

## El análisis de protocolo. Bases, descripción y un caso de aplicación

**MARCOS REQUENA**

Universidad Católica Andrés Bello  
Caracas - Venezuela

### Resumen

El presente artículo expone una síntesis selectiva de la teoría de Ericsson y Simon (1993) sobre la técnica del análisis de protocolos verbales, desarrollada en los siguientes puntos: (a) supuestos básicos de la técnica; (b) los diferentes tipos y niveles de verbalización; (c) las condiciones de validez de los reportes verbales y (d) el procedimiento de un análisis de protocolo válido y confiable. Estos puntos de la síntesis constituyen cuatro de las cinco partes del artículo. La quinta parte está constituida por la exposición de un caso en el que el autor del artículo aplicara la técnica del análisis de protocolo: una indagación sobre los procesos cognitivos involucrados en la resolución de cuatro clases de problemas algebraicos literales aplicados, con la finalidad de determinar la posible influencia de la estructura del enunciado de tales problemas sobre dichos procesos. Tanto el abordaje abstracto y general del tópico (la teoría de Ericsson y Simon), como la aplicación concreta de la técnica (Requena, 2000), permiten afirmar que el análisis de protocolos verbales, aplicada de acuerdo con unas condiciones precisas, resulta una técnica válida y confiable para inferir los procesos cognitivos empleados en la resolución de problemas.

**Palabras clave:** análisis de protocolo, resolución de problemas, problemas algebraicos, procesos cognitivos.

### Abstract

The present article exposes a selective synthesis of the theory of Ericsson and Simon on the technique of the analysis of verbal protocols, developed in the following points: (a) basic suppositions of the technique; (b) different types and verbalization levels; (c) the conditions of validity of the verbal reports and (d) procedure or an analysis of valid and reliable protocol. These points of the synthesis constitute four of the five parts of the article. The fifth part is constituted by the exhibition of a case in which the author of this article applied the technique of the protocols analysis: an inquiry on the cognitive processes involved in the resolution of applied literal algebraic problems, with the purpose of determining the possible influence of the

structure of the one enunciated of such problems on this processes. So much the abstract and general boarding of the topic (the theory of Ericsson and Simon), as the concrete application of the technique (Requena, 2000), this allow to affirm that the analysis of verbal protocols, applied in accordance with some precise conditions, it is a valid and reliable technique to infer the cognitive processes used in the resolution of problems.

**Key words:** protocol analysis, solving problems, algebraic problems, cognitive processes.

## Introducción

El enfoque cognitivista sobre el aprendizaje y la resolución de problemas se ha interesado de manera enfática en los procesos cognitivos que subyacen, acompañan y explican a aquellos. (Puente, Poggioli y Navarro, 1989).

El referido interés cognitivista ha encontrado un problema: los procesos cognitivos no pueden observarse; sólo pueden inferirse a partir de sus manifestaciones conductuales (las miradas, los gestos, las palabras, los silencios..., que los seres humanos nos ofrecemos unos a otros) y de sus creaciones (el dibujo, la pintura, el cine, la música...). De acuerdo con De Vega (1984, citado por Hernández, 1998), tal inferencia se ha abordado por cinco planteamientos metodológicos: la introspección, la investigación empírica, la simulación, la entrevista y el análisis de protocolos verbales; estas dos últimas de aplicación particular en la inferencia de los procesos involucrados en la resolución de problemas.

Ashcraft (1990) enumera cuatro fenómenos con los que se enfrenta principalmente la inferencia de las estrategias y demás procesos cognitivos involucrados en la resolución de problemas. Tales fenómenos, que dificultan la identificación de los procesos ejecutados por un individuo en la resolución de un problema, son: (a) *Automatización*: gracias a la práctica, los procedimientos mentales se hacen cada vez más automáticos y –por tanto– inconscientes a lo largo de la vida de un individuo; (b) *Aceleración*: por el mismo factor, la ejecución se hace cada vez más rápida, lo que dificulta su registro; (c) *Compilación*: referente al hecho de que –igualmente por la práctica repetida– las personas pueden realizar procesos cognitivos integradores de procesos más particulares, que son aquellos sobre los que se interesa la investigación; (d) *Distorsión*: la verbalización de los procedimientos mentales pueden distorsionar éstos o interrumpirlos, fenómeno también considerado por Lindsay y Norman (1977) como una de las dificultades particulares del análisis de protocolo.

No obstante las anteriores dificultades del estudio de los procesos mentales y, particularmente, del análisis de protocolo, esta técnica ha sido empleada con éxito, en lo que se refiere a su eficacia, validez y confiabilidad. Afferbach (1988) trabajó con cinco maestros con la finalidad de identificar los procesos involucrados en su

escritura. Albrechtsen (1997) aplicó el análisis de protocolo en un estudio de caso: trabajó con un solo estudiante de quince años para identificar los procesos cognitivos involucrados en la competencia para escribir en dos idiomas. Fontaine (1989) le aplicó la técnica a cuatro escritores con la finalidad de identificar sus pensamientos acerca del público infantil al que se dirigían. Hynds (1989) trabajó con cuatro jóvenes para determinar la influencia de las estructuras sociales y de los contextos en la comprensión de textos literarios. Kukan y Beck (1996) trabajaron con cuatro niños de Cuarto Grado para estudiar posibles diferencias de género en el procesamiento de la información académica. Pirie y Kieren (1989) trabajaron con dos sujetos estudiantes adolescentes para validar una teoría sobre la comprensión matemática. Shill (1996) trabajó con un sujeto para identificar los procesos cognitivos que acompañan la coevaluación en pares. Strickland (1989) analizó el protocolo de un estudiante adolescente para conocer los procesos involucrados en la adaptación del mecanografiado, del uso de la máquina de escribir a la computadora. Por su parte, Ericsson y Simon (1993), sus más notables empleadores, han realizado, en el marco de una rigurosa presentación de su teoría sobre el análisis de protocolo, una revisión de una amplia muestra de investigaciones que han hecho uso de la referida técnica.

En el presente trabajo se expone una síntesis selectiva de la teoría de Ericsson y Simon (1993): (a) supuestos básicos de la técnica; (b) los diferentes tipos y niveles de verbalización; (c) las condiciones de validez de los reportes verbales y (d) el procedimiento de un análisis de protocolo válido y confiable. Estos puntos de la síntesis constituyen las cuatro primeras partes del artículo.

La quinta parte del artículo está constituida por la exposición de un caso en el que el autor de este trabajo (Requena, 2000) aplicara la técnica del análisis de protocolo. Por razones didácticas y comunicacionales, tal exposición tendrá un mediano nivel de detalles. Se trató de una indagación sobre los procesos cognitivos involucrados en la resolución de cuatro clases de problemas algebraicos literales aplicados, con la finalidad de determinar la posible influencia de la estructura del enunciado de tales problemas sobre dichos procesos.

**Supuestos Básicos.** Un Modelo del Procesador Humano de cualquier otra conducta, es generada por un proceso que se puede inferir a partir de la interpretación de la misma. En los diversos enfoques del fenómeno psicológico, se considera que ninguna conducta es gratuita, en el sentido de que siempre existe algún porqué o para qué una conducta se manifiesta.

Desde la óptica particular del enfoque cognitivo de la conducta humana, ésta se considera relacionada con contenidos, estructuras o procesos de conocimiento. De allí que, independientemente de una problemática sobre el valor de verdad de las palabras que pronuncie una persona, se tiene por supuesto que ésta debe procesar alguna información para poder emitir tales palabras.

Dado que la información que procesa una persona puede provenir tanto del medio como de su conocimiento previo y que existe una variedad de procesos aplicables a la información, existen distintas posibilidades de verbalización: de lo que se percibe, de lo que se recuerda o de lo que se piensa sobre lo percibido o recordado. Debido a ello, es requerido el empleo de un modelo de procesador humano de información, que dé cuenta de la referida variedad de fuentes de información y de verbalizaciones.

Un modelo que cumple con el requerimiento indicado es el del *multialmacén*. Los componentes y características de tal modelo, de acuerdo a como lo exponen Ericsson y Simon (1993), coinciden fundamentalmente con el propuesto por Atkinson y Shiffrin (1968). En resumen, el modelo propone lo siguiente:

El procesador humano de información está conformado por una serie de elementos estructurales y procesales. Los elementos estructurales son: tres compartimientos (*memorias*) para el almacenamiento de la información y un procesador central (PC). Los elementos procesales son los diversos procesos a los que es sometida la información por el sujeto.

El Procesador Central es el componente que se encarga de controlar y regular los procesos no automáticos a los que se somete la información.

Las tres *memorias* difieren, principalmente, en la capacidad y en el tiempo de almacenamiento. El Registro o Memoria Sensorial (MS) registra durante brevísimos intervalos la múltiple información proveniente de los sentidos. La Memoria a Largo Plazo (MLP) registra, si no de manera permanente, sí durante largos períodos, cantidad ilimitada de información, en códigos icónicos o ecoicos. La Memoria a Corto Plazo (MCP) mantiene actualizada, mientras es procesada, una pequeña cantidad de información proveniente, o de la MS, luego de que tal información ha sido reconocida y codificada de acuerdo a patrones existentes en la MLP, o de esta última, luego de que la información ha sido recuperada, o de la MCP misma, si la información es producto de un proceso de generación.

Parte de los elementos procesales, aquellos que se involucran de alguna manera en la verbalización, son: (a) el *reconocimiento*; (b) la *codificación*; (c) la *recodificación*; (d) el *almacenamiento*; (e) la *recuperación*; (f) la *atención*; (g) el *repaso de mantenimiento*; (h) la *generación de información*; (y) la *automatización* y (j) la *compilación*.

Este modelo de procesamiento humano de la información permite concebir el pensamiento como el conjunto de los procesos a los que, en un momento determinado, es sometida la información por el Procesador Central (PC).

Dada la forma paralela en la que puede trabajar el PC, se concibe que el pensamiento –siempre que esté activada la MCP– pueda ser manifestado mediante la verbalización sin que el mismo sea interrumpido.

## Tipos y Niveles de Verbalización

Dependiendo del tipo de información verbalizada, de la fuente de la información sobre la que se piensa y de la existencia o no de procesos mediadores entre el pensamiento y la verbalización, ésta puede ser de varios tipos y tener varios niveles.

Dependiendo del **tipo de información** que se verbalice, el reporte puede ser: (a) una *copia literal*, si la información que se expresa corresponde literalmente con la recibida en el momento o anteriormente; (b) una *copia de contenido semántico*, si la información verbalizada es un parafraseo de la información recibida, por lo que, entonces, constituye el resultado de un procesamiento semántico de la misma; y (c) una *producción*, si la información que se verbaliza ha sido generada a partir del procesamiento de la recibida o la ya poseída.

De acuerdo con la **fuentes de información**, el reporte verbal puede ser *simultáneo* o *retrospectivo*. Es simultáneo si se verbaliza el reconocimiento de alguna información de la MS o el procesamiento de alguna información que se mantiene activa en la MCP. Es retrospectivo si se verbaliza la recuperación de información almacenada en la MLP. En términos prácticos, el reporte es simultáneo si el sujeto lo realiza paralelamente al proceso de resolución del problema; es retrospectivo, si lo realiza luego de finalizar la tarea.

De acuerdo con la **existencia o no de procesos mediadores** y con la **clase del proceso mediador**, el reporte verbal tiene tres niveles:

El *Nivel 1* de verbalización es aquél en el que ésta se da en ausencia de procesos mediadores: la información reportada es exactamente la misma que se ha activado y está codificada en el mismo formato verbal que ésta. Por ejemplo: el sujeto lee en voz alta el enunciado de un problema (reconocimiento de información de la MS); dice que el problema es similar a otros anteriormente resueltos por él (recuperación de información de la MLP) o describe la estrategia que aplicará para resolverlo y el porqué piensa aplicarla (activación de información en la MCP).

El *Nivel 2*, es aquél en el que la información activada, antes de ser reportada, ha requerido ser recodificada en el formato verbal del reporte. Por ejemplo: el sujeto describe una figura geométrica incorporada a un enunciado que lee o una imagen que recordó mientras procesaba la información.

El *Nivel 3* es aquél en el que la información ofrecida en el reporte es producto de una selección de la información atendida o de una inferencia o generación de información no atendida. Ejemplos: el sujeto lee mentalmente el enunciado de un problema y verbaliza sólo lo que considera información relevante para la resolución (selección de información activada en la MCP); o el sujeto, luego de aplicar una estrategia sin pensar sobre el porqué lo hace, expone una justificación de dicha estrategia (inferencia o generación de información antes no atendida).

De la anterior exposición de los tipos y niveles de verbalización se desprende que no todos cuentan con la misma validez. A continuación se exponen las condiciones de la validez de los reportes verbales.

### **Validez de los Reportes Verbales; Condiciones**

Los reportes que muestran poseer la mayor validez, esto es, constituir exposiciones fieles de la información que se procesa y de los procesos que se aplican, son los *simultáneos* de *Niveles 1 y 2*, no importando si se trata de una *copia literal*, una *copia semántica* o una *producción*. No obstante, en el proceso de recodificación, propio del 2º Nivel de verbalización, el sujeto puede errar en el empleo del código lingüístico para presentar la información que tiene en otros códigos (por ejemplo, describir erradamente una figura que se imagina o recuerda).

Los reportes *retrospectivos*, si se realizan inmediatamente después de la tarea, también pueden tener validez, siempre que sean de los *Niveles 1 y 2*, pues los sujetos pueden hacer uso de información todavía contenida en la MCP para acceder a la almacenada en la MLP.

Los reportes retrospectivos tienen, no obstante, algunas dificultades: (a) en el proceso de almacenamiento se tiende a eliminar la información específica y concreta, guardándose entonces la información de mayor nivel de generalidad y abstracción; esto hace que, en la verbalización retrospectiva, las personas ofrezcan información poco detallada del procesamiento reportado: si se le pide que sea más específico, es probable que se vea obligado a inferir o generar la información (reporte de Nivel 3); (b) en la recuperación, el sujeto puede activar información asociada con la resolución de problemas anteriormente tratados y similares al de la situación actual (por ejemplo, describir una estrategia que ha empleado en otros casos similares como si fuese la que aplicó en el problema del que ahora se trata); (c) el sujeto puede también reportar información asociada con el caso, pero no la pertinente con el punto específico al que se refiere (por ejemplo, referir que aplicó una estrategia en un momento de la resolución, cuando en realidad la aplicó en otro momento).

Lo anterior tiene implicaciones para la toma de decisión en relación con la manera como el investigador deba hacer la indagación de los procesos cognitivos mediante un análisis de reporte verbal, a fin de que dicho análisis sea válido. Primeramente, es preferible el *reporte simultáneo* al *retrospectivo*: siempre que se pueda, es mejor solicitar al sujeto que verbalice el proceso de resolución del problema, paralelamente al desarrollo del mismo.

Por otra parte, sea simultáneo o retrospectivo, *debe evitarse* el reporte de Nivel 3. Para ello, *debe evitarse* preguntársele al sujeto porqué hizo tal o cual cosa, pues ello puede conducirle a una inferencia o generación de información. Si se hacen tales preguntas, válidas para indagar acerca de los posibles objetivos planteados por el sujeto durante el proceso de resolución del problema, debe tenerse el cuidado de descartarse que la respuesta se trate de una creencia.

Además, requerir cierta clase de información puede informar a los sujetos qué aspectos del problema o del proceso de resolución se consideran más importantes, y ello, a su vez, puede hacer que aquellos modifiquen su manera normal de procesar la información.

Aunque se deseen detalles, la instrucción dada originalmente al sujeto debe, en lo posible, mostrar que se realiza una indagación *general*, esto es, sin atención explícita a aspectos específicos. Por ejemplo, debe solicitársele al sujeto algo como “durante la resolución del siguiente problema, piense en voz alta, trate de hablar todo lo que piensa” o “diga todo lo que recuerda sobre lo que pensó e hizo para solucionar el problema”.

Si, por los objetivos de la indagación, se requiere información específica, que quizás ha sido obviada durante el reporte simultáneo, la indagación de ésta debe ser *no dirigida*, es decir, la instrucción o preguntas no debe contener indicios sobre la respuesta esperada. Por ejemplo, debe evitarse preguntas como “¿leyó todo el enunciado del problema antes de comenzar a pensar qué podía hacer para solucionarlo?”; en vez de ello, si se desea conocer el momento en el que el sujeto comenzó a pensar sobre la solución, o si el sujeto tuvo una conducta impulsiva, puede preguntarse “¿cuándo comenzó a pensar acerca de cómo solucionar el problema?”.

Además del tipo de indagación, manifiesta en las instrucciones o preguntas, otros factores pueden influir en el proceso de verbalización, afectando la calidad de la información suministrada. Por una parte, el paralelismo del pensamiento y la verbalización es una *posibilidad*; no tiene porqué ser espontánea. Procesos de pensamiento que requieren un intenso control de la atención, pueden interrumpir el reporte verbal o verse interrumpido por éste, si el sujeto no ha desarrollado la capacidad de realizar los dos procesos paralelamente.

Por otra parte, fallas del sujeto en seguimiento de instrucciones pueden conducir a un reporte que no ofrece la información solicitada.

Finalmente, el reporte verbal de un sujeto puede verse alterado por las condiciones ambientales en las que se realiza: la presencia del investigador y de los instrumentos de registro (como el grabador de sonidos) le recuerdan permanentemente al sujeto, que está siendo observado, lo que puede crearle una incomodidad que lo afecte.

Estos tres factores (no paralelismo del pensamiento y de la verbalización, fallas en seguimiento de instrucciones e incomodidad ante la observación) y los ya mencionados de la automatización y la compilación de los procesos gracias a la experiencia, pueden eliminarse o reducirse en magnitud mediante un procedimiento de *calentamiento*: antes de las sesiones experimentales de verbalización, se somete al sujeto a una serie de sesiones de entrenamiento, con tareas de naturaleza distinta a la que se empleará en aquéllas. Durante estas

sesiones previas se puede crear un clima de confianza entre el experimentador y el sujeto, desarrollar una indiferencia de éste hacia el hecho de ser observado y ofrecerle al mismo retroalimentación sobre la calidad de su reporte.

En síntesis, en función de obtener de un sujeto que resuelve un problema, un reporte verbal válido, debe preferirse una verbalización *simultánea* a una *retrospectiva*. Además, en cualquier caso, la instrucción o preguntas ofrecidas al sujeto debe permitir que dicha verbalización sea de los *Niveles 1 y 2*, por lo que se aconseja que la indagación manifiesta en tales instrucciones o preguntas sea *general o específica no dirigida*. Por otra parte, debe someterse al sujeto a un proceso de *calentamiento*, a fin de que el mismo desarrolle el procesamiento paralelo, la habilidad para seguir instrucciones e indiferencia ante la observación ajena a la vez de que aprenda a “desautomatizar” o “descompilar” los procesos que, por experticia, realiza de manera automática o sintética.

Ya garantizada, en gran medida, la validez del reporte verbal, puede llevarse a cabo el procedimiento que concluirá en el análisis de protocolo. Tal procedimiento se describe a continuación.

### **Procedimiento de un Análisis de Protocolo Válido y Confiable**

En función de lograr, mediante el empleo de un análisis de protocolo, una indagación válida y confiable de los procesos cognitivos que realiza un sujeto durante la resolución de un problema, es recomendable que el reporte verbal sea de los tipos y niveles indicados en el párrafo anterior y que se apliquen los siguientes pasos para su análisis.

#### **Etapa de Preprocesamiento**

El procesamiento del reporte verbal o protocolo comienza con la grabación de toda la verbalización del sujeto en las condiciones experimentales.

Luego de este paso, se transcribe el material grabado, tratándose de que el registro sea lo más fiel posible: no se excluyen los vacíos, las repeticiones, las diferencias de entonación y de énfasis, etc.

Posteriormente, la información no verbal es analizada, con la finalidad de interpretar su posible significado.

Después del anterior análisis, la mayoría de la información no verbal es eliminada de la transcripción, excepto la que pueda referirse por la puntuación.

Finalmente, el material así obtenido es segmentado, correspondiendo cada segmento a una expresión con sentido, sea o no tal expresión una oración.

#### **Procesamiento propiamente dicho**

Cada segmento del protocolo es codificado, es decir, traducido a términos interpretativos. En la codificación de los segmentos, puede ser interpretada

información contextual, esto es, información contenida en otros segmentos del protocolo. Ello, si es requerido, como en los casos en los que la información de un segmento resulta ambigua.

Si, durante la codificación, el investigador se da cuenta que algún grupo de segmentos consecutivos refieren un procedimiento, paso o estrategia global en la realización de la tarea, aquél puede efectuar también una *codificación sintética*: interpretar el grupo como un todo, no sus elementos. Inversamente, puede ocurrir que un mismo segmento sea expresión simultánea de más de un proceso; en tal caso, el investigador codifica el segmento de manera múltiple, indicando que pertenece a varias categorías.

Para que los códigos empleados en el procesamiento del protocolo constituya una interpretación del mismo de acuerdo con la naturaleza de la información de interés para la investigación, el investigador debe determinar, previamente a la codificación, las *categorías de análisis*, esto es, los nombres de las diferentes acciones mentales que se supone efectuará el sujeto durante la realización de la tarea y que constituyen los significados de los símbolos empleados en la codificación.

Las categorías de análisis provienen de dos fuentes. Por una parte, se encuentra la fundamentación teórica de la investigación, que permite prever cuáles son los procedimientos que empleará el sujeto para la realización de la tarea. Por otra parte, está la experiencia del investigador en ésta, el conocimiento que, mediante un previo *análisis de tarea*, ha adquirido sobre los requerimientos de la misma.

Luego de la codificación, finalmente, se discuten los resultados a la luz de las teorías involucradas en la investigación en la que se ha insertado el análisis de protocolo.

### Un caso en el que se aplicara el Análisis de Protocolo

En lo que sigue, expondremos –resumidamente– un caso en el que se aplicó el análisis de protocolo para inferir procesos cognitivos. Para facilitar la comprensión de la experiencia que se relatará, ofrecemos a continuación un ejemplo de Problema Algebraico Literal Aplicado (PALA).

Un auto parte de Trujillo hacia Mérida. Debido a la neblina encontrada en el camino se ve obligado a reducir la velocidad a la cuarta parte de la velocidad original, llegando a Mérida con 3 horas de retraso. Si la neblina hubiera aparecido 30 Km. más cerca de Mérida, el retraso habría sido de una hora  
¿Cuál era la velocidad inicial del auto?<sup>1</sup>

La solución de este problema se encuentra o se facilita mediante el diseño de una ecuación inicial como **30 Km. =  $\frac{1}{4}$  Vi (Ti +2 Hs)**; Donde 30 Km. es la distancia entre el lugar en el que inicialmente apareció la neblina y el lugar en el que pudo haber aparecido, **Vi** es la velocidad inicial del auto,  $\frac{1}{4}$  **Vi** la velocidad

con la que el auto recorrió el trozo de camino nublado, **Ti** es el tiempo que habría tardado el auto en recorrer los 30 Km. si no hubiese aparecido la neblina y **2 Hs** es el retraso adicional del auto debido a los 30 Km. adicional de neblina en relación con la que pudo encontrar.

Nótese que el enunciado contiene una interrogante para cuya respuesta debemos razonar (por lo que es un *problema*), su resolución se posibilita o facilita con el diseño de ecuaciones (por lo que es *algebraico*), su enunciado contiene exclusivamente palabras y símbolos de variables y valores (por lo que es *literal*) y los referentes de sus enunciados son entidades ajenas al campo matemático (por lo que es *aplicado*).

### **Objetivos, fundamentos y fases de la investigación**

La investigación, la cual exponemos detalladamente en otro lugar (Requena, 2000), tuvo -como ya se indicara en la introducción- el propósito de determinar la influencia de la estructura proposicional del enunciado de los PALAs sobre los procesos cognitivos involucrados en el diseño de las ecuaciones gracias a las cuales se resuelve tal tipo de problemas.

Los fundamentos principales de la investigación fueron: (a) la concepción constructivista de la lectura (García-Madruga, 1995; García-Madruga y Luque, 1993; León, 1991<sup>a</sup>, 1991b), la cual considera que el proceso de comprensión de la lectura es doblemente interactivo: participa en él, en forma interrelacionada, información de diversos niveles (léxica, sintáctica, semántica y pragmática), viéndose así condicionado por factores del texto y del sujeto; (b) el Modelo de Estructura de Texto de Kintsch (1987) y Kintsch y Van Dijk (1978), el cual afirma que todo texto posee tres estructuras: una microestructura, una superestructura y una macroestructura, y que la comprensión de un texto consiste en procesar la micro y la superestructura para aprehender la macroestructura; (c) el Modelo de los Niveles de un Problema de Newell y Simon (1972) y Rimoldi (1984), según el cual todo problema tiene tres niveles de realidad: el nivel lingüístico, el nivel significativo o de contenido y el nivel lógico o conceptual, y que comprender un problema consiste en procesar el nivel lingüístico y el nivel significativo para acceder al nivel lógico; (d) la concepción cognitivista de comprensión de problemas algebraicos (Davis-Dorsey y cols, 1991; Mayer, 1981; 1982; 1992), de acuerdo con la cual la comprensión de un problema matemático verbal es considerada como un proceso de construcción de la representación de la situación problemática, representación que identifica el nivel lógico o conceptual del problema; y (e) el planteamiento teórico-metodológico de Ericsson y Simon (1993) sobre análisis de protocolo.

Para lograr su propósito, la investigación se dividió en dos fases. En la *Fase 1* se realizó un *análisis proposicional* de los enunciados de una muestra de 109 PALAs: los contenidos en las pruebas de las Olimpiadas Matemáticas Venezolanas realizadas por el Centro para el Mejoramiento de la Enseñanza de la Ciencia (CENAMEC) desde el año 1976 hasta el año 1998 (CENAMEC, 1983;

1992). Además de otros hallazgos, esta fase permitió identificar en los enunciados la existencia de cuatro distintas **estructuras proposicionales**. De acuerdo con estas estructuras, los PALAs fueron **clasificados** según la siguiente denominación: *PALA de Relaciones Explícitas*, *PALA de Datos*, *PALA de Relaciones Explícitas y Datos*, y *PALA de Proposiciones Guías*. En la *Fase 2*, a una muestra de sujetos (3 de los 7 estudiantes de 5º Año de Educación, Especialidad Matemática y Física de la Universidad Católica Andrés Bello) se les presentó un ejemplar de cada una de las cuatro clases de PALAs de la clasificación elaborada en la *Fase 1*. Los sujetos, durante la resolución de los problemas, verbalizaron su pensamiento. A los reportes verbales se les realizó un **análisis de protocolo**, con la intención de identificar los *procesos cognitivos involucrados en la representación algebraica de cada clase de PALA*.

### Procedimiento

El procedimiento que se siguió en la segunda fase de la investigación, en función de realizar un análisis de protocolo válido y confiable, correspondió con el descrito por Ericsson y Simon (1993): determinación de las categorías de análisis (fundamentada en la literatura y la experiencia obtenida en la *Fase 1*, calentamiento de los sujetos, grabación de la verbalización (de niveles 1 y 2 y en forma simultánea a la resolución de problemas, con una indagación general y no dirigida), transcripción fiel de la verbalización grabada, segmentación de la grabación en unidades significativas y codificación de cada segmento.

### Resultados

Además de otros hallazgos no buscados, el análisis de protocolo permitió identificar los siguientes conjuntos de procesos cognitivos: (a) trece procesos de uso general en resolución de problemas; (b) nueve procesos de uso general en PALAs y (c) siete procesos de uso específico en las distintas clases de PALAs. De ellos, algunos son procesos propiamente cognitivos y otros, metacognitivos; y se observó que cumplen diferentes funciones: algunos son procesos requisitos para la ejecución de otros; otros, son procesos de avance en la determinación de la solución; otros, son estrategias de comprensión del problema y otros, son estrategias de planificación y control.

Por razones de espacio, no definiremos los veintinueve procesos inventariados, ni señalaremos los fragmentos de verbalización en los que se identificaron. Nos limitaremos a nombrarlos.

Los trece procesos identificados de uso general en resolución de problemas son: *análisis medio-fin*, *atención a la incógnita*, *copia como repaso de mantenimiento*, *estrategia de comprensión analítica*, *operación*, *parafraseo*, *razonamiento analógico*, *razonamiento estratégico*, *reconocimiento de dificultad*, *relectura*, *revisión de razonamiento*, *reconocimiento de objetivo* y *toma de decisión*.

Los nueve procesos identificados de uso general en resolución de PALAs son: *aplicación de esquema matemático*, *codificación algebraica de relación*,

*codificación algebraica de variable, codificación visual, deducción de relación matemática, interpretación de codificación visual, razonamiento aritmético, recuperación de conocimiento sobre problemas algebraicos y recuperación de esquema matemático preposicional.*

Los siete procesos identificados de uso específico en las distintas clases de PALA son: (a) de uso en los PALAs de Relaciones Explícitas: *reconocimiento de relación matemática*; (b) de uso en los PALAs de Datos: *reconocimiento de datos, reconocimiento de condición, recuperación de conocimiento semántico e inferencia de relación analítica*; (c) de uso en los PALAs de Relaciones Explícitas y Datos: la unión de los procesos anteriores, es decir, *reconocimiento de relación matemática, reconocimiento de datos, reconocimiento de condición, recuperación de conocimiento semántico e inferencia de relación analítica* y (d) de uso en los PALAs de Propositiones Guías: *reconocimiento de relación matemática, reconocimiento de dato, reconocimiento de condición e inferencia de relación analítica*. Entiéndase que en todos los PALAs, independientemente de la clase a la que pertenece, procesos de los tres niveles de generalidad, pero en cada clase se emplean uno o varios procesos –claves para su solución– que tienen pertinencia específicamente en dicha clase. Estos últimos son los que se han señalado en este párrafo.

Identificar estos siete procesos cognitivos específicos para las distintas clases de PALA, permitió a la investigación concluir que la superestructura del nivel lingüístico de los PALAs, esto es la estructura proposicional de sus enunciados, ejerce influencia sobre los procesos cognitivos activados durante su representación algebraica. Tal hallazgo constituyó el logro del objetivo general de la investigación.

Desde el punto de vista teórico, los resultados de la investigación constituyeron un apoyo empírico de las teorías sobre las que se sustentó la investigación, y una ampliación del campo de aplicación de las mismas. Igualmente, las conclusiones apuntan hacia un conjunto de implicaciones educacionales. Discusión detallada de tales implicaciones teóricas y educacionales se encuentra en Requena (2000).

## **Conclusiones**

De la exposición ofrecida sobre la técnica del análisis de protocolo y de su aplicación particular en el caso de la resolución de PALAs, se puede concluir lo que sigue.

1. Existe una variedad de verbalizaciones y de indagaciones del pensamiento. Si se desea lograr un reporte verbal válido, es preferible solicitar una verbalización de niveles 1 y 2 y en forma simultánea mejor que en retrospectiva y ayudar a que los sujetos tomen conciencia de los procesos que han aprendido a realizar automática o compiladamente. Para ello, la indagación debe ser general o específica no dirigida y el sujeto debe recibir un calentamiento.

2. La validez y confiabilidad de un análisis de protocolo se asegura por las condiciones de la verbalización anteriormente descritas y por el procedimiento que se siga en la técnica; si se determina previa y fundamentadamente las categorías de análisis, se transcribe lo más semánticamente fiel posible el reporte grabado y se codifica cada unidad significativa del reporte, la validez y la confiabilidad del análisis pueden asegurarse. Ello se mostró en el caso de la indagación sobre los procesos cognitivos empleados en la resolución de las distintas clases de Problemas Algebraicos Literales Aplicados.

### Referencias bibliográficas

- 1 PUENTE, A., L. Poggioli y A. Navarro (1989). Psicología Cognoscitiva. Desarrollo y Perspectivas. Caracas: McGraw Hill.
- 2 DE VEGA, M. (1984). Introducción a la Psicología Cognitiva. Madrid: Alianza.
- 3 HERNÁNDEZ, G. (1998). Paradigmas en Psicología de la Educación. México: Piadós.
- 4 AFFERBACH, P. (1988). Preservice teachers us think-aloud protocols to study writing. Language Arts. 65 (7), 693-701.
- 5 LINDSAY P. y D. Norman (1977). Procesamiento de Información Humana. Una Introducción a la Psicología. Madrid: Tecnos.

- 6 ALBRECHTSEN, D. (1997). One writer two languages: a case study of a 15-year-old student's writing process in Danish and English. *International Journal of Applied Linguistics*. 7 (2), 223-250.
- 7 FONTAINE, S. (1989). Using verbal reports to learn about children audience awareness in writing. *Educational Research Quaterly*. 13 (3), 26-35.
- 8 HYNDS, S. (1989). Bringing life to literature and literature to life: social constructs and contexts of four adolescent readers. *Research in the Teaching of English*. 23 (1), 30-61.
- 9 KUKAN, L. e I. Beck. (1996). Four fourth graders thinking aloud: an investigation of genre effects. *Journal of Literacy Research*. 28 (2), 259-287.
- 10 PIERIE, S. y T. Kieren. (1989). A recursive theory of mathematical understanding. *For the Learning of Mathematics-An International Journal of Mathematics Education*. 9 (3), 7-11.
- 11 SHILL, M. (1996). An assessment protocol for selective mutism: analogue assessment using parents as facilitators. *Journal of School Psychology*. 34 (1), 1-22.
- 12 STRICKLAND, J. (1989). How the student writer adapts to computers: a first-year student protocol. *Computers and Composition*. 6 (2), 7-22.
- 13 ERICSSON, K. y H. Simon (1993). *Protocol Analysis*. Cambridge: The MIT Press.
- 14 ATKINSON, R. y R. Shiffrin (1968). Human Memory: a proposed system and its control process. *The Psychology of Learning and Motivation*. (2), 89-192.
- 15 REQUENA, M. (2000). *Resolución de Problemas de las Olimpiadas Matemáticas Venezolanas*. Procesos Cognitivos. Caracas: UCAB – Fundación Polar.
- 16 GARCÍA-MADRUGA, J. (1995). Procesos Cognitivos en la Comprensión del Discurso: el Procesamiento de Textos. En M. Carretero, J. Álvarez y P. Bernal (Eds.) *Razonamiento y Comprensión*. Madrid: Trohatt.
- 17 GARCÍA-MADRUGA, J. y J. Luque. (1993). Estrategias en la comprensión y memoria de textos. En Navarro, G. (Ed.) *Aprendizaje y Memoria Humana*. México: McGraw Hill. (pp. 303-338).
- 18 LEÓN, J. (1991). La mejora de la comprensión lectora: un análisis interactivo. *Infancia y Aprendizaje*. 56, 5-24.
- 19 LEÓN, J. (1991). Intervención en estrategias de comprensión: un modelo basado en el conocimiento y aplicación de la estructura del texto. *Infancia y Aprendizaje*. 56, 77-91.
- 20 KINTSCH, W. (1987). Understanding word problems: Linguistic factors in problem solving. En M. Nagao (Ed). *Language and Artificial Inteligence*.

Elsevier Science Publishers. B.V. Holanda. (pp. no referidas por Míguez, 1993).

21 KINTSCH, W. Y T. Vandijk. (1978). Toward a model of text comprehension and production. *Psychological Review*. 85, 363-394.

22 NEWELL, A. y H. Simon. (1972). *Human Problem Solvin*. New Jersey: Prentice Hall.

23 RIMOLDI, H. (1984). Sobre solución de problemas: teoría, metodología y experimentación. *Revista de Psicología General y Aplicada*. 39 (1), 77-96.

24 DAVIS-DORSEY, J., S. Ross y G. Morrison. (1991). The role of Rewording and context personalization in the solving of mathematical word problems. *Journal of Educational Psychology*. 83 (1), 61-68.

25 MAYER, R. (1981). Frequency norms and structural analysis of algebra story problems into families, categories y templets. *Instructional Science*, 10, 135-175.

25 MAYER, R. (1982). Different Problem-Solving Strategies for Algebra Word and Equation Problem. *Journal of Experimental Psychology*. (5), 448-462.

26 MAYER, R. (1992). Cognition and Instruction: Their Historic Meeting Within Educational Psychology. *Journal or Educational Psychology*. 84 (4), 405-412.

27 Centro Nacional para el Mejoramiento de la Enseñanza de la Ciencia. (1983). *Un Desafío a la Juventud*. Caracas.

28 Centro Nacional para el Mejoramiento de la Enseñanza de la Ciencia. (1992). *Un Desafío a la Juventud*. II. Caracas.