

# UNA METODOLOGÍA CUALITATIVA PARA EL ESTUDIO DEL DESARROLLO CONCEPTUAL EN EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS. ANÁLISIS CON REDES SISTÉMICAS

por  
Teresa Serrano Gisbert  
IEPS. Madrid

## RESUMEN

El trabajo al que corresponde la metodología que se expone pertenece a la línea de la Didáctica de las Ciencias que trata de poner de manifiesto la evolución conceptual de los alumnos en aspectos importantes del aprendizaje de las ciencias. La utilización de la entrevista como principal recurso para la recogida de los datos plantea un doble problema. Primero, el diseño de la misma y segundo, cómo abordar el análisis del gran número de datos que ésta nos proporciona, evitando tanto el extremo de la excesiva simplificación en unas pocas categorías demasiado genéricas, como una pormenorización tediosa y trivial.

Se describe la construcción y características de la prueba utilizada para la recogida de datos, que incluye la utilización de las denominadas entrevista-sobre-situaciones y sobre-ejemplos. En relación al análisis se justifica y aplica la estrategia denominada *redes sistémicas*. Las redes constituyen un lenguaje con una serie de términos y notaciones particulares, que permiten la representación y codificación de grandes cantidades de datos cualitativos de modo significativo y conciso. Tienen, entre otras, la ventaja de facilitar diversos niveles de análisis, ya que se puede determinar con facilidad la situación de cada sujeto en el conjunto de las categorías generadas por toda la muestra, que son además susceptibles de ciertos niveles de cuantificación.

## SUMMARY

Recent research in Science Education deals with the elicitation of students'

cognitive structure related to salient concepts of the science curriculum. These works mainly make use of qualitative methods. Interviews are one of the most popular data gathering instruments but problems come up when dealing with the analysis of the large amount of data generated. This article describes the method used to study the conceptual development of students aged 13-14 related to the human nervous system. Different interview strategies were used (interviews-about-events and interview-about-instances) in combination with students' drawings. The analysis of data was done using *systemic networks*. This strategy provides an artificial language which enables the representation and codification of data through the use of certain notations and codes. Among others, systemic networks facilitate different levels of data analysis making possible the location of each individual in the context of meanings generated by the whole sample.

## INTRODUCCIÓN

Durante la década de los 80 los estudios realizados con metodologías cualitativas en Didáctica de las Ciencias experimentan un incremento considerable (Rist, 1982; Roberts; 1983; Welch, 1983). Las razones de este cambio metodológico han sido documentadas en otros lugares (Gutiérrez, 1987; Serrano, 1992); baste aquí señalar que entre los factores que más influyeron podemos citar: la apertura epistemológica y la apertura interdisciplinar que experimentó la investigación en enseñanza-aprendizaje de las ciencias.

Entre la líneas de investigación que más han contribuido al incremento de los estudios cualitativos destaca la que se orienta, de manera muy diversificada, al estudio de la estructura cognitiva de los alumnos. Esta línea es genéricamente conocida como el estudio de las ideas de los alumnos.

El objetivo de esta comunicación es describir la metodología utilizada en un trabajo entroncado en la línea que acabamos de citar (Serrano, 1992). Comenzaremos señalando brevemente las finalidades del mismo.

### 1. LA FINALIDAD DEL TRABAJO

El trabajo al que corresponde la metodología que vamos a exponer se encuadra en la corriente de investigación en Didáctica de las Ciencias preocupada por el estudio de la evolución conceptual de los alumnos. Esta línea, muy desarrollada en los últimos años, parte de una concepción constructivista del aprendizaje según la cual necesitamos descripciones adecuadas de cómo se produce la evolución de determinados conceptos científicos en los alumnos, si queremos saber lo que las teorías de aprendizaje deben explicar (Carey, 1985).

El desarrollo conceptual que se aborda en este estudio se refiere a las ideas de los alumnos sobre el interior del cuerpo humano, y más específicamente al Sistema

Nervioso. La finalidad general del trabajo se puede formular del modo siguiente: *describir la génesis y evolución de los conocimientos relativos al SN humano durante la etapa de la escolaridad obligatoria. Esta descripción se encuadra en el marco de los conocimientos de los alumnos relativos al cuerpo humano, y tiene en cuenta el momento en que interviene la instrucción formal sobre el SN, así como la influencia de los primeros aprendizajes escolares formalizados sobre el interior del cuerpo humano.*

A esta finalidad se le dio una forma más operativa para guiar el diseño de la investigación. Siguiendo el criterio de Lawson (1989) sobre la falta de corrección de denominar “hipótesis” a los supuestos de partida de los trabajos que no buscan el establecimiento de relaciones causales, y siendo nuestro trabajo de carácter esencialmente descriptivo, operativizamos la finalidad señalada desarrollando una serie de objetivos a cubrir y delimitando en cada uno de ellos unas cuestiones centrales a las que el trabajo debería dar respuesta. Las hipótesis en, su caso, surgirían como resultado del estudio y abrirían nuevas perspectivas de investigación, como así fue.

## 2. ESTRUCTURA GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN

Los objetivos que se plantearon requirieron la realización de dos estudios de carácter longitudinal, y un análisis conjunto de los resultados de ambos. El *primer estudio* se realizó con un grupo de niños de preescolar que se volvió a retomar cuando estaban en 3º de EGB; aborda lo que hemos denominado primera evolución de los conocimientos infantiles sobre el cuerpo humano. El *segundo estudio* se llevó a cabo con un grupo de estudiantes de 7º de EGB, que se siguió hasta finales de 8º de EGB; esto es, el curso antes de la instrucción sobre el SN y seis meses después de la misma. Este estudio se orienta a indagar la influencia de la instrucción en las ideas de los alumnos. Los resultados de ambos estudios nos proporcionan elementos para el análisis de tendencias evolutivas en el desarrollo conceptual del SN.

Junto a los aspectos *descriptivos* de cada estudio se abordó otro aspecto *interpretativo* importante: una vez obtenidas las descripciones de las ideas de los alumnos, ¿podrían interpretarse coherentemente con alguno de los modelos elaborados por la ciencia cognitiva? La importancia de este aspecto radica en la escasez de estudios que aborden la dimensión interpretativa de las ideas de los alumnos desde la perspectiva de la coherencia interna del pensamiento de los sujetos; en general, los estudios existentes tienden a comparar las ideas de los alumnos con el patrón científico. De las posibilidades que nos brinda la ciencia cognitiva, la perspectiva de los modelos mentales nos pareció la más fructífera para abordar esta dimensión interpretativa.

Esta dimensión supuso ampliar la finalidad de la investigación para incluir el análisis de la coherencia y consistencia interna del pensamiento de los alumnos en relación al SN, y la evolución de los *modelos mentales* a lo largo de la escolaridad.

Para la descripción de la metodología utilizada nos ceñiremos al segundo de los

estudios citados, el realizado con alumnos 7º/8º de EGB, limitándonos a la parte que corresponde a las ideas de los alumnos sobre el SN (esto es, sin incluir los aspectos del cuerpo humano y de la instrucción analizados). El primer estudio siguió la misma dinámica metodológica pero adaptando los instrumentos de recogida de datos al nivel de los niños.

## 2.1. Tipos de datos requeridos

Los datos que hace falta explicitar en este segundo estudio se refieren a las ideas que los alumnos tienen sobre el SN, y de modo más general sobre el interior del cuerpo humano, en los momentos siguientes:

- tras varios años de aprendizaje sobre el cuerpo humano, en los que no se ha hecho referencia al SN (final 7º de EGB),
- tras la instrucción formal sobre el SN (final 8º de EGB).

La recogida de los datos de los alumnos, tanto antes como después de la instrucción, se llevó a cabo a través de entrevistas personales cuya estructura describimos más adelante.

## 2.2. Secuencia metodológica

El análisis comenzó con un proceso de síntesis de las entrevistas a relatos breves. Estos relatos fueron sometidos al juicio de dos jueces para asegurar que se correspondían con el contenido de las entrevistas, que habían sido transcritas. A partir de los relatos generados por las entrevistas se procede a la construcción de las denominadas *redes sistémicas*, estrategia que detallamos más adelante y que consiste en la utilización de un lenguaje particular para la categorización de datos y su codificación.

Tras el desarrollo de las redes correspondientes se procede a un doble nivel de análisis. En primer lugar un *análisis a nivel de grupo*: las categorías de las redes y su estructura ponen de manifiesto cómo y cuáles son las ideas de los alumnos sobre el SN, y la frecuencia de ocurrencia de las ramas terminales nos proporcionan las tendencias de pensamiento mayoritarias/minoritarias en la muestra. Se lleva después a cabo un segundo *análisis a nivel de sujetos*: esto requiere especificar la posición o paradigma de cada sujeto en el contexto de las redes y compararlo con el resto. Este enfoque nos permite abordar la existencia de posibles modelos mentales en los alumnos, su tipificación y ocurrencia.

El doble análisis descrito se realiza tanto sobre los datos obtenidos antes como después de la instrucción. Esto nos permite establecer comparaciones que aportan luz sobre los cambios conceptuales ocurridos y la influencia de la instrucción en ellos.

### 3. INSTRUMENTOS DE RECOGIDA DE DATOS

#### 3.1. Problemas sobre instrumentación

Cómo acceder a la estructura conceptual es uno de los puntos más debatidos desde el comienzo de los trabajos relativos al pensamiento de los alumnos (Stewart, 1979; Sutton, 1980). La problemática se sitúa a dos niveles: primero, cuáles sean las técnicas más apropiadas para poner de manifiesto el conocimiento; y, segundo, de qué modo se representa este conocimiento para su análisis. En este apartado nos referiremos al primero de los aspectos y el segundo lo trataremos al plantear las técnicas de análisis de datos.

En el contexto de la metodología cualitativa utilizada en la investigación en didáctica de las ciencias, se han desarrollado numerosas técnicas para elicitar el pensamiento de los alumnos que Driver y Erickson (1983) organizan en un continuo entre un polo conceptual y otro fenomenológico. Las estrategias del polo conceptual colocan a los alumnos ante determinados conceptos o modelos de modo abstracto, sin referencia a ninguna tarea o situación concreta. Se les pide que establezcan relaciones, generalmente, mediante técnicas de tipo asociacionista (asociación libre, árboles conceptuales, etc.) u otras semejantes con carácter más proposicional, como los mapas conceptuales. Las del polo fenomenológico consisten en tareas a realizar por el alumno u observaciones de tipo naturalista llevadas a cabo en el aula. Se señala el peligro de omitir aspectos importantes del pensamiento de los alumnos si se emplean exclusivamente técnicas de uno de los polos.

*La entrevista* es de las estrategias más utilizadas para conocer la ciencia de los alumnos. A partir de la entrevista clínica piagetiana se han desarrollado varias modalidades que difieren en el grado de estructuración o en los materiales utilizados para centrar el diálogo. Posner y Gertzog (1982) documentan diversas adaptaciones de la entrevista clínica y señalan el inmenso potencial de esta estrategia para generar datos relativos a la estructura cognitiva; un potencial sólo limitado por la habilidad del entrevistador. Señalan estos autores la importancia de que la entrevista sea sensible al cambio conceptual de los alumnos y para ello recomiendan que la entrevista incorpore diferentes tipos de tareas.

Osborne y Gilbert (1980) y Gilbert, Wats y Osborne, (1985) crean las denominadas entrevista-sobre-ejemplos (interview-about-instances) y entrevista-sobre-situaciones (interview-about-events), para investigar la comprensión conceptual de los alumnos. Nos detenemos un poco en estos tipos de entrevistas por ser las utilizadas en nuestro trabajo.

*La entrevista-sobre-ejemplos* se fundamenta en las teorías de desarrollo conceptual que relacionan la comprensión de un concepto con la capacidad de categorizar ejemplos y no ejemplos de un concepto dado. Este tipo de entrevista consiste esencialmente en un diálogo mediado por un conjunto de tarjetas. Cada tarjeta es un dibujo de algo que puede ser o no ser un ejemplo del concepto a examen, que se denomina siempre de la misma manera. Ante cada tarjeta se le hace al niño siempre

la misma pregunta: si lo que representa es o no un ejemplo, o un caso, de lo que para él significa el concepto en cuestión. Sea cual fuere la respuesta se pide al alumno que dé razones de por qué piensa así.

La *entrevista-sobre-situaciones* es más versátil que la anterior en su estructura y se emplea para conocer las ideas de los alumnos sobre aspectos o situaciones de la vida diaria. Estas situaciones se pueden presentar, bien mediante experiencias directas que se realizan ante ellos, o dibujadas en tarjetas. Para cada dibujo se preparan una serie de preguntas indicativas, relativas al fenómeno en cuestión, orientadas a que el entrevistado describa lo que ve y explique —desde su punto de vista— cómo cree que sucede aquello. A medida que la entrevista progresa se pueden investigar las ideas sobre conceptos científicos relativos al tema que aparecen de modo espontáneo en la conversación del alumno, o que el entrevistador introduce oportunamente.

Ambos tipos de entrevista han sido utilizados para indagar las ideas científicas de los niños (Bell, 1891; Bell y Barker, 1982) y adolescentes (Stead y Osborne, 1982; Osborne y Cosgrove, 1983; Gilbert y col., 1985). La que denominamos entrevista sobre el SN en nuestra investigación, prueba central de recogida de datos, esta formada por una entrevista-sobre-situaciones y otra sobre-ejemplos.

### 3.2. La entrevista sobre el SN

La inexistencia de datos relativos al conocimiento de los alumnos sobre este sistema biológico requirió la realización de unos estudios pilotos previos —llevados a cabo en 3º, 7º y 8º de EGB (Serrano, 1988)— para poder abordar el diseño de las estrategias a utilizar. La entrevista que detallamos ahora corresponde al nivel utilizado con la muestra de 7º/8º de EGB. La misma entrevista, pero con menor complejidad fue utilizada con los niños más pequeños.

#### *Determinación de enfoques y niveles*

Un primer punto importante a decidir fue determinar el nivel al que se plantearía la entrevista. Cualquier sistema biológico puede abordarse desde niveles de complejidad diferentes, y en el SN los niveles de complejidad son aún mayores por tratarse de un mecanismo regulador y coordinador. Tomando como referencia los datos del citado estudio piloto y los libros de texto de EGB y BUP en los que se trata este sistema, se decidió seleccionar *dos enfoques del SN* y tratarlos *a dos niveles diferentes*, que es lo que se representa en el Cuadro 1.

Estos niveles y enfoques no son para elaborar un cuestionario estructurado sobre el SN; son más bien referencias que guían al entrevistador para situarse ante las explicaciones de los entrevistados y poder plantearles cuestiones nuevas a partir de sus argumentos.

CUADRO 1  
Niveles y enfoques del SN

ENFOQUES	NIVEL 1	NIVEL 2
Fenomenológico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• componentes SN</li> <li>• funciones del SN               <ul style="list-style-type: none"> <li>- cerebro</li> <li>- nervios</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• diversidad centros nerviosos</li> <li>• tipos vías nerviosas</li> <li>• naturaleza impulso nervioso</li> <li>• especialización receptores</li> </ul>
Mecanicista	<ul style="list-style-type: none"> <li>• patrón general de la actividad nerviosa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• transmisión nerviosa</li> <li>• transmisión impulso en neuronas</li> </ul>

### Estructura de la entrevista

La entrevista consta de tres partes: una referida a situaciones de actividad del cuerpo humano, otra relativa al SN en directo, y otra sobre ejemplos de intervención/no intervención del SN en diversas actividades corporales.

#### *Parte I: Las situaciones*

Esta parte de la entrevista pretende poner de manifiesto cómo explican los alumnos determinados funcionamientos corporales y hasta que punto aplican los conocimientos que poseen sobre aspectos del SN para apoyar esta explicación. Se seleccionaron tres tipos de acciones que habían resultado sencillas a los alumnos, sobre la experiencia de las investigadas en el trabajo exploratorio: la percepción sensorial (vista) de objetos y su reconocimiento; un acto motor (dar una patada); y la sensación de dolor en un pie.

Estas acciones se presentan a través de 4 viñetas que componen una historia (Ver Anexo). Cada viñeta representa una situación relativa a una acción comportamental de las categorías antes mencionadas.

Una vez que el alumno describe la historia completa, se le pide que se centre en la primera viñeta y que realice la acción que está sucediendo allí. Se le pregunta a continuación cómo cree que funciona el cuerpo para poder realizar aquella acción. A partir de ahí se sigue la entrevista teniendo como referencia un esquema indicativo de posibles cuestiones a los niveles mencionados en la Tabla 1. Para facilitar la comprensión de las respuestas de los alumnos se les pide que realicen dibujos esquemáticos de lo que nos van explicando.

### *Parte II: Dibujar el SN*

Se le proporciona al alumno una silueta del cuerpo humano y se le pide que dibuje lo que conoce o cree sobre el SN y que vaya nombrando en voz alta los elementos que dibuja.

Esta sección amplía la anterior, en la que el alumno puede haber nombrado cómo el SN o partes del mismo han intervenido en las acciones. Se pretende elicitarse ahora los conocimientos sobre este sistema desde un planteamiento más organizado y generalizado que en la sección anterior. También se plantean las preguntas a los dos niveles señalados, procurando que no resulte una conversación reiterativa si ya ha hablado de él con anterioridad.

### *Parte III: Los ejemplos*

Se tienen preparadas 12 tarjetas, cada una con un dibujo relativo a una actividad del cuerpo. El nombre de la actividad está escrito en la tarjeta como título. Debajo de cada dibujo se repite en todas las tarjetas la misma pregunta a contestar, ¿Interviene aquí el SN? (Ver Anexo).

Las tarjetas representan ejemplos de actividades en las que interviene directamente el SN y algunas en las que no interviene. Una vez contestada la pregunta se le pide al entrevistado que diga por qué cree que interviene/no interviene el SN.

El objetivo de esta parte de la entrevista es conocer el sentido que tiene para los alumnos el concepto SN en actividades biológicas de naturaleza diferente a las planteadas en las situaciones de la parte I, y dialogar sobre contradicciones, faltas de congruencia, o aspectos poco claros en relación a lo expresado en las partes anteriores.

## **4. APLICACIÓN DE PRUEBAS PARA LA RECOGIDA DE DATOS**

Además de la *entrevista sobre el SN* descrita en el apartado anterior los sujetos de la muestra realizaron *dibujos sobre el cuerpo humano*. Estos dibujos tienen una doble finalidad: primera comprobar las representaciones del SN en relación a las de otros sistemas; y segunda, tener algún referente para comparar los conocimientos de nuestra muestra sobre otros sistemas corporales, con algunos de los resultados descritos por otros autores. Para ello se le entregó a cada alumno una silueta del cuerpo y se les pidió que dibujaran en ella todo lo que conocen sobre el interior del mismo, rotulando los dibujos con sus nombres correspondientes.

Los dibujos de la muestra de 7<sup>o</sup>/8<sup>o</sup> fueron analizados directamente, sin embargo, los niños pequeños fueron entrevistados para que explicaran el contenido de sus dibujos.

En esta parte del estudio pareció importante tener en cuenta la posible influencia



de la variable centro y se seleccionaron dos que utilizaban metodologías diferentes en la enseñanza de las ciencias. Uno es un centro privado-concertado en el que se había realizado el estudio con los niños pequeños, y el segundo es un centro público. Ambos son mixtos y de nivel sociocultural similar.

El mejor modo de visualizar cómo fueron aplicadas las pruebas a la muestra del segundo estudio es la figura siguiente.

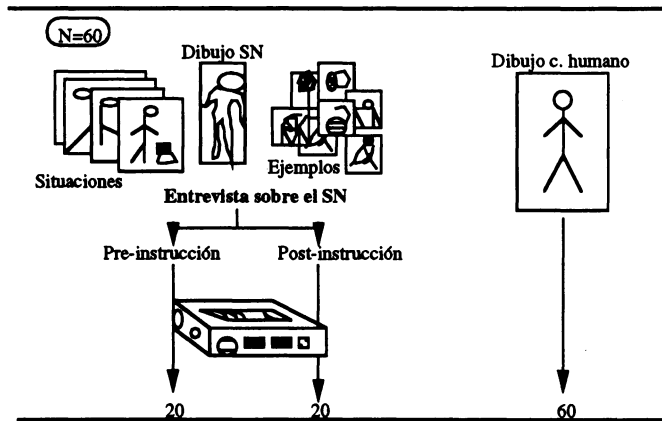


Figura 1. Muestra y pruebas de 7º/8º de EGB.

Todas las entrevistas de los estudios 1 y 2 (87 en total) se registraron en cinta magnetofónica y fueron transcritas para su posterior análisis.

## 5. MÉTODO DE ANÁLISIS

Las entrevistas, una vez transcritas, proporcionan una considerable cantidad de datos que es preciso reducir y cuya interpretación es, en principio, problemática. La primera cuestión a resolver es: ¿qué tratamiento de datos nos permite expresar de modo comprensivo el modo en que piensan los alumnos?

La práctica más común consiste en buscar regularidades en las respuestas y organizarlas en categorías. En términos generales, en la mayor parte de los trabajos sobre el pensamiento de los alumnos se encuentran dos modos de dar cuenta de los datos. Uno consiste en relacionarlos con unas pocas categorías, con el fin de proporcionar un esquema claro y conciso del tipo o tipos de pensamiento que se describen. Otro, por el contrario, preocupado por no perder los significados esenciales de los datos, explicitan citas y más citas de los datos brutos sin categorizar.

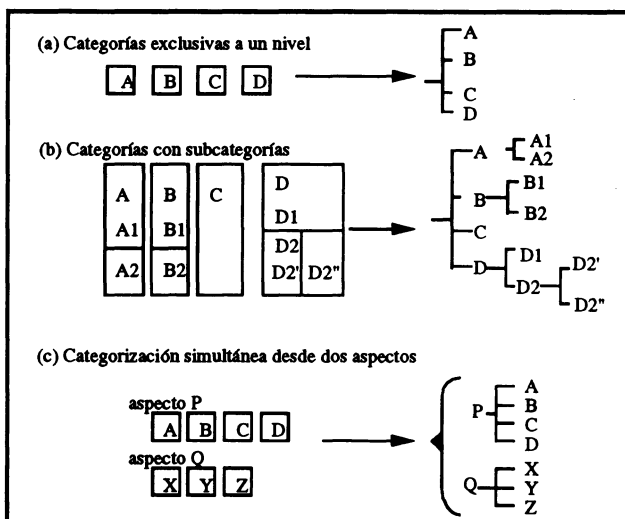
La búsqueda de métodos analíticos que palíen, en la medida de lo posible, los aspectos señalados, nos ha llevado a utilizar como estrategia principal la propuesta por Bliss, Monk y Ogborn (1983), denominada *redes sistémicas*.

### 5.1. Breve introducción a las redes sistémicas

En primer lugar, las redes son un lenguaje particular para clasificar. Trabajan con categorías definidas, pero se elaboran de modo que representen y preserven lo más posible la naturaleza individual de los datos. Este aspecto es importante cuando la fidelidad a los datos requiere la elaboración de un sistema complejo de categorías y subcategorías, o cuando los mismos datos requieren una descripción desde puntos de vista diferentes.

Las redes ofrecen *un sistema de notación* uniforme que permite expresar diferentes sistemas de categorización a cualquier nivel de complejidad, y *una terminología* que facilita la clasificación y comunicación del tema analizado. A este nivel, cómo señalan sus autores, las redes no hacen más que “formalizar lo obvio”. Un ejemplo tomado de sus creadores (Cuadro 2) puede clarificar lo dicho hasta ahora.

CUADRO 2. Esquemas de categorización y redes correspondientes (Bliss y col., 1983).



Las redes son un lenguaje para describir los datos. Las posibles combinaciones de términos (términos son los nombres de las categorías) en una red se denominan *paradigmas*. Por ejemplo, si construimos una red para representar diferentes tipos de centros educativos españoles según tres características básicas: titularidad del centro, tipos de alumnos y niveles que se imparte (Cuadro 3), un posible paradigma es el que se indica recuadrado. Los *paradigmas* conforman estructuras descriptivas que representan datos reales concretos.

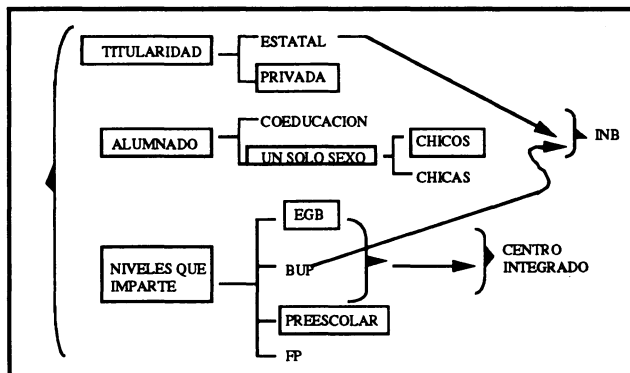
Una manera de describir un paradigma es asignarle un *código*. Los *códigos* son frases cuyo significado viene dado por la estructura de la red. En el caso de la red para centros escolares el paradigma que viene recuadrado, se representaría por el código siguiente:

Código extendido: (TITULARIDAD (PRIVADA))  
 (ALUMNADO (UN SOLO SEXO (CHICOS))  
 (NIVELES (EGB) (PREESCOLAR))

El código resumido, tomando únicamente las terminales es:

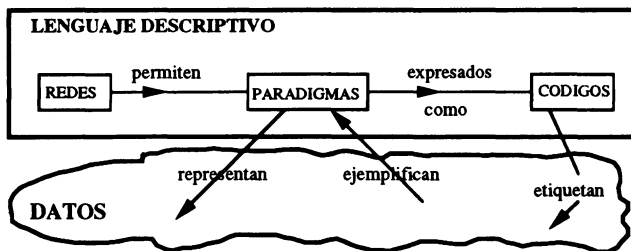
(PRIVADO CHICOS EGB+PREESCOLAR)

CUADRO 3. *Ejemplo de red para tipos de centros escolares.*



La relación de los paradigmas y códigos de este lenguaje con los datos se representa de modo gráfico en la Cuadro 4.

CUADRO 4. *La red como lenguaje descriptivo artificial (Bliss y col., 1983).*







Construir una red y utilizarla para codificar unos datos es como construir un lenguaje artificial que ofrece los significados y distinciones que uno desea. El lenguaje es de la entera responsabilidad del analista. Las redes se consideran independientes de cualquier planteamiento teórico. Así como las técnicas asociacionistas tienen un fundamento en las teorías conductistas sobre el aprendizaje, y los mapas conceptuales de Novak se construyen sobre presupuestos ausubelianos, las redes no hacen referencia a ninguna teoría del aprendizaje, de la memoria, o de la cognición.

La fuente teórica de inspiración de las redes se encuentra en la lingüística sistémica, en la escuela de Sussure, Firth, Halliday y en las ideas del antropólogo

Malinowski. De ellos se toma la idea central de las redes: el sentido del lenguaje tiene que ver esencialmente con *elecciones realizadas en un contexto*. Esto significa que las palabras y frases no “contienen” un significado como un vaso contiene agua; el significado se lo da el ser una elección de entre varias posibles en un contexto dado. Dicho de modo gráfico, en el contexto del inicio de una carta *Querida Tere* es una expresión informal de amistad, y es así en el conjunto de otras posibles alternativas no elegidas como podrían ser *Apreciada Señora López*, o *Tere amor mío* que tienen significados diferentes.

El lingüista Halliday creó las redes como un poderoso formalismo para representar todo este entramado de significados del lenguaje, y de él toman Bliss y col. el sistema de notación: bar, bra, término, paradigma, recursión, etc. que se presenta en el Cuadro 5. Sin embargo, hay profundas diferencias entre el uso de las redes en lingüística y en el análisis de datos cualitativos.

CUADRO 5. *Sumario de ideas, términos y notación (Bliss y col., 1983).*

IDEA GENERAL	TERMINO TECNICO	NOTACION
Nombre de la categoría	término	ejem.: PRIVADO
Categoría o distinción más fina	terminal	ejem.: FEMENINO
Elección; alternativas diferentes, exclusivas en un contexto común	sistema	BAR 
Aspectos paralelos; elecciones simultáneas	co-selección	BRA 
Circunstancias restrictivas	condición de entrada	CON 
Posibilidad de repetición	recursión	REC 
Mayor delicadeza en la distinción	fineza	estructuras en arbol
Uno de los muchos posibles modelos	paradigma	un camino en una red
Dice lo que contiene una unidad de datos	código	ej.:TITULARIDAD (PRIVADA)
Ejemplo de una categoría en los datos	instancia (ejemplo)	
Como se relacionan los datos con las categorías	representación	
Tamaño, escala, unidad de lo que se describe	rango	
Encontrar un modo razonable para hablar de los datos	lenguaje descriptivo	

La principal diferencia en el uso de las redes proviene de la finalidad diferente con que son empleadas por el lingüista y por el analizador de datos cualitativos. Mientras que el primero está interesado en un análisis lingüístico conducente a revelar la estructura del lenguaje en sí mismo, el segundo busca lo que unos datos orales o escritos puedan revelar sobre cuestiones diversas, como por ejemplo: qué creen las personas, o cómo han aprendido algo.

En resumen, lo que las redes sistémicas toman de estos lingüistas es una notación y la idea central de que los significados se dan por contraste en un contexto determinado. De este modo, significados muy complejos se pueden construir tomando contrastes paralelos en relación a aspectos diferentes.

Este modelo de análisis ha sido utilizado ya en situaciones diversas, en las que se requería organizar datos cualitativos relativos al aprendizaje de las ciencias. Bliss y Ogborn (1977) crean y utilizan las redes para describir las reacciones de alumnos universitarios sobre su aprendizaje de la física. Johnson (1985) las utiliza para describir conocimientos matemáticos de niños de 12 años. Watts (1983) las emplea para clarificar y representar el significado que alumnos de 15-17 años dan a palabras como energía y fuerza. Más recientemente Sanmartí (1989) desarrolla redes para analizar las respuestas a un cuestionario relativo a las ideas de alumnos sobre mezclas y disoluciones.

Una de las ventajas en la utilización de las redes sistémicas para el análisis de entrevistas es la facilidad de localizar a cualquier sujeto en el conjunto de categorías de la muestra. Este aspecto era vital para nuestro estudio. Las redes nos permitieron, por una lado, tipificar las tendencias más y menos frecuentes en el pensamiento de los alumnos, y además, describir de modo económico e intuitivo el paradigma de cada sujeto en el contexto de las categorías halladas.

## 5.2. De las entrevistas a las redes

El paso de las entrevistas a las redes no es automático. Las entrevistas una vez transcritas tienen una considerable longitud, sobre todo las de los estudiantes mayores, y, aún entre los alumnos del mismo curso, hay diferencias en el nivel al que llegan en la conversación. El primer asunto a resolver es cómo reducir la información contenida en las entrevistas de modo que, a) no se pierdan los aspectos relevantes de lo expresado por cada alumno, b) se puedan comparar unas entrevistas con otras. Decidimos utilizar la misma estrategia que Bliss y Ogborn (1977) en un trabajo en el que utilizaron redes para analizar los datos obtenidos de 115 entrevistas.

### *Elaboración de relatos breves*

La estrategia consiste en reducir cada entrevista a un relato breve, utilizando el mismo esquema estructural para todas. Tomemos como ejemplo el caso de los alumnos de 7<sup>º</sup>/8<sup>º</sup>. La entrevista sobre situaciones se refería esencialmente a aspectos sensoriales y al movimiento, a continuación se indagaba a mayor profundidad en sus ideas sobre el cerebro y los nervios, para terminar con la entrevista sobre ejemplos.

La estructura general para dar cuenta del contenido de toda la entrevista es la siguiente:

RELATO SE REFIERE A: *VER / DAR UNA PATADA / SENTIR DOLOR* (parte sobre situaciones)

PODEMOS (ver un objeto PORQUE ..... )  
 INTERVIENE (parte corporal PARA )  
 OCURRE (que ..... )  
     EXPLICA (mayor detalle de algo dicho en ocurre )  
 TAMBIÉN OCURRE (que ..... )  
 TAMBIÉN INTERVIENE (nueva parte corporal PARA )  
 OCURRE (que... )

RELATO SE REFIERE A *SISTEMA NERVIOSO*

ES PARA ( )  
 FORMADO POR ( )  
  
 NERVIOS SON PARA ( )  
     SON DE ( )  
     OCURRE ( )  
         EXPLICA ( )  
  
 CEREBRO ES PARA ( )  
     ES DE ( )  
     OCURRE ( )  
         EXPLICA ( )

La interdependencia entre las ideas viene señalada por la indentación, de manera que sucesivas indentaciones tras una entrada significan aspectos diferentes de la misma; la vuelta al primer nivel de indentación significa el inicio de una nueva idea. El ejemplo de una entrevista reducida a relatos breves servirá para poner de manifiesto esta estrategia. El relato breve que se indica a continuación corresponde a la una entrevista de un alumno de 7º EGB (Nº 15) cuya transcripción se reproduce en el anexo.

*(Entrevista-sobre-situaciones y SN)*

RELATO REFIERE / *VER OBJETO*

PODEMOS (VER el bote PORQUE tenemos ojos)  
 INTERVIENE (ojos PARA ver)  
 INTERVIENE (cerebro PARA reconocer)  
 INTERVIENE (conductos PARA comunicar ojo-cerebro)  
 OCURRE (ojo transmite al cerebro lo que ve)  
 OCURRE (cerebro reconoce)  
     EXPLICA (por conductos viaja imagen bote [dibujo])

RELATO REFIERE / *DAR PATADA*

- INTERVIENE (pierna PARA dar patada)
- PARTE ESPECIAL (hueso, rodilla)
- INTERVIENE (cerebro PARA pensar + dar orden)
- INTERVIENE (conducto PARA llevar orden)
- OCURRE (cerebro manda “patada” por conducto a rodilla para que se doble)
- EXPLICA (“Patada” que viaja por conducto es pensamiento, como palabras)
- EXPLICA (cerebro manda 2 n)

RELATO REFIERE / *SENTIR DOLOR*

- INTERVIENE (pie PARA notar daño)
- PARTE ESPECIAL (partículas del pie)
- OCURRE (al chocar pie, partículas “notan” daño)
- EXPLICA (a mayor fuerza de choque, “más notan”= más dolor)
- EXPLICA (hay partículas por todo el cuerpo)
- EXPLICA (partículas notan sensaciones diferentes)

RELATO REFIERE / *SN*

- ES PARA (ponerte nerviosa)
- FORMADO POR (“nervios” que van al corazón)
- NERVIOS SON PARA (nerviosismo + llevar sangre)
- SON DE (tubos huecos)
- OCURRE (nerviosismo : nervios transmiten a corazón y éste por conducto a cerebro)
- EXPLICA (nervios van al corazón)
- EXPLICA (nervios son diferentes de las venas; van a sitios distintos)
- CEREBRO ES PARA (pensar, recibir y transmitir mensajes)
- ES DE (células)
- OCURRE (conectado por conductos a partes cuerpo)
- EXPLICA (conductos [= tubos huecos] son para mensajes del cerebro)
- OCURRE (recibe y manda mensajes todo el cuerpo)
- EXPLICA (mensajes para—>sentidos y movimiento)

Reducir y codificar de este modo las entrevistas supone interpretarlas, ya que no siempre todas las expresiones de los niños son nítidas. Para paliar en la medida de lo posible distorsiones de los datos en esta primera reducción, seleccionamos al azar algunas entrevistas de cada nivel, y sus correspondientes relatos breves, y las sometimos al criterio de otras dos personas. Ambos jueces coincidieron en aceptar que los relatos breves captaban la esencia de lo expresado por los sujetos en las entrevistas.

*De los relatos breves a las redes de contenido*

Cada relato se puede considerar desde dos perspectivas simultáneamente: el asunto general del que trata y las unidades que lo componen. El primer aspecto conformaría una categoría que denominamos TIPO, y el segundo la que denominamos FRASES.

En las entrevistas podemos encontrar dos grandes tipos de relatos: SUCESOS, que corresponde a las situaciones de la entrevista que explicaron los alumnos: ver un bote, darle una patada y hacerse daño en un pie; y SN corresponde a las preguntas explícitas que se les hicieron sobre el mismo cuando, en el transcurso de la entrevista nombran y dibujan el cerebro y/o los nervios (no se utilizan en este momento los relatos sobre ejemplos porque cumplen otra función en un análisis posterior, poner a prueba la consistencia y coherencia interna del modelo mental de cada sujeto).

En cualquiera de los TIPOS de relatos señalados, el contenido de la entrevista viene representado por las FRASES. Las frases son cada una de las entradas de los relatos breves que hemos indicado. Podemos analizar de modo sistemático cada frase dirigiéndole dos preguntas: ¿de qué trata la frase? y ¿qué dice la frase?

La primera cuestión nos da el TEMA, primera categoría de entrada en la red estratégica de las frases. Las frases tratan de dos aspectos que hemos considerado como subcategorías excluyentes:

- PARTES anatómicas que entran en juego. De estas nos ha interesado diferenciar: CEREBRO, NERVIOS y SN en general, y OTRAS partes anatómicas que aparecen en los relatos;
- otras frases no se refieren a partes anatómicas, sino a ACCIONES CORPORALES o cosas que ocurren en el cuerpo.

La segunda cuestión, ¿qué dice la frase?, nos explicita el COMENTARIO que sobre las PARTES o las ACCIONES CORPORALES se realiza. El comentario se puede abordar desde dos perspectivas simultáneas: CONTENIDO y CONTEXTO.

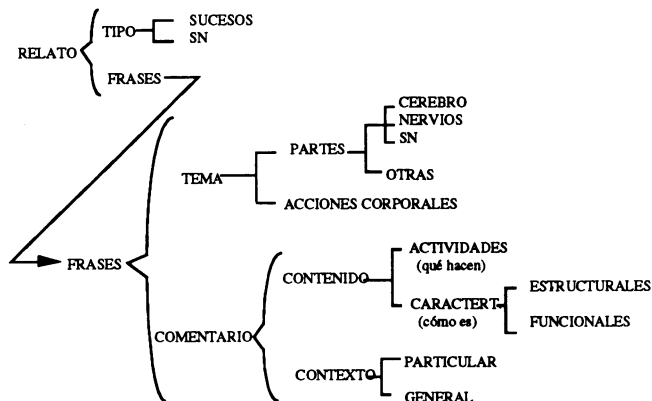
- el CONTENIDO propiamente dicho que puede subdividirse en las categorías:
  - ACTIVIDADES, cuando relatan qué hacen las partes o acciones de las que tratan; y
  - CARACTERÍSTICAS, o cómo es la parte o acción, que a su vez pueden referirse bien a características ESTRUCTURALES o FUNCIONALES;
- el CONTEXTO en el que se ha dicho la frase. Este contexto puede ser:
  - PARTICULAR, si la frase se refiere a una actividad corporal concreta, y
  - GENERAL, si la frase se refiere al funcionamiento general del cuerpo, sin especificar una actividad determinada.

Podemos relacionar todas estas categorías en una red, utilizando las notaciones ya descritas para las mismas. Esta red se denomina *red estratégica*. Su función es poner de manifiesto el modo de abordar los datos; es decir, crear un esquema que



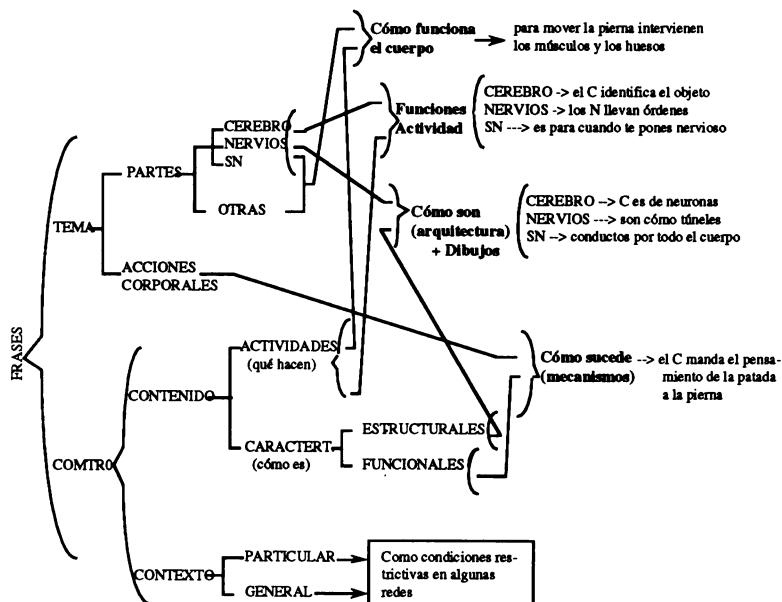
nos permita estructurar el análisis. El Cuadro 6 representa la red estratégica para los datos del estudio 7º/8º de EGB.

CUADRO 6. Red estratégica del estudio de 7º/8º.



En las redes estratégicas, combinando las categorías terminales de las dos categorías iniciales paralelas, (que suponen co-selección por ir precedidas del signo bra) nos dan las categorías de entrada a las posibles *redes de contenido*. Estas últimas son las que describen propiamente los contenidos de los datos. EL Cuadro 7 representa las relaciones entre la red estratégica y las entradas a las redes de contenido para los datos del estudio de 7º/8º de EGB. Junto a cada categoría de las redes de contenido se indica como ejemplo una frase que correspondería a esa categoría.

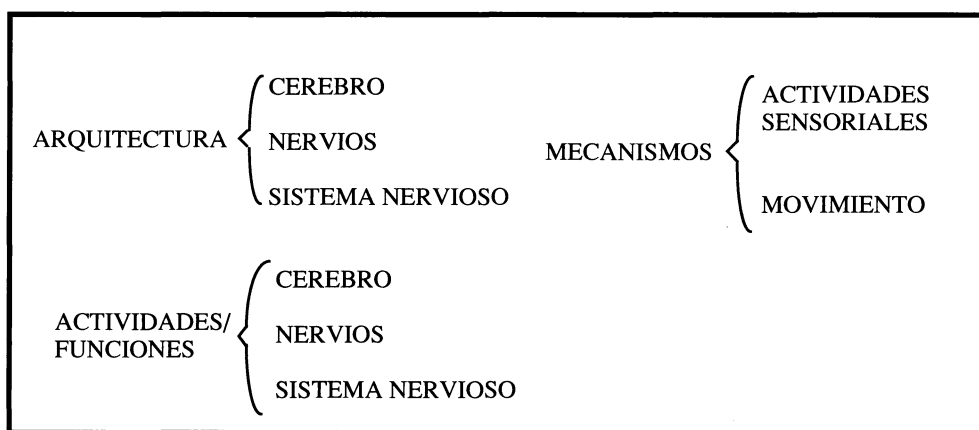
CUADRO 7. Relación entre red estratégica y las de contenido.



Las subcategorías PARTICULAR y GENERAL de CONTEXTO se utilizan como condiciones restrictivas de entrada. La restricción significa, en términos generales, que una frase pertenece a cierta categoría, pudiendo pertenecer a otra, si cumple unas condiciones determinadas. Por ejemplo en el Cuadro 3 el caso de INB corresponde a un centro de nivel BUP con la condición de que sea de titularidad estatal.

De las posibles redes de contenido especificadas en el Cuadro 7 sólo nos interesan las que se refieren a las funciones, mecanismos y estructura del SN y sus elementos. Podemos por tanto desarrollar las tres redes señaladas en Cuadro 8.

CUADRO 8. *Redes de contenido para 7º/8º de EGB.*



La primera, ARQUITECTURA, pondrá de manifiesto las ideas de los alumnos sobre cómo son el SN y sus componentes. La segunda recogerá los comentarios relativos a las ACTIVIDADES/FUNCIONES del SN y sus componentes. La tercera nos proporcionará las ideas relativas a los MECANISMOS de funcionamiento del SN en las actividades señaladas.

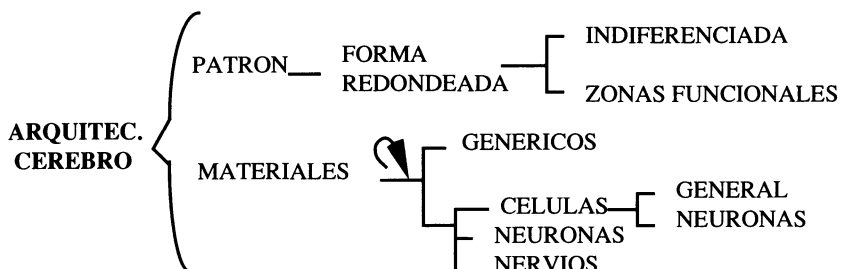
Se trata a continuación de analizar las frases de los relatos desde estas categorías iniciales y desarrollar las subcategorías necesarias. Como ejemplo vamos a explicitar únicamente el desarrollo de la red que corresponde a ARQUITECTURA CEREBRO. Los ejemplos para iluminar el contenido de las categorías se toman directamente de las entrevistas, desde el lenguaje de los alumnos.

### 5.3. Desarrollo de las redes de contenido

La red sobre la ARQUITECTURA del CEREBRO puede expresarse, según los datos de las entrevistas pre-instrucción, con sólo dos categorías PATRÓN y MATERIALES, ya que los niños no se refieren nunca a piezas o partes que puedan

componer el cerebro, al que consideran como una estructura más bien unitaria (Cuadro 9).

CUADRO 9. Red sobre la arquitectura del cerebro.

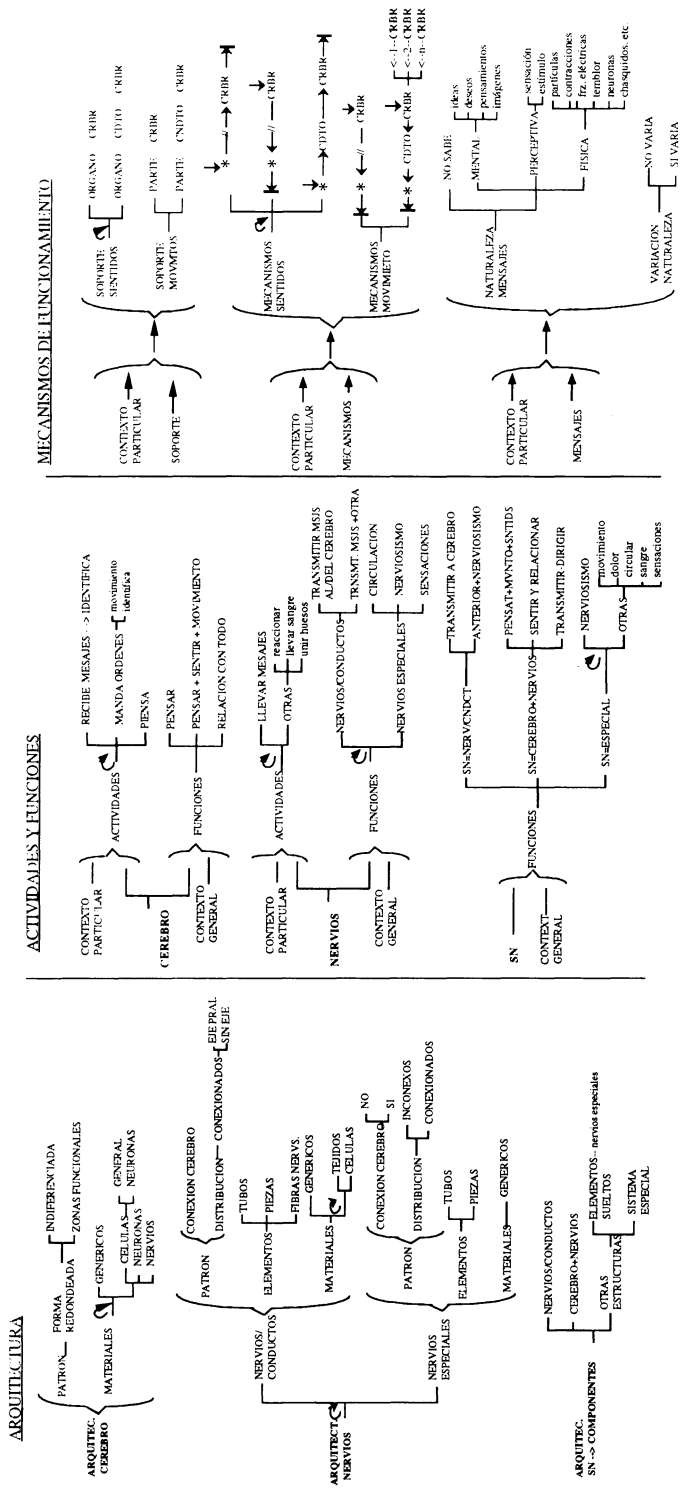


- El PATRÓN atribuido al cerebro es siempre una FORMA REDONDEADA. Al referirse a él con mayor detalle lo consideran:
  - como un todo funcional INDIFERENCIADO; o bien señalan que
  - el cerebro tiene partes dedicadas a diferentes cosas, ej.: “una parte para lo del gusto, otra para el oído, etc.”, “la parte de almacenar cosas, la del movimiento”, pero no las localizan ni diferencian topográficamente; hemos designado esta categoría como ZONAS FUNCIONALES.
- Los MATERIALES que aparecen como constituyentes del cerebro se pueden recoger en las categorías siguientes:
  - GENÉRICOS, señalan que el cerebro “es de carne”, “es de una sustancia blanda”, “es de sesos”;
  - CÉLULAS en sentido GENERAL, “el cerebro es de células” o especificando que se trata de NEURONAS, “es de células neuronas”;
  - en ocasiones hablan de NEURONAS pero no asociadas a células, sino a algún tipo de estructura cerebral; ej.: “las neuronas son como los jefes, los que actúan, los que mantienen el cerebro”;
  - finalmente algunos niños dicen que el cerebro está hecho de NERVIOS.

Delante de la categoría MATERIALES se coloca una recursión porque algunos niños pueden nombrar más de un material al decir de qué está hecho el cerebro.

Siguiendo este análisis se van desarrollando cada uno de los tres grupos de redes del Cuadro 8. El conjunto de las redes de contenido desarrolladas para la muestra de 7º es el que muestra el Cuadro 10. Aunque el análisis se realizó de modo independiente en lo que respecta a los datos pre y post instrucción (esto significa que contaríamos con un conjunto de redes pre y otro post), en la realidad no se encontraron diferencias muy esenciales en lo que respecta a la aparición/desaparición de categorías a desarrollar en cada momento; las variaciones halladas se localizan a nivel de las frecuencias de las categorías. Por esta razón se pudo utilizar el mismo desarrollo básico de las redes de 7º para el análisis de 8º, señalando con caracteres

CUADRO 10. Redes de contenido elaboradas a partir de la muestra de 7º/8º



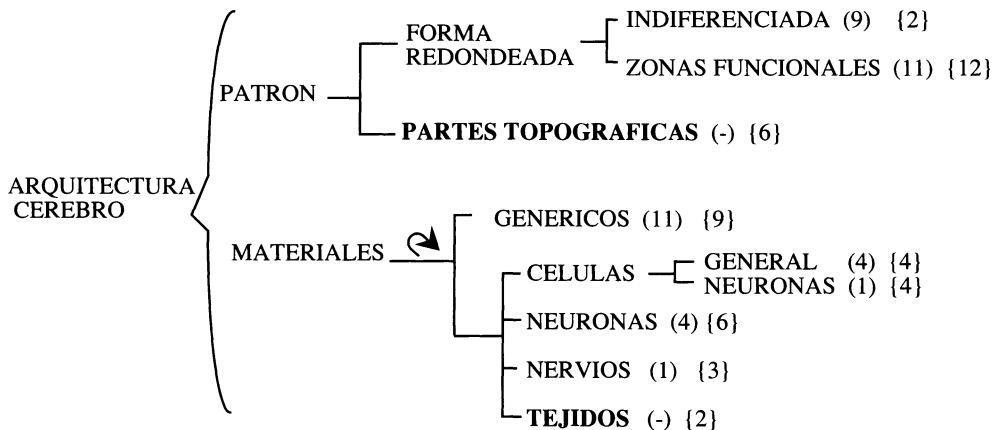
tipográficos distintos en las redes post-instrucción los casos de aparición/desaparición de alguna de las categorías iniciales.

## 6. NIVELES DE ANÁLISIS

Como se ha señalado, una vez desarrolladas las redes se analizaron tanto a nivel de tendencias de grupo como a nivel individual.

En lo que respecta al *primer nivel de análisis*, la estructura de las redes del Cuadro 10 pone ya de manifiesto de modo esquemático el conjunto de significados que sobre el SN aparecen en la muestra. Por ejemplo, un resultado significativo que se obtuvo al desarrollar todo el conjunto de las redes es el que hemos comentado anteriormente: la no variación estructural en ciertas categorías intermedias tras la instrucción insinúa la escasa asimilación de los conocimientos propuestos por ésta. La simple lectura de las categorías de las redes expresa con claridad las concepciones que sobre la estructura, funciones y mecanismos del SN poseen estos alumnos, señalando qué ideas son antagónicas, cuáles pueden coexistir, cuáles son más coincidentes con la ciencia escolar y cuáles discrepan, etc. En el Cuadro 11 pueden observarse, como ejemplo concreto, las variaciones pre-post instrucción en las ideas de los alumnos sobre los aspectos morfo-anatómicos del cerebro.

CUADRO 11. *Resultados antes () y después {} de la instrucción. En negrita las categorías nuevas y en cursiva las que desaparecen tras la instrucción (N=20).*



Para este análisis se señaló también junto a cada categoría terminal su frecuencia en la muestra. En el Cuadro 11 se indican las frecuencias pre y post instrucción sobre las características del cerebro que venimos considerando. Esta sencilla cuantificación indica cuáles son las tendencias más representativas en este grupo en ambos momentos.

Para el *segundo nivel de análisis* se explicitaron, a partir de las redes, los

paradigmas de los 20 alumnos entrevistados (sin tener en cuenta las categorías relativas a niveles celulares, por razones que se justifican en su momento) y se llevó a cabo un análisis comparativo de los mismos para establecer los modelos mentales existentes, antes y después de la instrucción. Por ejemplo, entre los paradigmas relativos a la ARQUITECTURA DEL SN antes de la instrucción encontramos:

Un paradigma común a 13 alumnos responde al código:

**CEREBRO** (PATRÓN (FORMA REDONDEADA))  
**NERVIOS** (PATRÓN (CONEXIÓN CEREBRO (SÍ))  
(DISTRIBUCIÓN (CONEXIONADOS)))  
(ELEMENTOS (TUBOS))  
**SN** (COMPONENTES (CEREBRO + NERVIOS))

Otro paradigma presente en 2 alumnos de este grupo se caracteriza por la concepción de un doble sistema de nervios en el cuerpo humano; uno formado por el cerebro y unos conductos conectados a él, que no reconocen como nervios, y el que denominan SN formado por unos nervios especiales. Su código es:

**CEREBRO** (PATRÓN (FORMA REDONDEADA))  
**CONDUCTOS** (PATRÓN (CONEXIÓN CEREBRO (SÍ))  
(ELEMENTOS (TUBOS))  
**NERVIOS ESPECIALES** (PATRÓN (CONEXIÓN CEREBRO (NO))  
(DISTRIBUCIÓN (INCONEXOS)))  
(ELEMENTOS (TUBOS) (PIEZAS))  
**SN** (COMPONENTES (NERVIOS ESPECIALES))

Estos dos paradigmas expresan de modo conciso y claro dos concepciones diferentes, entre otras que también aparecen en la muestra, de lo que estos alumnos se entiende por SN.

Tras poner de manifiesto los paradigmas de cada sujeto en las redes de ARQUITECTURA, FUNCIONES y MECANISMOS se agrupan aquellos que tienen paradigmas coincidentes lo cual nos condujo a detectar inicialmente cuatro grupos diferenciados.

Se pasa a continuación a comprobar la coherencia interna de cada grupo. Este análisis requiere poner de manifiesto la correspondencia entre los tres elementos que parecen conformar el posible modelo mental, y que son: la topología atribuida al sistema, las funciones generales del mismo y los mecanismos de ejecución. Tras la coherencia, se analiza la consistencia en el uso del modelo por los sujetos. Esto se lleva a cabo comparando los modelos generados por cada sujeto con sus repuestas a la parte de la entrevista sobre ejemplos. Todo este proceso condujo a hipotetizar la existencia de una serie de modelos mentales sobre el SN en los alumnos, antes de la instrucción formal sobre el mismo.

El estudio y tipificación de los modelos mentales, someramente esquematizado

en los párrafos anteriores, supone otras estrategias de análisis y toma de decisiones a partir de los paradigmas generados por cada sujeto en las redes correspondientes. Su extensión aconseja que sean objeto de otra comunicación.

## 7. EN RESUMEN

Las redes sistémicas nos han resultado un modo de análisis útil para la descripción cualitativa del conocimiento expresado a través de entrevistas. Entre las ventajas de esta estrategia cabe destacar:

- La economía y facilidad de visualización de la estructuración de los datos posibilitada por su sistema de notación.
- El permitirnos representar visualmente los casos en que datos que corresponden normalmente a categorías disjuntas en la muestra (unidas por tanto por el signo “bar”) aparecen unidos en algunos sujetos (utilización del signo de recursión delante del “bar”). Esto evita, bien el tomar decisiones poco claras en la categorización de algunos datos, o el aumentar en número de categorías para dar cuenta de los mismos.
- La descripción codificada del significado de los datos de cada sujeto (paradigmas) en el contexto de las posibles opciones que se dan en la muestra. Esto facilita la comparación entre los sujetos y nos ha sido de gran utilidad como punto básico de arranque para el análisis de los modelos mentales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELL, B. F. (1981): “When is an animal not an animal?”, *J. of Biological Education*, 15 (3), 213-218.
- BELL, B. F. y BARKER, M. (1982): “Towards a scientific concept of animal”, *J. of Biological Education*, 16 (2), 197-200.
- BLISS, J.; MONK, M. y OGBORN, J. (1983): *Qualitative data analysis for educational research. A guide to uses of systemic networks*. Croom Helm: London.
- BLISS, J. y OGBORN, J. (1977): *Students' Reactions to Undergraduate Science*. Heinemann Educational Books Ltd.: London.
- CAREY, S. (1985): *Conceptual Change in Childhood*. MIT Press: London.
- DRIVER, R. y ERICKSON, G. (1983): “Theories-in-action: some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual frameworks in science”, *Studies in Science Education*, 10, 37-60.
- GILBERT, J. K.; WATTS, M. y OSBORNE, J. (1985): “Eliciting students views using an interview-about-instances technique”, en: L. West y L. Pines (Eds): *Cognitive structure and conceptual change*. Academic Press, Inc.: London, pp. 11-27.
- GUTIÉRREZ, R. (1987): “La investigación en didáctica de las ciencias: elementos para su comprensión”, *Bordón*, nº 268, 339-326.
- JOHNSON, N. (1983): *Elicitation and representation of children's arithmetic knowledge*. PhD Thesis. Chelsea College: University of London.
- LAWSON, E.; REICHERT, E.; COSTENSON, K.; FEDOCK, D. y LITZ, K. (1989): “Advancing

- research beyond the ruling theory stage”, *J. of research in Science Teaching*, 26 (8), 679-686.
- OSBORNE, R. J. y GILBERT, J. K. (1980): “A method for investigating concept understanding in science”, *European J. of Science Education*, 2 (3), 311-321.
- OSBORNE, R. y COSGROVE, M. (1983): “Children’s conceptions of the changes of state of water”, *J. of Research in Science Teaching*, 20 (9), 825-838.
- POSNER, J. G. y GERTZOG, W. (1982): “The clinical interview and the measurement of conceptual change”, *Science Education*, 66 (2), 195-209.
- RIST, R. (1982): “On the application of ethnographic inquiry to education: procedures and possibilities”, *J. Research in Science Teaching*, 19 (6), 439-450.
- ROBERTS, D. (1982): “The place of qualitative research in science education”, *J. Research in Science Teaching*, 19 (4), 227-291.
- SANMARTÍ, N. (1989): *Dificultats en la comprensió de la diferenciació entre els conceptes de mescla i compost*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
- SERRANO, T. (1987): “Los marcos alternativos de los alumnos: un nuevo enfoque de la investigación sobre el aprendizaje de las ciencias”, *Bordon*, nº 268: 363-386.
- SERRANO, T. (1988): “Reconstruir las ideas de los alumnos. Representaciones sobre el sistema nervioso al finalizar la EGB”, *Investigación en la Escuela*, nº 6, 95-108.
- SERRANO, T. (1992): *Desarrollo conceptual del Sistema Nervioso en niños de 5 a 14 años. Modelos mentales*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense: Madrid.
- STEAD, B. F. y OSBORNE, R. J. (1980): “Exploring science students’ concepts of light”, *Australian Science Teacher J.*, 26 (3), 84-90.
- STEWART, J. H. (1979): “Content and cognitive structure: a critique of assessment and representation techniques used by educational researchers”, *Science Education*, 63: 395-405.
- SUTTON, C. R. (1980): “The learner’s prior knowledge: a critical review of techniques for probing its organization”, *European J. of Science Education*, 2 (2): 107-120.
- WATTS, M. (1983): “Using networks to represent pupils’ meaning for concepts of force and energy”, en: J. Bliss et al.: *Qualitative Data Analysis for Educational Research*. Croom Helm: London.
- WELCH, W. (1983): “Experimental enquiry and naturalistic enquiry: an evaluation”, *J. of Research in Science Teaching*, 20 (2), 95-103.

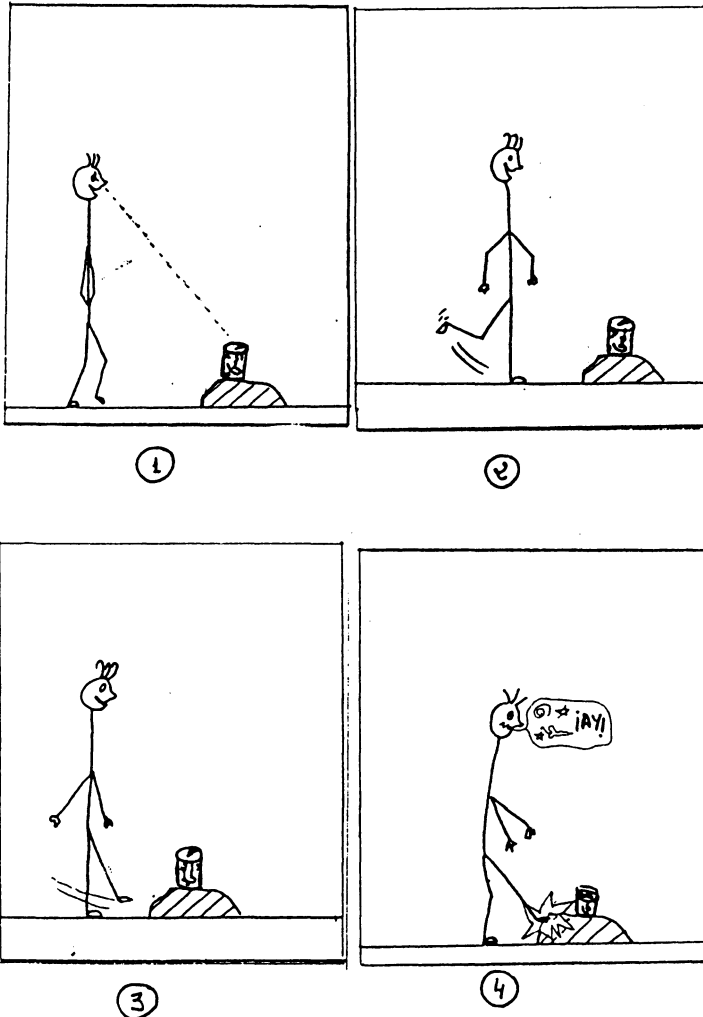


## ANEXOS

### A. INSTRUMENTOS PARA LA RECOGIDA DE DATOS

#### Entrevista-sobre-situaciones

Estuvo mediada por las cuatro tarjetas que se reproducen a continuación.



Las cuestiones de esta entrevista semi-estructurada hacían relación, en lo que respecta al SN, tanto a los aspectos fenomenológicos (descriptivo de anatomía y funciones generales), como mecanicistas (funcionamiento): Estos aspectos se abor-

daban primero a un nivel orgánico (Nivel 1), y también se indagaba si el sujeto era capaz de explicaciones funcionales a nivel celular (Nivel 2):

Se inicia la entrevista pidiendo al alumno que describa las cuatro viñetas. Se le propone a continuación centrarse en cada una de las viñetas, y se le pregunta:

¿por qué puede ese chaval *(ver el bote, mover la pierna hacia atrás, hacia adelante, sentir dolor)*? A partir de su respuesta, y siguiendo siempre el discurso del sujeto, se indagan aspectos fenomenológicos y los relativos a mecanismos de funcionamiento a dos niveles:

1º Nivel 1

- qué partes del cuerpo intervienen en esa acción
- cómo se relacionan topológicamente esas partes
- qué tarea cumple cada parte
- cómo son esas partes que intervienen
- cómo se desenvuelve la acción completa
- etc.

2º Nivel 2

- naturaleza de las partes que intervienen
- naturaleza de las informaciones que se transmiten
- mecanismos de transmisión de la información
- etc.

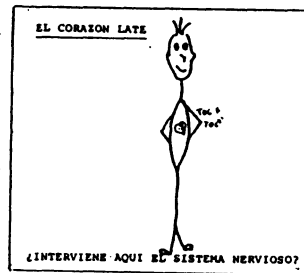
Si durante esta parte de la entrevista no han quedado suficientemente explicitadas las ideas del sujeto sobre el cerebro, los nervios y el SN, se le cuestiona de nuevo sobre estos elementos en directo, desde las perspectivas y niveles señalados.

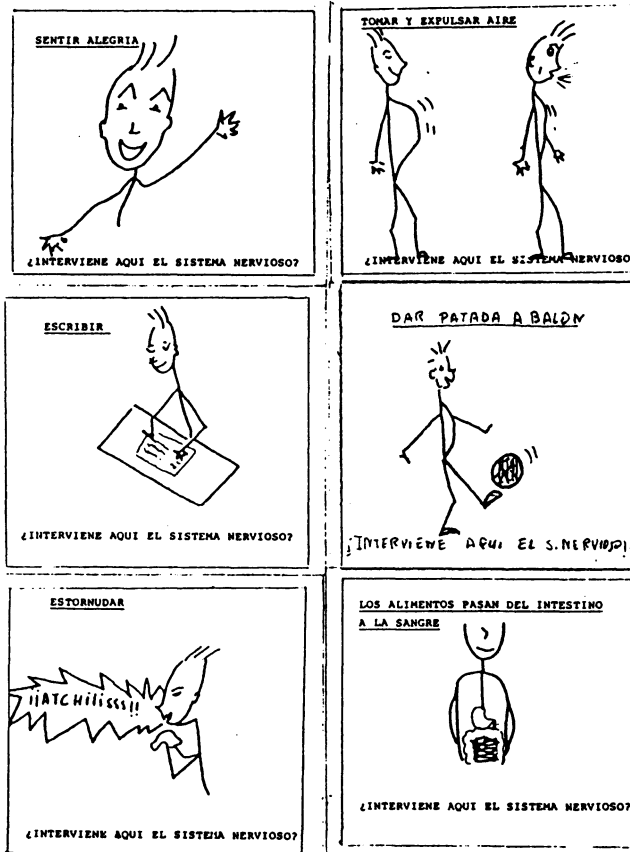
### • Entrevista-sobre-ejemplos

Se le presentan al alumno, de una en una, las 12 tarjetas de la página siguiente. Aquí la pregunta en cada tarjeta es: ¿Interviene aquí el sistema nervioso?

Se pide a cada alumno que justifique brevemente su respuesta, y se tiene en cuenta qué entiende el alumno por SN. Si su modelo de SN se refiere al tipo de los que denominamos “especial”, se indaga por la intervención del cerebro y otras estructuras en la acción representada en cada tarjeta.

Ejemplos de tarjetas para la entrevista-sobre-ejemplos (7º y 8º de EGB)





**B. ENTREVISTA ALUMNO Nº 15 ————— 7º EGB (pre-instrucción)**

**I. Transcripción de parte de la entrevista**

*(Entrevista-sobre-situaciones)*

- E- ¿Quieres explicarme lo que representan estos dibujos?
- A- Aquí hay un niño que va andando y se encuentra una lata de coca-cola, aquí a la lata le quiere dar una patada, y aquí, es que le va a dar, pero como la lata está sobre la roca, se choca contra la roca.
- E- Vamos a quedarnos con el primer dibujo... Me has dicho que es un niño que ve una lata de coca-cola. Quiero que pienses: imagínate que tú eres este niño ... ¿Cómo funciona tu cuerpo para poder ver esta lata?
- A- Porque tenemos ojos... los ojos lo ven, y... y... se lo transmiten al cerebro.
- E- Se lo transmiten al cerebro... ¿Por qué se lo tiene que transmitir al cerebro?
- A- Porque ... uf..... (pausa larga).

- E- Por lo que sea, ¿tú piensas que pasa así?
- A- Sí.
- E- Sigamos. A mí me ayuda el que dibujes para entender lo que dices. Dibuja el cerebro y los ojos.
- A- (Dibuja).
- E- El ojo ve el bote y se lo transmite al cerebro... ¿Cómo se lo transmite al cerebro?
- A- Por medio de... de... de alguna, no sé, de alguna... no sé de alguna.....[gestos].
- E- ¿Tú quieres decir señal... o camino...?
- A- Sí, un conducto.
- E- ¿Tú crees que el ojo y el cerebro están conectados de alguna manera?..... [gestos de asentir]. Pues dibújalo.
- A- (Dibuja).
- E- Y a eso, ¿cómo lo llamamos?
- A- No sé.
- E- Bueno, lo dejamos por si más tarde se te ocurre. Dime, ¿eso tiene que llegar a alguna parte especial del cerebro? Me refiero a lo que le transmite el ojo.
- A- ... No... al cerebro.
- E- Dime una cosa: ¿qué es lo que le transmite el ojo al cerebro exactamente?
- A- Lo que ve, lo que ve la persona.
- E- Ponme un ejemplo. Si yo veo un bote, ¿qué es lo que viaja por este camino que has dibujado?
- A- El dibujo del bote.... Entonces el cerebro dice, pues esto es un bote.
- E- Por aquí viaja como el dibujo y... ¿por qué lo reconoce el cerebro?
- A- Por su forma.
- E- Fíjate: yo no he dicho que esto es un bote de coca-cola, ni siquiera he tenido intención de dibujarlo, sin embargo a ti te ha parecido —y a más gente— un bote de coca-cola. ¿Por qué?
- A- Porque lo veo dibujado, no sé.
- E- ¿Qué es lo que te hace a ti reconocer las cosas?
- A- Pues el dibujo y luego mi... mi... esa cosa que va del ojo al cerebro, el cerebro ve el bote y ya sabe que es un bote.
- E- Bueno, ya tenemos el cerebro que recibe esa noticia que viajaba, que a ti te parece que es como el dibujo. Vamos a seguir. Aquí le iba a dar la patada y hace un movimiento. Seguro que tú lo has hecho muchas veces: la pierna para atrás y luego para adelante... ¿Cómo tiene que funcionar el cuerpo para que se pueda realizar ese movimiento?
- A- El cerebro manda a... no sé... como a la pierna que va a dar una patada, que va a hacer un ejercicio físico.
- E- A ver, dibuja la pierna... Primero dices que el cerebro le manda a la pierna; pero el cerebro no ha hecho más que ver el bote. ¿Qué es lo que le manda a la pierna?
- A- Que... piensa que le va a dar una patada y manda, no sé, ¡una patada!

- E- ¿El cerebro piensa que quiere dar una patada?  
A- Sí.  
E- Y con ese pensamiento le manda a la pierna que realice ese movimiento... ¿Por dónde llega a la pierna ese mandato?  
A- Pues igual que por lo del ojo.  
E- ¿Algún otro conducto? [gestos de asentir]... Pues dibújalo.  
A- (Dibuja).  
E- Pon la dirección de las señales en el dibujo... con una flecha... Dime, esta señal que le manda a la pierna, ¿a qué parte de la pierna, o a qué componente de la pierna tiene que llegar?  
A- ... ..  
E- Este conducto que has dibujado, ¿a qué parte de la pierna va a parar?  
A- ... No lo sé, ... a la rodilla para que la doble para atrás.  
E- A la rodilla piensas... Y con eso se iría para atrás ... ¿Qué viaja por ese conducto para que la rodilla se doble?  
A- Pues..... el pensamiento del cerebro.  
E- El pensamiento... ¿Cómo te imaginas ese pensamiento?  
A- ... Pues que va, ... no se, ... ..  
E- O sea, yo pienso: voy a darle una patada, y pienso que tengo que doblar la pierna hacia atrás. ¿Qué es lo que recorre ese conducto hacia la pierna?  
A- Palabras, ... no palabras así..... como palabras.....  
E- Vamos a dejarlo ahí... La pierna con esto va hacia atrás, pero luego tiene que ir hacia adelante. ¿Cómo hace para terminar ese movimiento? ¿Qué partes de la pierna tienen que intervenir para realizar el movimiento?  
A- La rodilla, los huesos.  
E- ¿Algo más?  
A- No.  
E- Entonces tenemos, a ver si te he entendido, que del modo que sea, ese pensamiento llega a los huesos, a la rodilla, y se va la pierna para atrás. ¿Cómo hace para ir hacia adelante?  
A- Primero le manda ir hacia atrás y luego que vaya hacia adelante.  
E- ¿Son más de una señal u orden?  
A- Dos, yo creo.  
E- Dos ... ¿Siempre van del cerebro hacia la pierna?  
A- Sí.  
E- ¿Siempre por el mismo conducto?  
A- Sí, por el mismo.  
E- Vamos a la última viñeta. Aquí ¿qué pasaba?  
A- El niño le iba a dar una patada, pero se dio con la roca.  
E- Bien, con lo cual se hace daño [Sí] ... ¿Cómo crees que funciona el cuerpo para sentir dolor?  
A- Porque tendrá.....  
E- A ver ... Sigue dibujando, pon el pie que se da contra la roca

- A- (Dibuja).
- E- Se hace daño. ¿Cómo funciona el cuerpo para que sientas dolor, daño?
- A- Pues tiene... tiene... tiene partículas.
- E- ¿Quién tiene partículas?
- A- El pie, que siente.
- E- ¿Dónde están esas partículas?
- A- En todo el pie. O sea por todo.
- E- ¿Y qué pasa con esas partículas?
- A- Si te tocas, o te das contra algo, pues lo notas.
- E- ¿Al chocar contra la piedra esas partículas lo notan?
- A- Sí.
- E- Y ¿basta con que las partículas lo noten para que sintamos daño?
- A- Sí.
- E- ¿No hace falta nada más?
- A- No, luego vas y sabes que te has hecho daño
- E- Unas partículas.... Está bien.... ¿Están siempre en el mismo sitio esas partículas?
- A- Sí, siempre.
- E- ¿Hay en otras partes del cuerpo?
- A- Sí.
- E- ¿Pero, qué son esas partículas?... Si en lugar de chocar con la piedra hubiera metido el pie en un charco, ¿qué harían esas partículas?
- A- Al meter un pie en agua, o en algún líquido, las partículas notan que está el pie en líquido.

(el SN)

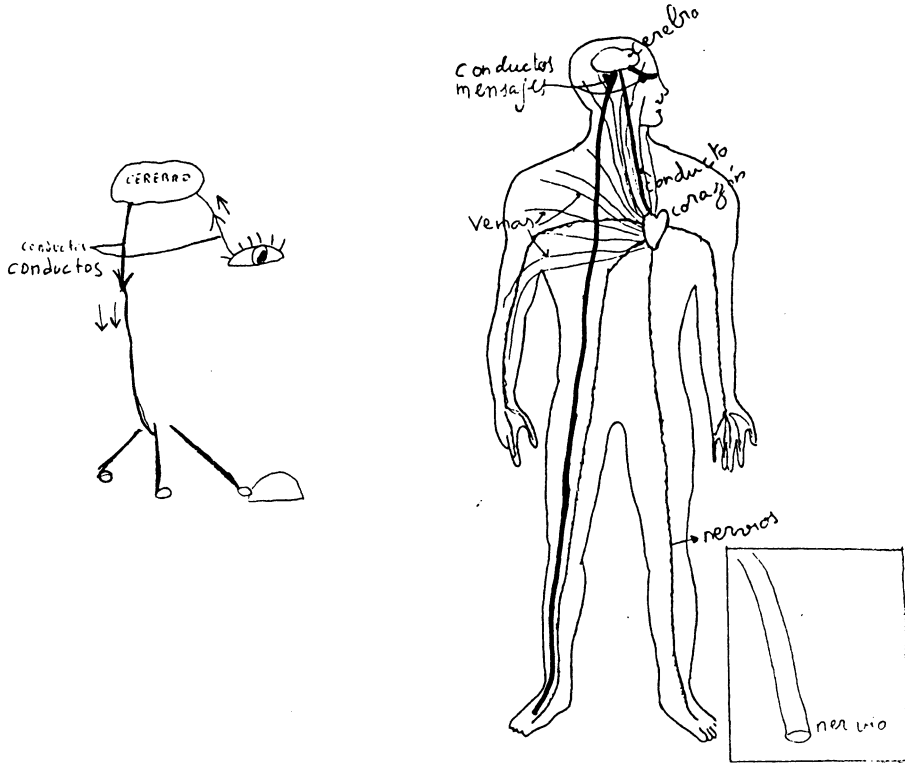
- E- Esto está muy bien. Oye Elena, si yo te digo: el S.N. ¿A ti a qué te suena?
- A- ... A... a los nervios.
- E- Espera un momento que quiero preguntarte otra cosa sobre el golpe.... Al darte un golpe te puedes hacer mucho daño; esas partículas que me has dicho, ¿cómo funcionan para que te des cuenta de si el daño es poco o mucho?
- A- Si das la patada con mucha fuerza te haces más daño porque choca más, y si la das con menos fuerza pues menos.
- E- Y eso, ¿qué tiene que ver con las partículas? ¿en qué lo notan?
- A- Porque al darle más fuerte lo sientes más.
- E- Ya ... Vamos a seguir con el S.N.... Imagínate que eres un cirujano que has abierto a una persona para buscar el S.N. ¿Cómo te imaginas que lo verías en el cuerpo? Dibújalo aquí.
- A- No sé.....
- E- ¿Qué buscarías en el cuerpo si te dijeran que buscaras el S.N.?
- A- Los... nervios.
- E- ¿Cómo te imaginas que están los nervios en el cuerpo? ¿Por dónde los buscarías?

- A- Por aquí (dibuja) ... por aquí, ... por aquí...
- E- ¿Hay un nervio para cada pierna y uno para cada dedo? (relación a lo que dibuja).
- A- Sí.
- E- O sea, crees que en la pierna hay un nervio.
- A- Sí.
- E- Y estos nervios, ¿dónde acaban, o dónde van?
- A- ... Pues... al corazón (dibuja).....
- E- Entonces el S.N., ¿tiene además de los nervios el corazón?
- A- ... Sí.
- E- El corazón es del S.N.... Dime Elena, el S.N. en el cuerpo humano, ¿qué función crees que cumple?
- A- Cuando tienes mucho estrés te pone... no sé, cuando te pones nerviosa.
- E- Te pones nerviosa y, ¿el corazón ... que función cumple?
- A- Lo transmite al cerebro.
- E- A ver, pon el cerebro... (dibuja):.. ¿Por dónde lo transmite?
- A- Por medio de una vía (dibuja).....
- E- ¿Esta vía del corazón al cerebro es también un nervio?
- A- No, es un conducto.
- E- Y el cerebro, ¿qué funciones crees que tiene en el cuerpo?
- A- Pensar y recibir mensajes y transmitir mensajes.
- E- ¿De quién?
- A- De todo el cuerpo.
- E- ¿Qué clase de mensajes?... Ponme ejemplos.
- A- Pues, que se mueva o que, no sé, ... Sí, que se mueva.
- E- ¿Para qué más utilizan el cerebro las personas?
- A- ... ..
- E- ¿Sólo para transmitir mensajes al cuerpo?
- A- Sí, y recibir.
- E- ¿Qué cosas recibe el cerebro?
- A- Cosas de los ojos, que sienten, que siente el cuerpo.
- E- ¿De qué crees que está hecho el cerebro?
- A- No sé, de células, ¿no?
- E- Células.....
- A- Células, pues son cosas que forman los tejidos.
- E- Muy bien. Y dime: si estos nervios los pudiéramos mirar al microscopio muy grandes, muy grandes, ¿qué veríamos? Dibuja cómo te los imaginas.
- A- Dibujo un trozo. Pues así, (Dibuja)..... que por aquí pasa la sangre.
- E- ¿Eso es como un tubo?
- A- Sí.
- E- ¿De qué material están hechos estos tubos?
- A- No sé, de algo elástico.
- E- Un material elástico... Y ...¿tú crees que por los nervios pasa la sangre?
- A- Sí.

- E- Dime, ¿qué relación tienen estos nervios que me has dibujado aquí con los conductos que has dibujado antes de la patada y el dolor... ¿Son los mismos?
- A- Estos son como conductos, y estos son otra cosa, son nervios.
- E- ¿Estos conductos no son nervios?
- A- No, no son.
- E- Y si los de antes los viésemos muy aumentados al microscopio, ¿qué veríamos?
- A- Igual que los nervios.
- E- Y entonces, ¿en qué se diferencian?
- A- ... ..
- E- Por estos has dicho que pasa sangre... ¿Y por los de antes?
- A- ... Pues ... mensajes.
- E- Vamos a una última parte .... Pero antes, ¿tú quieres decirme algo más de el S.N.?
- A- No.
- E- Dime una cosa: si estos nervios son para cuando tienes estrés y eso, ¿cómo funcionan para eso?
- A- No lo sé.
- E- Bueno... Además de para el estrés, ¿sirven para otras cosas?
- A- Para conducir la sangre también.
- E- Dime entonces, ¿has oído hablar de las venas?
- A- ¡Ah, no, no!
- E- ¿No qué?
- A- Que no son para conducir la sangre.
- E- A ver, que me lío... ¿Quiénes conducen sangre?
- A- Las venas.
- E- Y los que me has dibujado ¿son...?
- A- Nervios.
- E- O sea, venas y nervios conducen sangre los dos ... ¿O no?
- A- Sí.
- E- Entonces, ¿para qué son unos y otros?
- A- Pues... éstos sólo van a determinadas partes del cuerpo, y las venas van por todo el cuerpo
- E- Píntame también las venas del cuerpo ... en rojo.
- A- Desde el corazón a todas partes (dibuja).....
- E- ¿Hay más venas o nervios?
- A- Más venas.



II. Dibujos realizados durante la entrevista



III. Paradigmas del alumno N° 15 en las redes del pre-instrucción (Cuadro 10)

**REDES ARQUITECTURA SN**

**ARQUITECTURA CEREBRO**

(PATRÓN (REDONDEADA (INDIFERENCIADA)))

(MATERIALES (CÉLULAS (GENERAL)))

**ARQUITECTURA NERVIOS**

(CONDUCTOS (PATRÓN (CONEX. CEREBRO)))

(DISTRIBUCIÓN (NO EJE))

(ELEMENTOS (TUBOS (HUECOS)))

(MATERIALES (GENÉRICOS))

(NERVIOS ESPECIALES (PATRÓN (NO CONEX. CEREBRO)))

(ELEMENTOS (TUBOS (HUECOS)))

(MATERIALES (GENÉRICOS))

**SN COMPONENTES** (OTRAS ESTRUCTURAS (SISTEMA ESPECIAL))

## REDES ACTIVIDADES Y FUNCIONES DEL SN

*CEREBRO* (ACTIVIDADES (RECIBE MENSAJES) (MANDA ÓRDENES) (PIENSA))

(FUNCIONES (PENSAR+SENTIDOS+MOVIMIENTO))

*NERVIOS* (ACTIVIDADES (LLEVAR MENSAJES))

(FUNCIONES (CONDUCTOS (TRANSMITIR AL/DEL CEREBRO)))

(NERVIOS ESPECIALES (NERVIOSISMO) (CIRCULACIÓN))

*SN* (FUNCIONES (SN=ESPECIAL (NERVIOSISMO) (OTRAS))

## REDES MECANISMOS DE FUNCIONAMIENTO

*SOPORTE* (SENTIDOS (Vista: ÓRGANO-CONDUCTO-CEREBRO))

(Dolor: ÓRGANO-CEREBRO))

(MOVIMIENTO (PARTE-CONDUCTO-CEREBRO))

*MECANISMOS* (SENTIDOS (vista : \* —>CONDUCTO —>CEREBRO—>/))

(Dolor: \* —//—>CEREBRO—>/))

(MOVIMIENTO (CEREBRO —>CONDUCTO —>PARTE

(CRB—n—>2)))

*MENSAJES* (NATURALEZA (MENTAL))

(VARIACIÓN NATURALEZA (NO VARÍA))