

ESTRUCTURAS E IMÁGENES EN LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

HORACIO J.A. RIMOLDI

En este artículo intentaré generalizar sintetizando los resultados obtenidos al estudiar la solución de problemas en distintas áreas de conocimiento. Ello nos llevará a hacer ciertas consideraciones teóricas con relación a la labor interdisciplinaria y a la función que corresponde a la variable orden en el estudio de procesos. Estos estudios fueron realizados en los Estados Unidos y en la Argentina, en ambos casos por períodos de aproximadamente 25 años de duración.

En más de un centenar de estudios se investigó el proceso que sujetos, de diferentes edades, sexo y niveles educacionales, realizaban para resolver problemas. Los sujetos examinados pertenecían a diferentes países (U.S.A., Argentina, Canadá, Israel, Suiza, Uruguay) así como a grupos aborígenes. Parte de estos estudios coinciden con los resultados obtenidos por otros investigadores mientras que otros discrepan. Lo importante no radica en que sean opiniones diversas, sino en cómo las mismas, siendo ellas divergentes reordenan nuestros conocimientos facilitando la comprensión. Como lo expresarían algunos teóricos de la ciencia, lo importante es reordenar el saber para reducir la entropía inherente al desorden que acompaña a lo desconocido.

Sería imposible citar y/o comentar la impresionante cantidad de estudios sobre el tema que nos ocupa. Sin embargo, y por aquello que dice: conoced vuestros fines por vuestros principios, -"your ends by your beginnings know"- quiero recordar que antes de la década del cincuenta y sin considerar los que estudiaron el problema desde hace muchos siglos (no debemos olvidar, como lo señala H. Eco, que los esfuerzos por mejor conocer los mapas cognitivos son parte del "conócete a ti mismo") algunos de nuestros predecesores hicieron preguntas y sugirieron explicaciones que parecen estar hoy olvidadas. Para mencionar a algunos de ellos citaré a Köhler, Duncker, Wertheimer, Bartlett, Bloom, Luria, Vigotsky, Piaget, Spearman, Bertalanffy y muchos más que olvido. Ellos hicieron preguntas, e inventaron métodos y sugirieron explicaciones que siguen siendo valiosos jalones científicos.

Fue en Princeton, New Jersey, en 1953 donde comenzamos a estudiar las preguntas y/o acciones que un sujeto realiza al intentar resolver un problema, teniendo muy especialmente en cuenta el orden en que las mismas ocurren en la secuencia que identificaremos con el término "táctica", que implica "el procedimiento realizado para lograr un fin". Nuestras primeras investigaciones intentaban averiguar cómo médicos y estudiantes de medicina organizaban el diagnóstico de casos reales, cuando se les dejaba totalmente libres para proceder como lo desearan sin interferencias del investigador. Dentro de los límites de la situación experimental, el sujeto es un activo buscador, seleccionador y organizador de la información que cree necesaria para lograr un diagnóstico (Rimoldi, 1955, 1960, 1961).

Conjuntamente con mis colaboradores exploramos la solución de problemas de todos los días, de problemas matemáticos y de lógica, la relación entre solución de problemas y aprendizaje, cómo expertos en el test de Rorschach procedían en el diagnóstico de casos clínicos, así como las diferencias entre sujetos normales y esquizofrénicos en la solución de ciertos problemas. A ello se agregó el estudio de la relación entre procesos cognitivos y deficiencias visual y acústica y la relación entre tácticas de resolución de problemas y variables como edad, nivel educacional, etc. Otros estudios exploraron la posible relación que podría existir entre ciertos índices del sistema nervioso autónomo, a saber: frecuencia cardíaca, presión arterial, registro electrocardiográfico, y la adquisición de información- válida o no válida- en relación con las características del proceso de solución. A esto se agregaron varias disertaciones doctorales que investigaron la relación entre solución de problemas y ciertas drogas, principalmente clorpromazina, acetilcolina y fisiostigmina. La invención de un aparato (PSI Apparatus) nos permitió investigar cómo físicos de la Universidad de Chicago, resolvían problemas de creciente complejidad lógica y la relación que ello tenía con un tempo personal. Lamentablemente, estas investigaciones se vieron interrumpidos por razones ajenas a nuestro control y cesaron a comienzos de la década del 70. Esta cantidad de estudios fue posible gracias al generoso apoyo que recibimos de la "National Science Foundation", el "U.S. Department of Health Education and Welfare", el "Commonwealth fund of New York", el "Department of Mental Health of the State of Illinois", la "Parmlee Foundation", la "Ford Foundation", la "Guggenheim Foundation", el "Educational Testing Service" y las Universidades de Chicago y de Loyola (USA). A todos ellos va mi público agradecimiento así como a los brillantes colaboradores y alumnos que en todo momento contribuyeron con ideas claras y fecundas a completar un programa de investigaciones cuyos resultados aparecieron en artículos de revistas, monografías e informes de investigación.

Fue entonces posible, al intentar generalizar los resultados obtenidos, considerar que un problema puede ser concebido como la representación concreta de una estructura subyacente, estructura que contiene elementos relacionados entre sí, susceptibles de ser operados en diferentes formas. Una posible hipótesis sería la de que la solución de un problema requiere la identificación de sus componentes, de su interrelación y la realización de aquellas operaciones que hagan posible dicha solución. La enunciación de los resultados que presentaremos a continuación están basados en esta suposición o, mejor dicho, una forma de explicarlos sería la que ofrece la hipótesis precedente. Sin embargo, la existencia de otros componentes no puede ni debe ser ignorada aún incluyendo la influencia del azar y de aproximaciones no conformables con la lógica conocida pero que al crear nuevos órdenes incrementan el mejor ordenamiento de lo conocido. Y allí está el elemento renovador que hace posible el avance de las ciencias.

Secuencias ordenadas de componentes en la evaluación de tácticas

Como fue descrito en varias publicaciones que aparecieron alrededor del año 1955, el método empleado para evaluar las tácticas fue el siguiente: Se entregaba a cada sujeto una colección de tarjetas en una de las cuales se presentaba el problema. En las restantes figuraban por escrito las preguntas que el sujeto podría desear efectuar para lograr una solución. Las respuestas a cada pregunta eran suministradas en el reverso de la tarjeta correspondiente. Dichas respuestas podían, según el caso, ser presentadas verbalmente, gráficamente, o por medio de símbolos abstractos y en el caso de problemas médicos incluir radiografías, protocolos de análisis, etc.

Se solicitaba al sujeto que después de averiguar cuál era el problema a resolver seleccionara, una cada vez, aquella tarjeta en la que figuraba la pregunta que en ese momento deseaba hacer y que una vez obtenida la respuesta procediera eligiendo la siguiente pregunta que él deseara efectuar y así sucesivamente hasta lograr lo que él consideraba una solución del problema, o bien

entonces se declaraba incapaz de lograrla. En ningún momento se interfería con el proceso que el sujeto realizaba según su voluntad.

Esta forma de presentación que facilita el control experimental limita, al mismo tiempo, las preguntas que el sujeto podría desear realizar. Otros procedimientos reducen al mínimo este inconveniente evitando así los efectos de un posible "cueing" que, lamentablemente, está presente en muchas técnicas de evaluación. En algunos casos se presentan objetos, o dibujos, colores, fotografías, etc. Es decir, el contexto dependerá de las circunstancias, pero en todos los casos el sujeto es completamente libre de proceder de la manera que crea más adecuada, sin ningún tipo de intervención ajena, lo que en última instancia daría como resultado una táctica probablemente diferente a la que el sujeto hubiera deseado realizar (Barrows & Tamblyn, 1976, 1977, 1960; Distlehorst & Barrows, 1982; Gale & Marsden, 1982; Helfer & Slater, 1971; Marshall, 1983; Rimoldi, Meyer, R., Maeyer, M. & Fogliato, 1962b; Rimoldi, Haley & Fogliato, 1962c; Rimoldi, Fogliato, Erdmann & Donnelly, 1964; Clyman, 1991; Velosky, 1992; Rimoldi, 1993).

Supondremos que las tácticas son representaciones concretas, o mapas, del correspondiente proceso psicológico, o si lo preferís, mental. Cada táctica contiene: a) cantidad y tipo de pregunta, b) orden en que las preguntas aparecen en la táctica y c) intervalo temporal entre las preguntas sucesivas, así como la respuesta final y las soluciones tentativas que pudieran ser enunciadas durante el proceso.

Por analogía con el concepto de sistemas de medida "measure-systems", objetos y acontecimientos según los definiera A.N. Whitehead y considerando que: "los objetos son entidades que podemos reconocer y reencontrar" mientras que "un acontecimiento pasa y se fue", la misma pregunta puede representar diferentes acontecimientos según su orden de aparición y según el resto de las preguntas formuladas. La entidad es la misma pero el acontecimiento cambia, de manera que en dos o más secuencias con diferente ordenamiento de los mismos componentes, la misma pregunta representará acontecimientos diferentes y, por ende, tendrá diferente significación. Dos o más tácticas conteniendo los mismos componentes sólo serán idénticas, sí y sólo sí, ambas tienen semejanza, tanto ordinal como cardinal. Bertrand Russell claramente enunció que "ordinal similarity is a stronger concept than cardinal similarity and implies it", o sea que la semejanza ordinal es un concepto más fuerte que el de la semejanza cardinal y la implica.

En el estudio de los procesos, y de acuerdo con el significado de la palabra proceso, el componente ordinal es de gran interés y su evaluación ha sido para nosotros un reto que ha requerido diversas aproximaciones en pos de lograr una satisfactoria solución. Es interesante anotar que ya en el año 1670 Pascal en sus "Pensées" dijo que: "Les mots diversement rangés font un divers sens, et les sens diversement rangés font différent effets" y que H. Poincaré dijera que: "en las demostraciones matemáticas el orden en el que se colocan los elementos es mucho más importante que los elementos mismos", y me atrevo a decir que en materia de evaluación psicológica ese orden es raramente considerado y casi nunca considerado en justa proporción.

El tratamiento del componente serial en una táctica requiere el desarrollo de aproximaciones metodológicas que consideren el orden como una variable que no puede ni debe ser ignorada. Requeriría mucho espacio presentar los diversos procedimientos empleados. Desde fines de la década del 50 estamos utilizando análisis multivariado de información, lo que hace posible evaluar la información adquirida, o incertidumbre reducida, resultante de la respuesta a una pregunta dada según el orden en que ello ocurre en la táctica. En término de normas previamente establecidas, sean éstas el resultante de observaciones previas, o de consideraciones de índole lógica, etc., es factible evaluar cada táctica observada. Si el problema fue construido "ad hoc" siguiendo criterios específicos, por ejemplo según un determinado sistema de relaciones lógicas, las normas pueden ser determinadas en términos del sistema relacional subyacente. De otra manera, y dado que en la mayoría de los problemas se desconoce la estructura subyacente, es posible, para cada problema, determinar tantas normas como se crea conveniente, utilizando para ello los resultados

obtenidos, mediante grupos de expertos o en término de otros criterios, según el caso (Rimoldi, Haley & Fogliato, 1962c; Rimoldi, Erdmann & Donnelly, 1964; Rimoldi & Haley, 1993).

De lo anteriormente expresado surge que la respuesta a una pregunta en un diagnóstico médico o psicológico o psiquiátrico, reducirá diferentemente la incertidumbre según cuándo y dónde se de en la táctica, según las normas utilizadas en la evaluación, según la familiaridad del sujeto con la forma en que el problema se presenta y así sucesivamente. Es decir, el mismo síntoma representará diferentes acontecimientos según cuándo y dónde el mismo aparece en la táctica. Una situación similar ocurre en la solución de otros problemas sean éstos de contenido abstracto (en lógica y matemática por ejemplo) o de contenido concreto. Obviamente todo ello dependerá de cómo cada sujeto organiza el proceso de solución. Pero es más: dados dos grupos de sujetos, por ejemplo las tácticas diagnósticas de médicos argentinos y estadounidenses, la correlación entre las preguntas es baja si se considera el orden en que ellas ocurren en la táctica, y muy alta si este orden se ignora. Y una situación semejante se ha observado con otros problemas y otras muestras de sujetos.

En la situación experimental empleamos tácticas para saber algo sobre los procesos. Consecuentemente se supone, como lo indicamos anteriormente, que la relación entre lo observado y el correspondiente proceso es del tipo uno-uno o muchos-uno. Si fuere del tipo uno-muchos, la posibilidad de conocer los procesos a través de la táctica sería prácticamente nula.

De lo señalado surge que tanto el concepto de secuencia o arreglo seriado así como las reglas de correspondencia entre las tácticas y los procesos, son elementos cruciales a considerar en la evaluación de procesos cognitivos. También se desprende que dada una colección de tácticas que contengan los mismos elementos podremos sólo considerarlas idénticas, sí y sólo sí, el orden de los elementos es el mismo en todas ellas. Una pregunta tiene de por sí un cierto valor, pero al considerar su lugar de orden en la táctica se vuelve, según Whitehead, un acontecimiento. Consecuentemente la misma pregunta representará diferentes acontecimientos y son los acontecimientos los componentes a considerar en la evaluación de un proceso (Nagel & Newman, 1956; Russell, 1945).

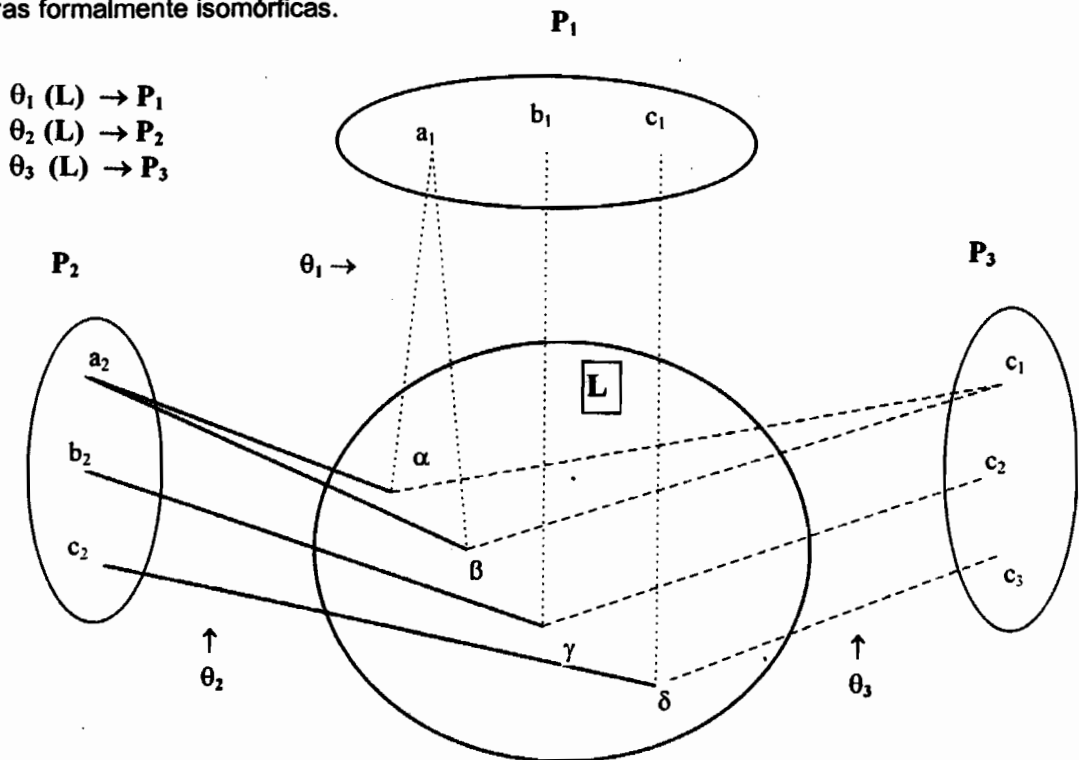
Los procesos en evolución pueden ser considerados como unidades orgánicas que se mueven hacia una meta siguiendo un cierto plan. Es este plan el que establece relaciones, define invariantes, usa transformaciones y otras operaciones que componen la unidad orgánica en cuestión. Consecuentemente podríamos definir un proceso como una colección ordenada de acontecimientos que van hacia una cierta meta. Esta finita secuencia de acontecimientos es un mapa, o si se prefiere, una representación del subyacente proceso mental. Ello puede expresarse gráfica y cuantitativamente utilizando como técnica el análisis multivariado de información. Es para mí motivo de satisfacción que en forma independiente y partiendo de diferentes premisas, la reciente teoría llamada PASS también llama la atención a la planificación, y a la importancia de la secuencia temporal en el estudio de los procesos cognitivos.

Mapas de estructuras y comprensión de problemas

Al estudiar las tácticas empleadas por niños de corta edad para resolver problemas que involucraban conceptos y operaciones matemáticas por ellos desconocidos, presentados en un lenguaje corriente, no abstracto, nos encontramos con que las preguntas que formulaban estaban claramente relacionadas con los elementos y las relaciones de la estructura matemática subyacente. Estas observaciones que ocurrieron hace largo tiempo no fueron publicadas pero sí fueron el estímulo que nos llevó a formular un programa de investigación (Rimoldi, Haley, Fogliato & Erdmann, 1963).

Formalmente considerada una estructura consiste en elementos, relaciones y operaciones. El mapa de estos componentes puede hacerse utilizando diferentes tipos de representaciones o

símbolos, o en términos más generales, imágenes -donde la palabra imagen significa: "Algo concreto o abstracto que representa otra cosa a la que se asemeja o sugiere" o, como lo define el diccionario de la Real Academia, "Figura, representación, semejanza y apariencia de una cosa". Consecuentemente palabras, símbolos, dibujos, sonidos, etc. son imágenes de objetos o conceptos abstractos. En problemas construidos "ad-hoc" sobre estructuras predeterminadas podemos distinguir: a) su estructura formal y b) su representación. Cambiando las imágenes pero manteniendo constante las estructuras es posible desarrollar familias de problemas formalmente isomórficos. Entre los componentes de estas familias la correspondencia será de tipo uno-uno independientemente de la imagen utilizada. Problemas formalmente isomórficos presentados utilizando diferentes imágenes permiten evaluar la dificultad de los símbolos empleados, y problemas basados en diferentes estructuras pero presentados utilizando el mismo tipo de imágenes permiten evaluar la dificultad de las estructuras que subyacen a los problemas. Es claro que no todas las posibles imágenes permiten expresar todas la estructuras y que la creación de imágenes para mejor comprender la estructura formal subyacente es un capítulo de reconocida importancia, tanto en actividades científicas como artísticas, como lo señalaran entre otros R. Huygue y A. Einstein. Surge de esto que el mismo sistema de relaciones puede estar en la base de muy diferentes problemas, diferencia resultante de las imágenes empleadas para representar estructuras formalmente isomórficas.



P_1 , P_2 y P_3 son problemas con tres elementos cada uno correspondientes a la estructura lógica L .

Figura 1.- Correspondencia entre problemas isomórficos

En la figura 1 se presenta un ejemplo esquemático y muy simplificado de la correspondencia entre una estructura y tres diferentes mapas de la misma. Por analogía con la idea de función como la de una regla que asigna a cada elemento en la estructura una única imagen en el problema,

P1, P2 y P3 representan tres diferentes problemas o tres diferentes mapas de la estructura que en la figura se identifica con la letra L. Uno de los problemas podría ser de contenido médico, el otro de física y el otro de economía, todos ellos formalmente isomórficos presentando una relación de tipo uno-uno entre sus elementos.

La situación antes señalada puede no ser posible con todos los tipos de imágenes que se podrían emplear de manera que: "la elección de un lenguaje para expresar una estructura puede, en ciertos casos, estar reducida a un limitado número de posibilidades" (Rimoldi, 1967, 1969, 1971, 1973, 1984a, 1984c; Rimoldi, Aghi & Burger, 1968).

En problemas construidos sobre estructuras predeterminadas es posible establecer su dificultad en términos de la teoría de la información. Pero en la mayoría de los casos la estructura subyacente es desconocida. En tal situación la dificultad inherente al problema puede ser aproximada examinando las tácticas que realizan grupos de sujetos determinados, por ejemplo expertos en el tema, o por medio de otras consideraciones establecidas "a priori". Ello significa que la táctica de cada sujeto puede ser evaluada en función de diferentes normas. Actualmente hemos computarizado el procedimiento de manera que la táctica de cada sujeto puede ser evaluada en términos de las normas disponibles. Ello, a su vez, hace posible averiguar cómo un sujeto coincide o discrepa con ciertas normas. En la figura 2 se presentan las curvas de rendimiento correspondientes al diagnóstico médico de un estudiante de medicina evaluado en función de cuatro normas diferentes. El caso allí presentado, muestra que la táctica seguida se acerca más a la de un grupo de cirujanos que a la de un grupo de clínicos.

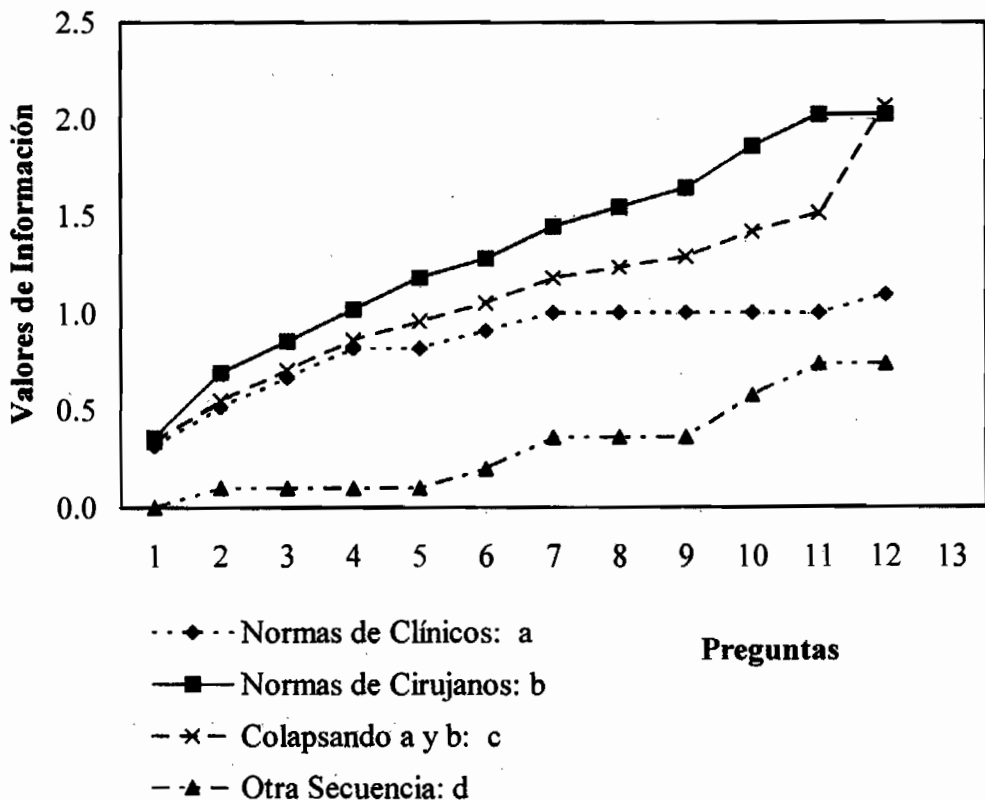


Figura 2.- Curvas de rendimiento para la misma táctica cuando esta es evaluada en términos de Normas de Clínicos (a), Normas de Cirujanos (b) y normas obtenidas al unificar las normas de Clínicos y Cirujanos. En la última curva (d) las mismas preguntas fueron realizadas en una secuencia diferente

Dificultad intrínseca y dificultad extrínseca

En cuanto a dificultad se refiere es posible distinguir entre: 1) la dificultad intrínseca del problema, que depende de la estructura formal subyacente y es, por ende, idéntica para todos los problemas formalmente isomórficos, 2) la dificultad extrínseca, que depende esencialmente del contexto del problema en cuestión y del conocimiento, por parte del sujeto, de las imágenes empleadas. Por ejemplo, problemas en diferentes ciencias pueden tener idéntica dificultad intrínseca, desde que el sistema de relaciones entre los elementos es idéntico y sin embargo la dificultad extrínseca puede variar considerablemente según los sujetos en cuestión. El significado específico de los símbolos de una cierta ciencia puede hacer imposible para una persona resolver un problema formalmente isomórfico con otro que, presentado en otro contexto, puede fácilmente resolver. En un cierto sentido esto es aquello que señala la expresión italiana "traduttore traditore".

Nuestra experiencia con grupos étnicos diferentes (Tobas, Ayoreos, Mapuches) demostró que si un problema de una estructura y dificultad intrínseca dada era presentado en un lenguaje familiar, las tácticas observadas eran idénticas a las realizadas por sujetos estadounidenses y argentinos. (En el caso que mencionamos el problema era presentado por medio del dibujo de un bosque en el que se había perdido un caballo. El sujeto debía encontrarlo siguiendo los senderos que figuraban entre los árboles, pudiendo averiguar si el caballo había pasado por uno de esos senderos, levantando una tapa debajo de la cual figuraban las pisadas del animal. Debo mencionar que los senderos habían sido diseñados de acuerdo a estructuras lógicas de diferentes niveles de dificultad).

Estas observaciones tienen, entre otras, connotaciones educacionales, especialmente en aquello que se refiere al tipo de imagen a utilizar al presentar un problema para facilitar la comprensión del sistema relacional involucrado y tal vez transferir de un contexto a otro, más abstracto, como por ejemplo en lógica y en matemática. Sería tal vez posible, manteniendo constante la estructura, pasar por sistemas de imágenes progresivamente más abstractos para lograr esa generalización que va al núcleo del entendimiento, y utilizar el método en el adiestramiento de niños para operar y entender sistemas relacionales complejos, más allá de presentaciones concretas.

El tipo de representación empleado para hacer el mapa de una estructura tiene relación con la labor interdisciplinaria en la que los diferentes símbolos empleados por diferentes ciencias debería tener una relación tipo uno-uno, para evitar el "ruido" que lleva consigo una correspondencia equivocada entre las imágenes empleadas. La invención de nuevos tipos de representación puede facilitar el descubrimiento de nuevas estructuras, y nuevas estructuras pueden requerir la creación de nuevos símbolos, como se da por ejemplo en lenguajes de computación. Es pues importante el desarrollo de sistemas de representación que sean justificables, posean máxima precisión, y mínima ambigüedad.

Una correcta aplicación de los símbolos empleados en lógica y en álgebra como los usados en aritmética, cuando son correctamente empleados, permiten realizar operaciones y descubrir relaciones que no es fácil lograr utilizando palabras o dibujos, para mencionar sólo dos tipos de imagen. Aunque sea verdad lo que menciona A. Huxley al decir: "At its most perfectly pure, scientific language ceases to be a matter of words and turns into mathematics" (en su forma más pura el lenguaje científico deja de usar palabras y se vuelve matemática), es también verdad que el uso de símbolos abstractos no implica necesariamente veracidad científica. Como lo enunciaran E. Nagel y J. Newman "formalization is a tricky business" (formalizar es un peligroso negocio), que cuando está bien empleado sirve a un valioso propósito, pues: "it reveals structure and function in naked clarity" (revela con desnuda claridad estructura y función).

En la labor interdisciplinaria la invención de un adecuado sistema de símbolos es crucial, pero las limitaciones así como las posibilidades inherentes a ello deben ser entendibles y justificables.

La definición de unidades y la introducción de la medición han sido etapas fundamentales en el desarrollo de las ciencias biofísicas y más recientemente en otras ciencias, por ejemplo en las llamadas ciencias sociales. Pero es también cierto que la medición de por sí no es suficiente, pues aplicada erróneamente (como suele ser el caso en algunas investigaciones en estas ciencias) no es una panacea a usar indiscriminadamente. Y aquí se podrían dar muchos ejemplos del cuestionable empleo de paquetes computacionales con el subsecuente uso de operaciones que no justifican sino confunden lo que se intenta dilucidar.

Es interesante apreciar cómo la historia de la ciencia ilustra este problema. Sócrates, en el diálogo "Menon" luego de asegurarse que el niño esclavo conoce el griego, muestra cómo el mismo descubre una compleja estructura matemática. También es bien conocido que en 1202 al introducir Fibonacci, en su tratado sobre el ábaco, el sistema de numeración hindu-arábico, facilitó la realización de operaciones, difíciles si no imposibles de realizar, usando la notación romana. Fue Pascal quien en 1664 le escribió a Fermat, con relación a un cierto problema diciendo "et je vous le diari en latin car le francais n'y vaut rien" (y os lo diré en Latín pues el Francés no sirve para ello) y Descartes inventó el sistema de coordenadas y exploró la relación existente entre geometría y aritmética. Leibnitz y Newton inventaron los símbolos de integración y derivación y más recientemente Goedel creó representaciones que facilitaron la comprensión de muy complejos sistemas de relaciones.

Es innecesario decir que los lenguajes vernáculos cambian con los tiempos para responder al reto que traen nuevas ideas y nuevos desarrollos, y así hoy asistimos a la creación de cada vez más poderosos lenguajes de computación. La invención de imágenes como las empleadas en música y pintura fue analizada, entre otros por R. Huygue en 1965 y hace siglos Leonardo dijo que la pintura era poesía hecha visible. Y para cerrar esta breve incursión histórica Einstein, (Max Planck, 1941) escribió: "Human nature tries to make...a simple and synoptic image of the surrounding world", es decir: La naturaleza humana trata de hacer una imagen sinóptica del mundo que le rodea y así intenta construir una imagen que exprese lo que la "human mind sees in nature" -lo que la mente humana ve en la naturaleza. Y esto está en total acuerdo con las palabras de Whitehead al decir que los humanos trabajan con representaciones de los objetos más que con los objetos mismos. Y, según Vigotsky (1962), "As long as we do not understand the interrelations of thought and word, we can not answer, or even correctly pose, any of the more specific questions in this area", es decir: mientras no se comprenda la interrelación entre los pensamientos y las palabras, no podremos responder, o menos aún plantear ninguna de las más específicas preguntas en el área, (Rimoldi & Bei de Libonatti, 1996).

Imágenes y estructuras en el aprendizaje y en la comprensión

Si a las consideraciones previas se agrega el concepto de diferencias individuales podría llegarse a la conclusión de que, hasta un cierto punto y con las limitaciones necesarias para lograr una exitosa comunicación, sería recomendable permitir que cada sujeto empleara o desarrollara el sistema simbólico que mejor le permitiera expresarse. En este sentido es de gran interés observar los mapas que desarrollan los niños para resolver diferentes problemas, incluidos los de sus juegos. Además antes de llegar a la conclusión de que un sujeto es incapaz de resolver un problema es menester demostrar que no posee el sistema de representaciones o imágenes que lo hagan posible. Algunas de nuestras investigaciones muestran que complejos problemas que involucran la simetría de polígonos regulares, el concepto de inverso, el descubrimiento de grupos de transformaciones, el concepto de igualdad, etc. son satisfactoriamente resueltos por sujetos, incluyendo niños, que ignoraban la estructura matemática involucrada, si el problema se les

presentaba en términos no abstractos. Los mapas más apropiados no son los mismos en todos los casos y en todas las edades (Rimoldi, Colombo, 1980; Rimoldi, Colombo, Suárez & Gallardo, 1982; Figueroa, 1982).

Un problema de innegable interés es el que se refiere al grado de heterogeneidad que puede existir en la resolución de problemas de acuerdo a la edad de los sujetos. Chance y Fishman dijeron: "change context and you change competence" (cambie el contexto y cambiará la competencia) y en términos similares, para citar sólo algunos, han comentado Berthenthal and Fisher y Vikan (1983), llegando Flavell a escribir que: "no puede negarse la existencia de un alto grado de heterogeneidad pues el ignorarlo sería un retroceso. Al mismo tiempo puede existir más homogeneidad que la que nosotros, los críticos de las teorías de "stage", hemos reconocido" (Hendrikson, 1979; Hiebert, 1981, 1982; Pumfrey, 1984; Richards & Siegler (1981); Tul Viste, 1982; Wilkening 1981; Cohen & Ridelman 1983; Caturelli, 1980; Keil, 1981).

Nuestra experiencia con sujetos de diferentes edades, sexo y nivel cultural reforzarían la idea de que más que rígidos niveles se observa una limitada heterogeneidad en los procesos cognitivos, de manera que más allá de lo debido a niveles de edad, lo específico de cada sujeto debe ser cuidadosamente considerado. Finalmente, podríamos decir que no es correcto evaluar las tácticas cognitivas sólo en función de la estructura del problema y del sistema simbólico empleado. Es apropiado concluir que, más allá de la función de estos componentes, factores de naturaleza no cognitiva pueden contribuir, y contribuyen, a explicar mejor el comportamiento de cada individuo en cada caso (Rimoldi, Insúa & Erdmann, 1988).

La creación de imágenes, símbolos o representaciones, para mejor explorar u operar con estructuras formales de complejidad variada es fundamental tanto en la creación científica como en la artística y cumple un papel de importancia en la creación de nuevos lenguajes de computación. Descubrir y facilitar el desarrollo de esta habilidad es un importante problema educacional que, dada la existencia de diferencias individuales, no puede ser sintetizado en un conjunto de reglas rígidas, aplicables en todos los casos. De todo lo antes expresado podría llegarse a suponer que en la faena de resolver problemas, tanto la estructura como el contexto deben ser considerados. Y esto a su vez implica que, en el caso individual, antes de llegar a concluir que un sujeto es incapaz de resolver un problema basado en una cierta estructura formal, es menester demostrar que no conocemos las imágenes que lo hagan posible.

El descubrimiento o la invención de formas adecuadas de representación debería facilitar las estructuras progresivamente más complejas que requiere el proceso educacional. Podría decirse que la evolución del conocimiento requiere en parte el desarrollo de aquellas representaciones que facilitan la comprensión. Y la creación científica estaría parcialmente relacionada con la mayor o menor habilidad del científico para inventar imágenes apropiadas y sin ambigüedad que permitan expresar el subyacente sistema de relaciones y operaciones que existen entre los componentes del problema que se intenta resolver.

Procesos y respuestas

De acuerdo con nuestra experiencia la relación que existe entre una respuesta y el proceso que la precede no es siempre tan clara como se suele suponer. Como lo dijeran Bloom y Broder años ha, es importante clarificar cómo el conocimiento del proceso ayuda a predecir las posibles respuestas. No hay completa garantía de que la total reducción de incertidumbre termine en una correcta respuesta, ni de que no habiendo reducido totalmente la incertidumbre la respuesta sea necesariamente errónea. Es posible preguntar si un proceso mal planeado puede engendrar una respuesta correcta, en cuyo caso la influencia de factores no cognitivos puede ser significativa. Si ello fuera así cabe concluir que pueden darse respuestas correctas a pesar de no entender

el problema. Las recientes publicaciones sobre el tema señalan la conocida preocupación de los psicólogos educacionales sobre el tema en cuestión.

En un artículo recientemente publicado (Rimoldi & Bei de Libonatti, 1996) presentamos los resultados obtenidos acerca de la interrelación que existe entre procesos y respuestas en problemas contruidos sobre las conectivas lógicas de: conjunción, disyunción exclusiva, disyunción inclusiva, condicional y bicondicional. Los resultados fueron comparados con los obtenidos usando el formato de elección múltiple. Estos últimos se correspondían con aquellos basados en las estructuras lógicas mencionadas. Los resultados refuerzan la idea de que una buena evaluación debe investigar ambos aspectos pues la coincidencia entre procesos y respuestas no es tan exacta como podría suponerse al interpretar los resultados obtenidos con ciertos "tests".

Resumen

En el texto que precede hemos intentado formalizar la relación que existe entre estructuras e imágenes considerando la variable orden. La conceptualización de un proceso como una secuencia de acontecimientos nos lleva a considerar los procesos como unidades orgánicas en evolución dirigidas hacia un cierto "goal" o meta siguiendo un cierto plan.

Hemos diferenciado experimentalmente dos tipos de problemas: aquellos contruidos sobre estructuras predefinidas y aquellos en que dicha estructura es desconocida. Los primeros poseen una complejidad lógica conocida y los segundos requieren para su evaluación grupos de sujetos seleccionados para obtener normas que permitan establecer su dificultad extrínseca, que depende de la estructura, que desconocemos, y del contexto en que se presenta el problema. Así, por ejemplo, un problema en física será fácil para un físico, pero difícil para quien ignore las imágenes que usa la física.

El empleo de la teoría de la información permitió determinar la cantidad de información que despeja cada pregunta, considerando y sin considerar el orden en que la misma ocurre en la táctica. Así la misma pregunta representa diferentes acontecimientos según cuando la misma se da en el proceso de solución y según el resto de los acontecimientos que configuran la táctica. Consecuentemente la evaluación de un proceso requiere conocer las preguntas que el sujeto realiza y su ubicación en la serie. Los resultados señalan que las mismas preguntas en órdenes diferentes tienen diferentes valores (bits) de información. Estas diferencias pueden ser presentadas gráficamente y al acumularlas permiten describir tantas curvas de rendimiento como cambios en la ordenación de las preguntas.

Dado que la misma estructura puede dar origen a diferentes problemas según el sistema simbólico empleado, la relación entre entidades finitas puede ser explorada. Dijo A.N Whitehead: "finite entities are meaningless apart from their relationships beyond themselves" (es decir: las entidades finitas carecen de significado de no considerar las relaciones que mantienen fuera de ellas mismas), agregando más adelante que: "every entity is only understood in terms of the way in which it is interwoven with the rest of the universe" (es decir: sólo se entiende una entidad al considerar como está entrelazada con el resto del universo), lo que tiene directa implicación en la faena interdisciplinaria. Y estas relaciones se logran con el empleo de las más completas abstracciones que son: "the true weapons with which to control our thoughts of concrete facts" (o sea, que estas abstracciones son los instrumentos con que podemos controlar nuestros pensamientos de los hechos concretos).

El grado de formalización y comprensión a que es posible llegar podría depender del empleo de imágenes o representaciones que permitan hacer un mapa de las relaciones que subyacen al problema. Según H. Poincaré "la ciencia es un sistema de relaciones" y "la lógica que proporciona certeza es el instrumento para demostrar mientras que la intuición es el instrumento para inventar".

Es curioso señalar que de ser cierto el epigrama de B. Russell que dice: "pure mathematics is a subject in which we do not know what we are talking about, nor whether what we are saying is true" (la matemática pura es una materia en la que no sabemos de qué estamos hablando, ni si lo que decimos es verdad), él mismo, en cierto modo contradice la aseveración de A. Huxley que escribió: "at its best, scientific language turns from words into mathematics" (el lenguaje científico, en su forma más elevada, pasa de las palabras a la matemática). Pero una estructura matemática, dada su generalidad, puede ser aplicada en muchas ciencias y en muchos problemas. El peligro reside en que el mal uso de sistemas formales lleve a absurdas conclusiones. Dijo L.L. Thurstone: "It is not enough that a scientific finding should work. It should also be sound. It works if it is true to facts, and it is sound if it is true to logic" (o sea, que no basta con que un hallazgo científico funcione, sino que debe además ser correcto. Funciona si es concorde con los hechos y es correcto si se ajusta a la lógica).

Referencias

- Barrows, H.S. & Tamblyn, R.M. (1976). An evaluation of problem-based learning in small groups utilizing a simulated patient. *Journal of Medical Education*, 51(1), 52-54.
- Barrows, H.S. & Tamblyn, R.M. (1977). The portable patient problem pack: A problem-based learning unit. *Journal of Medical Education*, 52(12), 1002-1004.
- Barrows, H.S. & Tamblyn, R.M. (1980). *Problem-based learning: An approach to medical education*. New York, Springer Publishing Company.
- Caturelli, A. (1980). Examen crítico de la Psicología Evolutiva de Jean Piaget y su influencia en la educación. *Psychologica, Revista Argentina de Psicología Realista* N° 4, 65-112.
- Clyman, S.G. (1991). *The National Board of Medical examiners computer-based examination clinical simulation (CBX)*. National Board of Medical Examiners, Philadelphia, Pennsylvania.
- Cohen, A.; Ridelman, D. (1983). Robust Multivariate Analysis for the Comparison of Several Samples. *Multivariate Behavioral Research*, 18(3), 259-274.
- Distlerhorst, L.H. & Barrows, H.S. (1982). A new tool for problem-based, self-directed learning. *Journal of Medical Education*, 57(6), 486-488.
- Figueroa, N.B.L. de (1982). Nota sobre resolución de problemas con relaciones de igualdad-desigualdad en niños de escuela primaria. *Interdisciplinaria*, 3(1), 53-71.
- Gale, J. & Marsden, P. (1982). Clinical Problem Solving: The beginning of process. *Medical Education*, 16(1), 22-26.
- Helper, R.E. & Slater, C.H. (1971). Measuring the process of solving clinical diagnostic problems. *British Journal of Medical Education*, 5, 48-52.
- Hendrickson, A.D. (1979). An inventory of mathematical thinking done by incoming first-grade children. *Journal for research in Mathematics Education*, 12(3), 7-23.
- Hiebert, J. (1981). Cognitive development and learning linear measurement. *Journal for Research in Mathematics Education*, 12(3), 197-211.
- Hiebert, J. (1982). The position of the unknown set and children's solutions of verbal arithmetic problems. *Journal for Research in Mathematics Education*, 13(5), 341-349.
- Keil, F. (1981). Children's thinking: What never develops?. *Cognition*, 10(13), 159-166.
- Marshall, J.R. (1983). How we measure problem-solving ability. *Medical Education*, 17(5), 319-324.
- Nagel, E. & Newman, J.R. (1956). *Gödel's proof. The World of Mathematics*. Newman, J.R. (Ed.) New York, Simon & Schuster, Vol.III, 1668-1695.
- Pumfrey, P. (1984). Piaget: Critique and reassessment. Infancy and epistemology: An evaluation of Piaget's theory. *Bulletin The British Psychological Society*, 37(9).
- Richards, D.D. & Siegler, R.S. (1981). Very young children's acquisition of systematic problem-solving strategies. *Child Development*, 52(4), 1318-1321.
- Rimoldi, H.J.A. (1955). A technique for the study of problem solving. *Educational and Psychological Measurement*, 15(4), 450-461.
- Rimoldi, H.J.A. (1960). Problem solving as a process. *Educational and Psychological Measurement*, 20(3), 449-460.
- Rimoldi, H.J.A. (1961a). The Test of Diagnostic Skills. *Journal of Medical Education*, 36(1), 73-79.
- Rimoldi, H.J.A. (1961b). L'étude des processus psychologiques. *Travail Humain*, (3-4), 225-234.
- Rimoldi, H.J.A. (1967). Pensamiento y lenguaje. Publicación de la Sociedad Española de Psicología, Actas y Trabajos del II Congreso Nacional de Psicología (XI Reunión Anual). 898-99. Madrid.
- Rimoldi, H.J.A. (1967). Thinking and language. *Archives of General Psychiatry*, 17(11), 568-576.

- Rimoldi, H.J.A. (1969). Analysis of the interrelationships between logical structure, language and thinking. *Interdisciplinary topics in Gerontology*, 4, 127-146.
- Rimoldi, H.J.A. (1969). On cognizing cognitive processes. Erikson Institute Symposia. Loyola University, Loyola Psychometric Laboratory, Publication 57, Chicago, Illinois.
- Rimoldi, H.J.A. (1971). Logical structures and languages in thinking processes. *International Journal of Psychology*, 6(1), 65-77.
- Rimoldi, H.J.A. (1973). *Language and thinking processes. Artificial and Human Thinking*. Ellthom, A. & Jones, D. (Eds.), Elsevier, Scientific Publishing Company, 331-339.
- Rimoldi, H.J.A. (1984a). *Method and discovery: Models, interdisciplinary research and problem solving*. Invited lecture at the XXIII International Congress of Psychology. Acapulco, México, September 2-7.
- Rimoldi, H.J.A. (1984c). Sobre solución de problemas: Teoría, metodología y experimentación. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 39(1), 75-96.
- Rimoldi, H.J.A. (1993) *Assessment of medical performance*. Unpublished report.
- Rimoldi, H.J.A.; Haley, J.V. & Fogliatto, H.M. (1962). The Test of Diagnostic Skills. Loyola University. Loyola Psychometric Laboratory, Publication N°25. Chicago Illinois.
- Rimoldi, H.J.A.; Fogliatto, H.; Haley, J.; Reyes, I.; Erdmann, J. & Zacharia, R. (1962a). Training in problem solving. Loyola University, Loyola Psychometric Laboratory, Cooperative Research Project N° 1449, Chicago, Illinois.
- Rimoldi, H.J.A.; Meyer, R.; Meyer, M. & Fogliatto, H. (1962b). Psychobiological mechanisms in complex mental processes and their changes with age. Loyola University, Loyola Psychometric Laboratory, Publication 24, Chicago, Illinois.
- Rimoldi, H.J.A.; Haley, J.; Fogliatto, H.M. & Erdmann, J. (1963). Un programme pour l'étude de la pensée. *Bulletin de l'Association Internationale de Psychologie Appliquée*, 12(2), 22-50.
- Rimoldi, H.J.A.; Fogliatto, H.M.; Erdmann, J. & Donnelly, M. (1964). Problem solving in high school and college students. Loyola University, Loyola Psychometric Laboratory, Cooperative Research Project N° 2199, Department of Health, Education and Welfare.
- Rimoldi, H.J.A. & Haley J.V. (1964). L'évaluation séquentielle des processus de résolution de problèmes. *Le Travail Humain*, (3-4), 221-237.
- Rimoldi, H.J.A., Aghi, M.B., & Burger, G.K. (1968). Some effects of logical structure, language and age in problem solving in children. *Journal of Genetic Psychology*, 112,127-143.
- Rimoldi, H.J.A. & Colombo, L.M. (1980). Aspectos psicológicos del concepto de transformación. (Simetrías del cuadrado). *Interdisciplinaria*, 1(2), 185-212.
- Rimoldi, H.J.A.; Colombo, L.M.; Suárez, L. & Gallardo, S.G. de; (1982). The use of transformations on problem solving. (Symetries of the rectangle). *Interdisciplinaria*, 3(1), 83-99.
- Rimoldi, H.J.A.; Insúa, A.M. & Erdmann, J. (1988). A study of some perceptual and personality correlates of problem solving processes. *Interdisciplinaria-Monographs N°2*, Buenos Aires, Argentina.
- Rimoldi, H.J.A. & Bei de Libonatti, E.I. (1996). Logical and Psychological reasoning. *Perceptual and Motor Skills*, 83, 1127-1138.
- Russell, B. (1945). *Introducción a la filosofía matemática*. Buenos Aires, Editorial Losada.
- Tul'viste, P. (1982). Is there a form of verbal thought specific to childhood?. *Soviet Psychology*, 21(1), 3-17.
- Velosky, J.J.; Rabinowitz, H. (1991). Measuring Residents' Knowledge Without Cues: A supplement to the 1989 ABFP In-Training Examination. Jefferson Medical College. Center for research in Medical Education & Health Care. Philadelphia, P.A.
- Wilkening, F. (1981). Integrating velocity, time and distance information: A developmental study. *Cognitive Psychology*, 13(2), 231-247.