaje. En la convocatoria se solicitaron investigaciones cuya particularidad era que las tareas que se eligieran cumplieran con el requerimiento de que fueran susceptibles de aplicarse y evaluarse en el aula, y que cumpliera también con las disposiciones requeridas para evaluarse en el laboratorio de resonancia magnética funcional fMRI (por sus siglas en inglés). Los criterios por cumplir para la elección de las tareas era que estas implicaran ejercitación y cumplieran con el criterio de retroalimentación oportuna. El GTT18 tiene como propósito conocer las condiciones que impone el cerebro durante el aprendizaje, los atributos y demandas ante una tarea específica, y las posibilidades y restricciones que emergen en los diferentes momentos del aprendizaje; pues se necesita atender a la comprensión de estos aspectos y otros que surjan conforme avance el conocimiento de la matemática educativa vinculada al procesamiento en el ámbito neuronal. A continuación, presentamos las investigaciones a detalle. Y después se presentan las preguntas efectuadas para suscitar reflexiones y discusión. Cabe mencionar que todo lo expresado a continuación se menciona en las propias palabras de los expositores, salvo pequeños ajustes para adaptarlo a los requerimientos de este texto. La explicación de pormenores en palabras de los investigadores importa por el tipo de discurso argumentativo que cada uno presenta desde su propio enfoque, ya que es crucial para la discusión que se suscita.

Efecto del aprendizaje musical en regiones cerebrales asociadas a procesamientos matemáticos: Un estudio de fMRI

En un inicio, el M. en C. Ramírez explicó pormenores de la Técnica de Resonancia Magnética funcional (fMRI) para la adquisición de imágenes y su aplicación clínica y en la investigación. Añadió un tema que es relevante para este GTT18, en tanto que allí reside una de las nociones centrales para el diseño de las tareas en el campo que nos ocupa, esto es, el paradigma.

Para explicar el paradigma, el M. en C. Ramírez comenzó explicando en que consiste el procedimiento para obtener una buena intensidad de señal que se registra durante la adquisición de las imágenes. Para ello:

el sujeto de investigación realiza una tarea en donde la región neuronal a investigar se focaliza en un área de interés específica. Esta tarea debe tener una duración de 6 segundos, ya que ese es el tiempo que tarda en alcanzarse el pico máximo de

la respuesta. Cuando se aplica un estímulo, a los 6 seg. se podrá obtener una respuesta denominada señal bold; pasando estos seis segundos, la respuesta se mantendrá como meseta cierto tiempo, ya que no va a estar durante todo el tiempo que se ejecute la acción, dado que el cerebro tiene la (magnífica) capacidad de mecanizar las tareas que se están haciendo. Así, después de cierto tiempo, dependiendo de la tarea, el cerebro se va a acostumbrar, esto es, se mecaniza y deja de dar importancia, por lo tanto, la señal bajará, no a su condición basal, puesto que la acción sigue estando presente, pero el cerebro ya no estará trabajando para evocar y producir las primeras acciones.

Dependiendo de la región neuronal a investigar y de la tarea que realice el sujeto, después de estos seis segundos se debe mapear. Debemos considerar cual es el tiempo óptimo que el sujeto va a estar haciendo la tarea para mantener el pico de intensidad máximo, sin ver un decremento muy significativo de la señal.

Para esto se utiliza el paradigma; esto es una serie de estímulos que están organizados de cierta forma que podemos evocar la respuesta que nos interesa. Dependiendo de cómo sea nuestro diseño, puede ser que se presente por bloques alternados; bloques de activación contra bloques de descanso. O puede que tengamos dos bloques de activación contra dos de descanso, o que prácticamente consista en bloques de estímulos; estos bloques de activación nos aportan la información que nosotros queramos mapear o investigar. En los bloques de reposo se tratar de dejar anulada toda la información que no queramos ver. Durante toda esta serie de tareas vamos a ir muestreando, es decir, vamos a estar adquiriendo imágenes cada determinado tiempo, puede ser cada 2 o 3 segundos, ello depende de la intensidad de la respuesta que estamos generando. Obviamente, entre más información tengamos en cada uno de los bloques, se puede maximizar la señal, pero tampoco se pueden hacer bloques muy largos o saturados, ya que se cae en la cuestión de acondicionamiento o mecanización del estímulo, y vamos a perder un poco de la señal. Así se puede evocar casi cualquier respuesta con estímulos sensoriales, cognitivos, o motores.

Es necesario que tengamos en mente cuál es la mejor serie de tareas (paradigma) que vamos a poner a hacer a los sujetos durante la adquisición de las imágenes. Los paradigmas deben ser tareas muy puntuales que nos permitan evocar la respuesta que nosotros queramos medir. Entonces, es necesario definir muy bien la tarea que nos permita maximizar el procesamiento que queremos evaluar. Hay que tener como condición control algo que nos ayude a reducir todo lo que no queramos ver o que no está asociado a nuestro procesamiento tal cual de la información y segundo; considerar la duración de los paradigmas. En el caso de investigación se sugiere realizar paradigmas diseñados a bloques, ya que es lo que mejor podemos controlar en cuanto a tiempo, respuestas, etc. La recomendación es comenzar con paradigmas a bloques cuando son procesamientos cognitivos de larga duración; hay que definir muy bien la duración de los bloques y cuántas veces se tendrían que repetir para reducir el riesgo de que el cerebro mecanice el procesamiento y de que los sujetos se cansen y pierdan interés en hacer la tarea. Además, hay que revisar que la duración

total del paradigma no sea tan larga, pues el sujeto, además de perder el interés en las tareas, puede quedarse dormido, algo que sucede con cierta frecuencia.

Respecto a los paradigmas, hay que tener en consideración que los estímulos de los bloques deben ser muy similares, además de tener en cuenta algunos regresores para ponderar el efecto que nos pueden llegar a interesar; ya sean factores como sexo, rangos de edad, etc. Al final obtenemos mapas estadísticos, donde se pueden observar tonalidades cálidas de rojos a blancos; estas corresponden a las diferencias que hubo en la región general del cerebro bajo nuestro paradigma, es decir, aquellas regiones que se ven con colores rojos, amarillos son aquellas regiones presentaron mayor activación durante nuestros estímulos de activación. Aplicando la técnica de fMRI podemos ver el efecto que hay en el cerebro cuando estamos aprendiendo algo. Podemos evaluar regiones neuronales específicas respecto a la tarea que nosotros estemos dando o podemos ver si estas tareas o entrenamientos tiene efecto sobre otras regiones con las que pudieran estar de alguna forma ligadas.

La forma en que se evaluó a los sujetos de investigación para el presente reporte fue respecto a evaluar cambios de activaciones en regiones en las que se han reportado que llevan el tratamiento de la información relacionados a procesos básicos como las sumas y restas, ese tipo de procesos matemáticos. Pudimos comprobar también la relación que hay entre procesos visuales y la abstracción al momento de estar ejecutando ciertas tareas, que en este caso fue la lectura de partituras; mientras los sujetos seguían el ritmo, inconscientemente deben llevar cierta cuenta para llevarlo, lo que ayudaba a saber en qué nota se encuentra la grafía que se está viendo. Entonces permitió evaluar de cierta forma otras regiones en las cuales estas tareas no iban dirigidas para evocar procesos matemáticos, sin embargo, dada la relación tan estrecha entre las dos áreas; Música y Matemáticas nos permitió demostrar que si hay ciertas ventajas en estas regiones cuando los sujetos recibieron este entrenamiento musical. [Se refiere a que la investigación original se abocó a un estudio musical, sin embargo, las imágenes de fMRI fueron procesadas para el reporte que aquí se muestra]

Un aspecto importante a mencionar es respecto a la frecuencia de las sesiones musicales. Los sujetos tomaron un curso de música con una clase a la semana, además, se dieron ejercicios específicos para repetir en casa. Al respecto la Mtra. Hortí expresó:

A estos sujetos les interesaba desarrollar sus cerebros y mejorar sus condiciones instrumentales. Cabe destacar que un alumno que constantemente trabajaba logró entrar a la licenciatura en la facultad [de música], lo que demuestra que hubo un adelanto significativo. Incluso una única sesión, bien aprovechada y planeada, implicaba un cambio positivo.

Efectos de la aplicación del Taller Descubriendo el Número en la activación de zonas neuronales

Este reporte corresponde a un avance de investigación presentado por la Mtra. García respecto al Taller “Descubriendo el número” (TDN). A continuación, se expone la presentación.

La Mtra. García inicia con la explicación de la conformación de redes Hebbianas que se producen a partir del aprendizaje,

esto es, las redes neuronales, cuya conectividad se genera a partir de las sinapsis, que permite la comunicación entre las neuronas y atañe a la plasticidad cerebral. Lo más interesante de tales redes es que se pueden construir, modificar, eliminar y potencializar de forma voluntaria e involuntaria. Sobre esta base comprendemos el motivo por el cual hacemos algo más fácilmente la próxima vez que se hace. Con ello logramos un conocimiento y dar respuestas súbitas, es lo que nos va ayudando a la abstracción del conocimiento.

La imitación es otro aspecto importante en el TDN, en el taller se pide que los alumnos observen lo que hace el compañero. Así, el cerebro, gracias a las neuronas espejo, al observar lo que hace el compañero va a empezar a imitar lo mismo. Y va asimilando de manera interiorizada el concepto que quiero generar con ellos. Le doy mucho peso a la generación de imágenes mentales, con respecto a las neuronas espejo, así se logran grandes éxitos.

El motivo de la investigación es que se busca identificar ¿Cómo se activan las partes de nuestro cerebro? y ¿Cómo se hacen esas respuestas súbitas?; es por eso que se incluye el hipotálamo en la construcción del número a partir de la estrategia del TDN. En el taller, los alumnos trabajan con diferentes bases numéricas, pues al trabajar únicamente con base diez se provoca una forma mecanizada. Con ello se ven cosas que el alumno a simple vista no observaba en la base diez, pero si puede observar en una base diferente. El valor real de los números.

Para la Mtra. Verónica García,

un número es una síntesis de; clasificación, agrupación y, seriación, hasta lograr la abstracción reflexionante que menciona Piaget. Con relación a esta investigación, lo he delimitado a atender a la ubicación de la magnitud y la de inclusión jerárquica. Empezamos con el conteo, ahí trabajamos con la relación biunívoca de antecesor y sucesor. Con la agrupación de la base se genera la inclusión jerárquica, y la ubicación de la potencia uno y así para cada una de las potencias. Ahí es donde se construye los valores numéricos de los chicos, y se produce la abstracción. Así va clasificando, o sea va poniendo las propiedades de ese número colocando las unidades sueltas que es la potencia cero, hacen su agrupación la pasan a la potencia uno y una vez que tiene el número de la base en agrupaciones hacen su transformación y lo colocan en la siguiente potencia. De esa manera se va trabajando de manera interiorizada, sin que se les explique que están clasificando.

La investigadora añade 3 aspectos importantes que se trabajan en el TDN:

la atención, cuya clave es el desequilibrio, la motivación y el gusto de los alumnos. El método es empírico deductivo. Se pasa de lo fácil a lo difícil, de lo concreto a lo abstracto. Con la serie de pasos que se conforma por el agrupamiento, la clasificación, la representación, la transformación, reversión, y esquemas de acción. [Hace referencia al Dr. Álvarez Manilla, para esta determinación, pues anteriormente ella observaba este método como constructivista]. Así los alumnos parten de su experiencia para hacer sus propias deducciones, generar sus hipótesis y llegar al conocimiento. Con ello, se desarrollan habilidades, operaciones mentales y

conceptos. En el TDN se está trabajando de manera holística, se trabaja la memoria auditiva, la memoria visual, y la generación de imágenes mentales. También es necesario aludir a los aprendizajes incorrectos y la dificultad para suprimirlos; Es un error muy grave, porque queda grabado en el hipotálamo. Y el hipotálamo de manera automática da una respuesta, y para borrarlo, pues es muy difícil (es parte de lo que quiero investigar).

El Aprendizaje básico de relaciones, sucesiones y estructuras multiplicativas

Este avance de investigación se ubica en el comienzo del aprendizaje de las multiplicaciones, con la intención de que los estudiantes les otorguen sentido, es decir, que no utilicen o activen, una funcionalidad neuronal únicamente aditiva, sino que atiendan a la estructura multiplicativa. El efecto buscado es el uso fluido y flexible de las multiplicaciones. Para ello se efectúan tareas con sucesiones multiplicativas en una sala de Casa de las Niñas [Casa Hogar] (con grupo experimental y control) que emula una aula escolar; aquí se visibilizan los cambios en las activaciones de las áreas neuronales en el surco intraparietal (IPS) y la circunvolución angular izquierda (IGA), medible a través de fMRI y además con pruebas de aprovechamiento en el aula, posterior a un curso-taller didáctico que mide la habilitación de las sucesiones y el sentido multiplicativo. Esta investigación es de tipo exploratorio, experimental y abierto.

Discusión

¿Qué posible explicación darías a la asociación entre el desarrollo de habilidades de percepción visual y el nivel de abstracción? Concerniente a la activación localizada en el giro fusiforme derecho en las imágenes tomadas posterior al entrenamiento musical ($p < 0.001$ unc., $T = 6.63$).

Expone al respecto el M. en C. Ramírez:

La participación en particular del giro fusiforme es un resultado que podría ser, bajo las características que surgieron los datos, un poco ambiguo porque van prácticamente tres ejes, fenómenos involucrados dentro del paradigma que se utilizó. Uno podría ser la abstracción verbal, o del lenguaje por así llamarlo, ya que, hay una estrecha relación entre la lectura de partituras como un entendimiento de un lenguaje adicional que aprender respecto a los músicos. Entonces, el primero podría estar relacionado con la parte verbal o del lenguaje, ya que, en cierto modo los sujetos estaban leyendo algo al momento de hacer la adquisición, que en este caso eran las partituras, viéndolo como un análogo al lenguaje por ejemplo español. Cuando vemos un texto, necesitamos entrar a esa información para saber si realmente es un texto lo que estamos leyendo o son símbolos raros que no nos dan ningún sentido y con eso saber qué tipo de manejo darle a la información. Lo mismo sucede al momento de estar leyendo las partituras, los músicos ven esa serie de grafos presentados y tienen que darle algún sentido, entonces este podría ser uno de los efectos que nos está dando la activación del giro fusiforme. Y con respecto

al ámbito matemático se ha reportado que esta zona tiene también una función muy específica para el procesamiento de los números arábigos y la representación que estos tienen. Entonces dado esto. Creo que esta activación está muy relacionada con la percepción visual y la abstracción.

¿Qué entiendes por abstracción?

Para el M. en C. Ramírez:

Si se considera la abstracción como un proceso o fenómeno del cual nosotros podemos separar las principales cualidades, o las principales particularidades que tiene algo que nosotros estamos visualizando. Es como transportar algo de nuestro espacio real a nuestras propias percepciones conceptuales o en un plano meramente mental para poder identificar y manipular esta información. En este caso la relación que se está dando entre la percepción visual de recibir esas partituras ante los ojos de los músicos y después trasladarlo a un espacio de abstracción para darle el sentido del ritmo que lleva, el tono que lleva, etc. Implica fijarnos únicamente en esas características, identificar qué es y poder dar una respuesta eficientizando más el análisis de los datos (para poder llevar un mejor procesamiento sin tener que manejar el conjunto de todo). Así se puede dar una respuesta mucho más rápida y concisa porque ya saben cómo analizar toda esa información.

Por su parte, la Mtra. García expresa:

Primero pasamos a la parte concreta, se generan imágenes mentales, el alumno logra la manipulación y dentro de esa manipulación de ejercicios el alumno va buscando regularidades, en que se parecen en que se diferencian y se va haciendo la clasificación, va el alumno clasificando y va generando una imagen en su mente y con el uso de los dedos, vamos trabajando también con la memoria; la memoria permanente, la memoria de trabajo, vamos trabajando con todos los tipos de memoria y al hacer eso estamos logrando que el alumno interiorice dentro de su cerebro esos conceptos de tal manera que él mismo a partir de esa búsqueda de regularidades logre asimilar un concepto. Ese procedimiento que se da de la manipulación del material hacia su mente que ellos son capaces de, con solo ver el número [cifras indo arábigas] o un solo movimiento [de dedos], saber cuál es la respuesta de lo que estamos trabajando, porque logra hacer la asimilación del conocimiento. Cuando ya no se requiere el material concreto, cuando se hace ese andamiaje correcto entre los procesos, cuando ya de manera metacognitiva logra dar una respuesta, es cuando se ha logrado llegar a la abstracción del conocimiento. Si nosotros lo vamos haciendo con la red neuronal, con la red Hebbiana, pues se hace mucho más grande y la plasticidad del cerebro se amplía, hacia allá va mi concepto de abstracción, hacia esa forma de trabajar con todo, de manera holística.

Al respecto de la pregunta la Dra. Martínez comenta:

Lo he pensado como un pensamiento relacional; al hacer adiciones y multiplicaciones referidas al denominado valor posicional, con diferentes bases como se realiza en el TDN, hay ahí, un aspecto relacional que se estuvo descuidando por mucho tiempo, este taller permite visualizar todas las relaciones que están ahí, implicadas, (relaciones entre base, exponente, coeficiente y entre órdenes de magnitud; sustentado en tesis doctoral). Y entonces estamos hablando de pensamiento relacional, no

propiamente de abstracción, quizás cuando ya se generó todo en el cerebro podemos denominarlo como tal o quizás adquiriera otra denominación, pero cabría pensar en todo ello. Entonces, es necesario dilucidar estos procesos como parte de las relaciones de estructuras numéricas que se generan en el cerebro al producir cierta conectividad neuronal.

¿En qué consiste la clasificación numérica que se efectúa en el TDN?

Para la Mtra. García:

La clasificación tiene que ver precisamente con que el alumno identifique la parte de los valores numéricos y la posición que ocupa cada uno de los elementos con los que se va a construir el número. A partir de la posición de los números en la mantaleta es desde donde se parte. El valor de los números depende de la base con las que se está trabajando. Y es necesario hacer referencia a la clasificación concerniente a las literales, al adjudicarlas a cada una de las cifras de un número en representación indo-arábiga.

Concerniente a la Mecanización y las repeticiones

Para explicar la diferencia en el TDN con respecto a la mecanización y la repetición que permita comprender porque el taller es exitoso la Mtra. García explicó;

pensando en esa parte de meseta que se genera en lo comentado por M. en C. Ramírez. Un tema que se da, no se puede repetir siempre constantemente, hay que meter un desequilibrio. Para que ese conocimiento que se estaba ya mecanizando logre ser uno en donde tienes que analizar, observar e inferir, mediante todos tus conocimientos previos. El TDN tiene 4 etapas importantes que yo le llamo desequilibrios. Los alumnos tienen que memorizar para llevar la velocidad, estamos hablando de la memoria de trabajo. Si no hay memoria de trabajo no hay conocimiento, eso es un hecho, ¿Qué es lo que se genera? se genera esta imagen mental, y cuando meto desequilibrio, el alumno para responder con los dedos, genera esta parte kinestésica, pero si ustedes se dan cuenta ahí hay reflexión, análisis, anticipación e inferencia. Los alumnos generaron la imagen mental para que ellos puedan inferir que les estoy solicitando. Y estoy jugando con todas las áreas de su cerebro. A partir de la imagen mental del alumno se logra esa parte de la memorización y se hace toda una arboración en el cerebro.

La misma imagen mental muestra, estas son unidades y estas agrupaciones, cuando el alumno ya sabe que en esta agrupación aquí adentro en la liga, es lo que le llamo inclusión jerárquica, que adentro de esta agrupación hay 5, pero lo sabe no lo ha mecanizado. Tiene que llegar el momento en el que se apropie de ese conocimiento. Como cuando manejamos o andamos en bicicleta. Entonces él ya puede dar el valor absoluto o los valores relativos. Pero de ahí, de esa tercera actividad me paso a otro desequilibrio, pero vuelve a recuperar el conocimiento previo que tuvo en la primera parte del TDN en donde dice; por ejemplo 5 más dos, más uno; entonces, tengo una agrupación en base 6 y me sobra dos y el alumno está dividiendo no está sumando; quien de nosotros nos hubiéramos imaginado que la suma es una división, pero es una división realmente cuando la trabajamos bien. Es una división y se puede observar solamente cuando nos ponen una base diferente a la diez, con ese

elemento diferente. Y entonces el alumno contesta de manera súbita, y entonces quien observa dice que están los alumnos mecanizados. Mecanización es memorizar pasos sin tomar en cuenta el conocimiento previo. En el TDN se construyen estrategias para identificar el conocimiento previo, y al tenerlo entonces el alumno puede inferir, deducir, o anticiparse a lo que sigue. Esa es la diferencia; mecanización, memoria, y de las imágenes mentales. Sí, se trabaja en el TDN con memoria, no hay aprendizaje si no hay memoria.

Al respecto el M. en C. Ramírez expresa;

tal vez es un concepto difícil de percibir lo que es repetibilidad con mecanizar algo, Esta más enfocado en el contexto en el cual se está llevando la acción. A nuestro fantástico cerebro, le gusta mecanizar (automatizar) cosas, precisamente para consumir menos recursos en algo que ya sabe hacer, y en mandar esos recursos a algo que quiere aprender. No es también que la mecanización sea algo malo, o algo que nos perjudique, simplemente es la forma que tiene nuestro cerebro, para aprovechar al máximo los recursos que tiene. Al cerebro no le gusta estar gastando recursos en cosas que ya sabe hacer muy bien, entonces luego llámalo inercia, llámalo mecanización, llámalo memorización. Esto es bajo la premisa de que el cerebro quiere, sacarse él mismo el mayor provecho que tiene; entonces, si puede tomar prestada una región que hace algo similar a un procesamiento que me interesa, la va a tomar y va a crear una conexión funcional, no estructural. No va a generar nervios o axones que conecten las regiones, sino de forma funcional estas dos regiones van a pasar a trabajar ahora, para hacer eficiente la forma en que está procesando la información. Ahora sabemos que el cerebro se regenera, muy lento, pero se regenera. Y lo maravilloso son todas estas conexiones (redes y clusters dependiendo del ambiente en que se van desarrollando) que vamos generando cuando vamos aprendiendo algo, esto se conoce como un sistema de parcelación o podación neuronal. Mientras más aprendamos del aprendizaje, viéndolo desde la plasticidad será información muy valiosa.

El TDN cuya autoría es de la Mtra. Verónica García, ya está muy probado, por muchos años, con excelentes resultados y con diferentes poblaciones y grupos de edad. Nos ocupa ahora observar que está sucediendo en el cerebro y dar cauce a estas posibles interpretaciones. Desde el punto de vista de la Dra. Martínez el TDN aporta para pensar la aritmética como un pensamiento relacional. Y esto le da un soporte muy sólido para proseguir con el álgebra. Por ello, continuar la investigación, seguir explorando; tanto en términos de lo que sucede en el cerebro como de las posibles interpretaciones de lo que sucede con el TDN. Aquí presentadas dos. Una que tiene que ver con las relaciones de inclusión y clasificaciones respecto a cada potencia implicada en el valor posicional propuesta por la Mtra. García, y la otra que tiene que ver con relaciones entre entidades de la estructura del denominado valor posicional, planteada por la Dra. Martínez. Las dos interpretaciones tienen una posibilidad de trayectoria muy amplia. Entonces, continuar es necesario.