

ESTRUCTURAS, SISTEMAS Y MODELOS

(REFLEXIONES SOBRE UNA BASE LÓGICA EN INVESTIGACIÓN EDUCATIVA)

José Padrón Guillén
Papeles de Trabajo del Postgrado USR
Diciembre, 1988

CONTENIDO

[Introducción](#)

1. [Hechos básicos](#)
2. [Algunos aspectos de una base lógica](#)
 - 2.1. [Visión Global: sistemas de objetos y sistemas lógicos](#)
 - 2.2. [Categorías del discurso de investigación](#)
3. [Estructuras, sistemas y modelos](#)
 - 3.1. [Estructuras](#)
 - 3.2. [Sistemas](#)
 - 3.3. [Modelos](#)

[Bibliografía recomendada](#)

INTRODUCCION

Estas reflexiones parten de la siguiente idea: a juzgar por algunos hechos, es posible que muchas de las investigaciones educativas venezolanas carezcan de una **BASE LOGICA**[1]. A través de los planteamientos que siguen se comprenderá más integralmente lo que se quiere decir con "carecer de una base lógica". Por ahora, una base lógica puede entenderse como un universo de mecanismos abstractos y de conceptos formales que se utilizan de manera sistemática y discriminada para soportar la validez y la coherencia de cualquier construcción de razonamientos, sean éstos de orden teórico o metodológico, tanto si constituyen un **DISCURSO**[2] como si constituyen la orientación de un proceso planificado. En consecuencia, una base lógica permite describir la estructura (conjuntos, elementos y relaciones) y evaluar la adecuación teórico-metodológica (pertinencia, consistencia...) de cualquier discurso y de cualquier proceso racionalmente orientado (como, por ejemplo, un currículum, una estructura organizacional, un modelo administrativo, etc.). Evidentemente, la investigación es tanto un discurso (cuando se vierte en documentos) como un proceso (en la medida en que evoluciona hacia la respuesta a una pregunta) y, por tanto, una construcción de razonamientos, tal vez la más seria y delicada de todas por estar comprometida con el rigor de la ciencia o, por lo menos, con el pensamiento lógico. Ante esto, resultaría absurdo pensar que es posible hacer investigaciones (incluyendo las educativas) sin prestar atención a una base lógica. Ahora bien, ¿en qué medida podemos dejar de prestar atención a una base lógica? O, de otra manera, ¿qué significa "carecer de una base lógica"? En el peor de los casos significa simplemente incoherencia e invalidez del sistema de razonamientos. Por suerte, este no parece ser el caso típico de las investigaciones educativas. Pero existe otro riesgo: carecer de una base lógica significa también ignorar el universo de los mecanismos abstractos y conceptos formales que constituyen las posibilidades amplias y variadas de soporte del razonamiento, creyendo que un solo esquema de investigación, ya institucionalizado y convertido en rutina formal, conforma el total de una base lógica. Se confunde así la parte por el todo y, como consecuencias, se cercenan muchas buenas opciones, se van creando los vicios típicos que engendra toda rutina humana y, en definitiva, se llega a construcciones de razonamiento limitadas y parcialmente inválidas e incoherentes. Y éste, precisamente, sí podría ser el caso de muchas investigaciones educativas en Venezuela, al menos según puede inferirse de ciertos hechos.

En la primera parte de esta exposición se describen algunos de los hechos en cuestión y se establece la relación que tiene cada uno con el problema de la carencia de una base lógica. En la segunda parte se señalan algunos de los elementos más importantes que integran ese universo de base lógica, siempre a título de referencias muy generales. Finalmente, en la tercera parte se expone

de la manera más breve y sencilla posible (en detrimento de la precisión con que suelen tratarse esos asuntos) una vía muy concreta de ampliación de la base lógica de nuestras investigaciones educativas, en la convicción personal de que su estudio y posterior aplicación nos ahorraría muchos esfuerzos y garantizaría un mayor rigor metodológico. Este último punto, referido a los conceptos interrelacionados de ESTRUCTURAS, SISTEMAS y MODELOS, podría servir como un paso serio hacia el uso de las herramientas de la lógica, sin la cual -según sostienen unánimemente los filósofos de la ciencia- resulta imposible desarrollar investigaciones científicas como trabajo permanente y sistemático.

1. HECHOS BÁSICOS

1.1. En algunos textos de metodología de investigación educativa y en algunos documentos institucionales de orientación y prescripción metodológicas para las tesis de grado se asume una concepción restringida de la investigación en educación. Hay numerosos detalles que podrían traerse a colación, peroelijamos sólo los que aparecen en las secciones dedicadas a 'metodología'. Por lo general, el esquema de trabajo planteado en esos documentos comienza con los puntos de 'Población' o 'Universo' y 'Muestra' y más adelante se exponen los diversos tipos posibles de investigación. Esto parece sugerir que los tratamientos probabilísticos son fundamentales o únicos y, además, independientes del tipo de problema y del tipo de investigación. Luego, cuando se especifican los requerimientos para análisis de datos se exige, literalmente, la adopción de técnicas estadísticas sobre la base de un concepto exclusivamente cuantitativo de 'recolección' de datos y no de 'selección' de datos según un marco referencial de relaciones empíricas previamente establecidas. Los análisis de datos aparecen así totalmente desvinculados de cualquier **intención epistemológica**. Son casi de rigor, por lo demás, las explicaciones acerca de qué es la estadística, cómo se utiliza, etc., sugiriendo así que esa 'técnica' (y no esa 'disciplina') es la única forma posible de analizar datos y que éstos, por tanto, son necesariamente probabilísticos. Existen otros aspectos que por razones de brevedad no se mencionan aquí^[3], todos los cuales manifiestan claramente una base lógica restringida, centrada fundamentalmente en la recolección de información empírica fragmentada y su procesamiento estadístico para **verificar** (y no para **contrastar**) una hipótesis. Al aceptar esta concepción es evidente que quedan descartadas todas las investigaciones teóricas, todos los hallazgos basados en construcciones de razonamiento y en derivaciones hipotético-deductivas, así como todos los análisis de datos a través de procedimientos algebraicos y cálculos formales en general, todo lo cual constituye, paradójicamente, el recurso utilizado con mayor éxito en el desarrollo de las ciencias más avanzadas y maduras.

1.2. Los programas de postgrado en el área de educación carecen de cursos orientados a la obtención de conocimientos y habilidades en los dominios de la lógica y la matemática. Se exigen competencias en estadística descriptiva e inferencial pero, curiosamente, no se exige competencia alguna en el conjunto de los sistemas abstractos a los cuales pertenece la estadística y sin los cuales resulta imposible comprender los verdaderos alcances de la estadística dentro de un contexto epistemológico coherente. En los medios educativos en general da la impresión, más bien, de que esa disciplina es algo que existe por sí sola, independientemente de un método y de un planteamiento epistemológico. Da la impresión de que se trata de un recurso exclusivamente operativo (de una 'técnica': véase 2.2.1.), como el que está asociado a una máquina de escribir o a cualquier aparato, cuando en realidad los tratamientos estadísticos tienen toda una base lógica y matemática y presentan vínculos sustanciales con los diversos tipos de objetos que se desea conocer, con los diversos tipos de conocimiento que puedan plantearse y, en fin, con una serie de datos epistemológicos que trascienden absolutamente el simple nivel de la operatividad y del procesamiento mecánico de información cuantificada.

1.3. Es casi corriente que los docentes y evaluadores de investigaciones en los cursos de pre-grado y maestría del área de educación rechacen proyectos o trabajos de investigación teórica o tratamientos algebraicos de datos porque, respectivamente, no ven planteadas las variables 'dependiente' e 'independiente' o no se explican ese "formalismo" o "formulismo" de símbolos extraños. No deja de llamar la atención el que algunos de estos docentes entiendan perfectamente cuando se les habla de un nivel ' α de 0.01' o de una 'prueba t' y, en cambio, pidan todo tipo de explicaciones cuando se les habla de una relación 'simétrica' o de un 'monoide'. Llama la atención porque todos esos conceptos pertenecen a un mismo universo de base lógica y la relación que mantienen entre sí corresponde perfectamente a la misma relación que puede verse entre los diferentes objetos de conocimiento según un enfoque determinado, de tal manera que todos esos sistemas abstractos (lógicos y matemáticos, incluyendo la estadística) son algo así como correspondencias formales muy generales de los objetos que deseamos conocer, siempre en dependencia de un punto de vista particular y de una intención indagadora. De entre esos sistemas podemos entonces seleccionar el que mejor se adapte a nuestro objeto de conocimiento, a nuestro enfoque y a nuestro problema; una vez seleccionado, podremos entonces operar con él de acuerdo a sus propias reglas de cálculo hasta obtener los datos de conocimiento que necesitamos. No se justifica, entonces, la pretensión de fragmentar ese universo de base lógica para privilegiar sólo una parte de él, desvinculándola de un contexto y utilizándola para descalificar e ignorar todas las demás opciones.

1.4. Es también bastante común el que los evaluadores de investigaciones educativas exijan el soporte de autores para toda afirmación presente en un texto o trabajo de investigación. Es obvio que el soporte de autores es imprescindible en ciertos casos (referencias, fuentes, citas...), pero es contradictorio exigir el apoyo de alguna obra o investigación anterior como argumento de autoridad para fundamentar un dato de conocimiento o la verdad de una proposición. A su vez, en numerosos informes de investigación educativa se utiliza como criterio de verdad un juicio o la opinión de algún autor destacado y de allí en adelante todo el discurso -o una parte del mismo- queda soportado sobre ese juicio u opinión^[4]. Este hecho tiene que ver con el problema de los criterios de verdad en la búsqueda del conocimiento, criterios que deben establecerse en la propia investigación, y remite también a la necesidad de que estos trabajos determinen sus propios parámetros de consistencia y validez (situados dentro del mismo

discurso, sin tener que acudir a otros discursos parciales) y de que, además, los evaluadores, jurados y destinatarios sepan reconocer y utilizar tales parámetros. Sin embargo, esta necesidad no puede ser satisfecha mientras no se tomen en cuenta ciertas herramientas que permitan definir categorías y niveles de discurso, asignar valores específicos a las proposiciones utilizadas, asociar estructuras teóricas a sus correlatos empíricos y viceversa, etc. y mientras se prefiera fundamentar el discurso científico en esquemas prescriptivos de corte institucional (con lo cual, probablemente, dejaría de ser científico). Como en los casos anteriores, esto también depende de una base lógica amplia.

Los cuatro hechos antes señalados parecen llevar a la conclusión de que muchas de las investigaciones educativas carecen de una base lógica amplia. Si esto fuera cierto surgirían varias preguntas, tales como ¿cuáles son los límites de esa base lógica?, ¿cuáles son sus funciones específicas?, ¿cuál es el inventario de elementos de que dispone?, ¿cuáles son las correspondencias entre sus elementos y los diversos tipos de objetos y modos de conocimientos?, etc., etc. Ninguna de estas preguntas podría responderse de manera exhaustiva ni, mucho menos, improvisada. Tal vez, las respuestas adecuadas dependen de un trabajo serio orientado hacia la obtención de modelos lógicos funcionales que puedan asociarse a las diversas necesidades de la investigación en educación. A falta de esas respuestas, podemos conformarnos con determinar algunos elementos importantes que juegan un papel destacado en esa base lógica. Esos elementos pueden agruparse en torno a dos necesidades de investigación: primero, la necesidad de una visión global que permita establecer correspondencias entre tipos de objetos y modos de conocimiento, por un lado, y grupos de sistemas lógicos vinculados a tales objetos y modos de conocimiento, por otro lado, de tal manera que dichas correspondencias funcionen como soporte de un razonamiento válido y coherente; segundo, la necesidad de contar con series de conceptos que, hábilmente manejados, sirvan para fijar categorías o niveles de discurso, es decir, ejes de coherencia para el razonamiento que pretende conducir hasta la respuesta a una pregunta de investigación. En atención a esas dos necesidades, en la parte que sigue se expondrán algunas consideraciones elementales y poco sistematizadas sobre correspondencias entre sistemas lógicos y sistemas de objetos (2.1.) y sobre categorías del discurso de investigación (2.2.). El único propósito, por supuesto, es el de fomentar un acercamiento a esos temas y no el de una presentación rigurosa, con la cual habrá necesariamente algunas inexactitudes e imprecisiones.

2. ALGUNOS ASPECTOS DE UNA BASE LÓGICA

2.1. Visión Global: sistemas de objetos y sistemas lógicos

En líneas muy generales, y dicho con gran ambigüedad, la lógica pretende ofrecer herramientas formales de máxima efectividad para construir sistemas de razonamiento científico, es decir, caracterizados por una indiscutible validez, exactitud y objetividad. Al mismo tiempo, tales herramientas deben ser capaces de determinar en qué medida es o no científico un razonamiento cualquiera, o sea, en qué medida es válido, consistente, etc.^[5] (una de las aplicaciones concretas más resonantes que ha tenido la lógica de este siglo fue la de garantizar la consistencia de la ciencia; en el plano tecnológico, el uso más fructífero de la lógica -junto a la lingüística- ha sido en la construcción de los lenguajes de computación y en el estudio de circuitos electrónicos cibernéticos).

Puede decirse que la lógica ha ido elaborando sus productos en estricta dependencia de los problemas y necesidades que han ido surgiendo en la construcción de razonamientos (tanto de inteligencia natural como de inteligencia artificial) y en la elaboración de los sistemas de conocimiento que han tenido lugar en la historia de la ciencia y la tecnología. Evidentemente, dado que todo razonamiento está referido a un objeto y a un modo de conocerlo, las distintas herramientas de la lógica se han ido agrupando en torno a diferentes clases de objetos o a diferentes modos de conocimiento. De esa manera, puede decirse en líneas generales que a una clase particular de objetos o fenómenos corresponden uno o más modos de conocerlos y de razonar sobre ellos y, por tanto, corresponden también una o más clases de herramientas lógicas, llamadas usualmente '**LOGICAS**' o '**TEORIAS**': hay lógicas o teorías generales (lógica de enunciados o de proposiciones, lógica de predicados o cuantificacional, lógica de clase o de conjuntos, lógica de relaciones) y las lógicas especiales (lógica temporal, lógica modal, etc.). Las primeras proporcionan un aparato común que contiene los elementos básicos de trabajo, mientras que las segundas se especializan en tipos particulares de razonamiento, como aquellos que tienen que ver con variables de tiempo o aquellos que tienen que ver con probabilidad, etc. Desde otro punto de vista hay también lógicas 'estándar' u ortodoxas, que se acogen a ciertos cánones, y lógicas 'alternativas' o 'desviadas' (heterodoxas), que cuestionan ciertos principios y manejan otros enfoques. Según los puntos de vista que se adopten hay diversas clasificaciones de las lógicas ('extensionales' e 'intensionales', 'clásicas' y 'no-clásicas', etc., etc.), que por razones de brevedad no tomaremos en cuenta. Lo que seguramente es de interés a la hora de proponer una base lógica en investigación educativa es tomar en cuenta que hay correspondencias importantes entre sistemas lógicos y sistemas de objetos de conocimiento y que si trabajamos sobre la base de esas correspondencias proveeremos a nuestras investigaciones un soporte de validez y consistencia realmente fecundo y potente. A continuación veremos rápidamente algunos ejemplos de estas lógicas y de qué manera están conectadas con sistemas de objetos o con construcciones particulares de razonamiento.

2.1.1. Lógicas bivalentes y polivalentes

Tradicionalmente los sistemas lógicos se fundamentaron sobre una concepción llamada '**BIVALENTE**', es decir, sobre el principio semántico o hipótesis de que a toda proposición sólo podía asignársele uno entre dos valores: verdadero (valor **1**) o falso (valor **0**). En cierta manera puede decirse que las lógicas bivalentes son herramientas para el tratamiento de problemas de investigación cuya respuesta es alternativa ('sí' o 'no', 'es' o 'no es', 'sucede' o 'no sucede') o para objetos cuyo conocimiento está asociado a un enfoque discreto (no continuo) de dos posibles resultados mutuamente excluyentes y, especialmente, para objetos y fenómenos que son estudiados individualmente, aisladamente, y no en cuanto integrantes de una clase o conjunto de objetos (véase 2.1.3.).

En todo caso, los sistemas bivalentes se adaptan a aquellos modos de conocimiento en que al investigador no le interesan los posibles valores intermedios entre 0 y 1. Hay quienes han asociado las lógicas bivalentes al conocimiento que busca la 'certeza' y no la posibilidad o la probabilidad y que intenta llegar a proposiciones legaliformes de carácter 'dinámico' o 'determinista'. Sin embargo, la asociación no es adecuada, ya que puede haber certeza o determinismo sobre un valor cualquiera mayor que 0 y menor que 1 y, a la inversa, puede haber respuestas probabilísticas de carácter alternativo (como las hipótesis estadísticas sobre diferencia significativa entre medias poblacionales, del tipo $\mu_1 - \mu_2 = 0$, a las cuales sólo se les puede asignar el valor 1 o el valor 0).

Pero pronto se hicieron cada vez más abundantes los problemas de conocimiento e investigación que no podían ser resueltos sólo con respuestas de dos valores, sino que exigían valores intermedios entre 0 y 1[6]. Nacieron así las diversas lógicas '**POLIVALENTES**': trivalentes, tetravalentes y n-valentes finitas e infinitas, asociadas comúnmente a los diversos sistemas de lógica 'modal', algunos de los cuales constituyen la lógica 'probabilística', fundamento abstracto de los tratamientos estadísticos y del conocimiento probabilístico en general. Sin embargo, no todas las lógicas polivalentes tienen que ver con probabilidades sino, más bien, con respuestas de opción múltiple.

2.1.2. Lógica Modal

Las lógicas tradicionales no habían producido mecanismos suficientemente adecuados para el tratamiento de proposiciones cuyo valor de verdad dependiera de las circunstancias de espacio, tiempo, etc. Una proposición, por ejemplo, como "si un número es mayor que otro, ambos son diferentes entre sí" tiene un mismo valor de verdad en todas partes, en cualquier época, etc. y, por tanto, podía fácilmente ser manejada por las lógicas tradicionales. Pero una proposición como "los alumnos que estudian obtienen mejores calificaciones" tiene un valor de verdad que depende de las circunstancias y difícilmente podía ser tratada por las lógicas clásicas. Surgieron así los diferentes sistemas de la lógica '**MODAL**' (algunos de los cuales son presentados en forma bivalente y otros en forma polivalente), que toman en cuenta la 'modalidad' de los enunciados según su carácter de 'necesidad', 'posibilidad' y 'contingencia'. Estos sistemas se adaptan a aquellos objetos y fenómenos cuyo conocimiento depende de una situación particular en el espacio, en el tiempo o en las relaciones con los demás objetos y fenómenos de la clase a la cual pertenecen. En estrecha conexión con la lógica modal, son especialmente importantes la lógica de probabilidades, la lógica temporal y la lógica de la acción, que veremos en seguida.

2.1.3. Lógica de probabilidades

Esta lógica provee herramientas para el tratamiento de objetos o hechos que no son considerados individualmente sino en cuanto elementos que forman parte de una clase determinada. Desde un punto de vista, se trata de problemas de conocimiento en que no interesa el comportamiento individual de un objeto, sino el comportamiento de una clase o conjunto de objetos. Desde otro punto de vista, se trata de objetos cuya cantidad es tan grande que no pueden ser investigados todos, sino una subclase de ellos (así, los conceptos de 'clase' y 'subclase' de objetos son el correlato abstracto de los conceptos técnicos de 'población' y 'muestra', respectivamente, con las implicaciones formales del caso). Resulta evidente, entonces, que los valores de verdad y falsedad son sustituidos en esta lógica por valores de probabilidad en una escala continua entre 0 y 1.

Los diferentes sistemas de lógica probabilística caen también en el área de la llamada lógica '**inductiva**', que se orienta a determinar las reglas racionales y los principios que fundamentan la asignación de valores de probabilidad a las hipótesis generales de investigación.

2.1.4. Lógica Temporal

Los sistemas de lógica temporal fundamentan las investigaciones en torno a objetos o fenómenos circunscritos a condiciones temporales que afectan su comportamiento o nuestra posibilidad de conocerlos, tales como los hechos históricos, las series de tiempo, las relaciones de antes-después, etc. Muchos razonamientos se ven en la necesidad de incluir elementos que pertenecen a ejes temporales ('siempre', 'en cierto momento', 'en el futuro', etc.) o cuyo conocimiento depende de relaciones de tiempo ('se da p en un instante t anterior al instante t con una duración i', etc.); los sistemas de lógica temporal ofrecen mecanismos de cálculo formal que garantizan la validez de los razonamientos con inclusión de esos elementos, así como diversos conceptos y categorías que permiten ubicar, definir y relacionar las variables temporales que afectan el conocimiento de un objeto.

2.1.5. Lógica de la Acción

Vinculada a la lógica temporal y, en general, a los sistemas modales, la lógica de la acción constituye un tratamiento formal de proposiciones cuyo referente pertenece a la esfera de los actos humanos en relación con diversas variedades de acción y abstención; estas variedades, obtenidas por operaciones combinatorias, se basan en el concepto de 'cambio' entre estados iniciales y finales (producir un cambio, interrumpirlo, mantenerlo, o impedirlo, tanto a nivel de acción como a nivel de abstención). Existen también otros enfoques, en esta misma lógica, que examinan la acción en relación con sus condiciones de éxito y no-éxito. Otros sistemas, además, formalizan la acción y el cambio en relación con los clásicos conceptos de 'acto' y 'potencia', operando con conceptos formales tales como 'sujetos' del cambio, 'propiedades' adscritas al cambio y 'estados' implícitos en el cambio (por ejemplo: '**x** cambia a **y** hacia la propiedad **a** en el intervalo **t**').

2.1.6. Lógica Difusa (Fuzzy Logic)

Es también un conjunto de sistemas formales polivalentes; sólo que sus valores entre 0 y 1, en vez de asignar una probabilidad, asignan una medida de aproximación o de alejamiento con respecto a un límite o frontera difusa que divide de manera imprecisa dos conjuntos, dos extremos o dos clases de objetos. Los límites, por ejemplo, entre una película corta y otra larga, entre una persona locuaz y otra taciturna o entre el rojo y el naranja de una degradación de colores, son casos de fenómenos difusos (puede haber también series de conjuntos con límites difusos entre ellos, en cuyo caso no se considera la imprecisión entre dos clases sino entre n clases continuas de límites borrosos entre ellas). Pero no sólo son objeto de esta lógica los conjuntos que de por sí comparten límites difuminados, sino también aquellos cuyos contornos están mal definidos por el observador. La base conceptual es este caso es el llamado 'principio de incompatibilidad', que consiste en lo siguiente: a mayor complejidad y a mayor contenido humano en un objeto de conocimiento (cosa, hecho o fenómeno empíricos), mayor dificultad para que el observador construya proposiciones que sean **relevantes** y, al mismo tiempo, **exactas**. Llegado a un cierto nivel de complejidad, las descripciones del objeto podrán ser exactas, pero irrelevantes; o significativas, pero inexactas. Con el objeto de superar esta incompatibilidad y de lograr razonamientos válidos sobre objetos cuya pertenencia a uno o a otro conjunto no es del todo clara, la lógica difusa elabora herramientas formales de carácter preciso y exacto en estrecha conexión con la lógica de clases o teoría de conjunto (los objetos formales de esta lógica son, precisamente, los 'conjuntos difusos').

Los casos citados hasta aquí no son sino ejemplos (muy pobremente descritos) de algunos grupos de sistemas lógicos recientes que podrían ser útiles en la investigación educativa. Existen muchos otros que, por razones evidentes, no se describen pero que podrían ser igualmente importantes, tales como la lógica axiológica o de valores, la lógica epistémica, la lógica de decisión, la lógica deóntica, la lógica natural, etc., etc. Tampoco se ha dicho nada sobre las lógicas generales, mencionadas antes, que integran una base común a todas estas lógicas especiales ya señaladas y que constituyen instrumentos poderosos para hacer corresponder estructuras empíricas con estructuras abstractas, con lo cual se logra una mejor descripción de los hechos observables y se obtienen elementos para efectuar operaciones formales que lleven a la explicación de esos mismos hechos (sin olvidar, por supuesto, el apoyo y las conexiones con teorías científicas particulares). Entre las principales lógicas generales o fundamentales, la teoría de Clases resulta particularmente útil para colecciones de objetos; la teoría de Relaciones se adapta a análisis de correspondencias entre elementos pertenecientes a diferentes colecciones o a una misma clase; el cálculo de enunciados es imprescindible para controlar las relaciones entre distintas proposiciones (a la hora de hacer deducciones, por ejemplo, o grupos de hipótesis encadenadas u ordenamientos de objetivos de investigación); el cálculo de predicados o lógica cuantificacional está hecho para controlar la validez de una proposición en su estructura interna (indispensable para formular impecablemente un problema de investigación, una hipótesis, un objetivo, una definición, etc.). Queda claro que todas esas clases de instrumentos y conceptos formales se utilizan de manera combinada según las necesidades de investigación, lográndose así un soporte metodológico inexpugnable e implementándose un criterio de validez y coherencia que no requiere de apoyo de autores ni de explicaciones circunstanciales, ya que todas aquellas teorías están ya completamente demostradas por vía axiomática. Sólo se trata de que las estructuras empíricas resulten 'isomórficas' con algún sistema lógico y de allí en adelante ya es posible formalizar los datos y operar con ellos, eliminar las ambigüedades y sistematizar el proceso de razonamiento. Como se verá más adelante, esto se basa en el principio siguiente: si una estructura empírica es isomórfica con una estructura formal (es decir, con un sistema lógico), entonces todos los axiomas y derivaciones del sistema se producen también en la estructura empírica y, como aquellos están ya demostrados, quedarán también demostradas las mismas relaciones y funciones entre los objetos de la experiencia. Este es, precisamente, uno de los principios básicos del conocimiento científico y es ese el sentido en el que se dice que la lógica garantiza la consistencia de la ciencia.

2.2. Categorías del Discurso de Investigación

Una de las permanentes fuentes de divergencias en la investigación educativa consiste en la indefinición de ciertos planos conceptuales del discurso, que podríamos llamar '**CATEGORIAS**'. Una categoría del discurso es algo así como un marco referencial de tipo epistemológico dentro del cual se mueve el razonamiento en función de unos propósitos determinados. En ese marco tienen sentido unas cosas y no otras, son válidas unas proposiciones y no otras. Es como definir los alcances de los significados que se manejan y los límites de permisibilidad y tolerancia del razonamiento. No es que se tengan que declarar expresamente esos alcances y esos límites (aunque muchas veces conviene hacerlo), pero al menos deben estar perfectamente claros para quien elabora el discurso y deben quedar perfectamente claros también para sus destinatarios.

El problema de las categorías del discurso tiene que ver con una base lógica, aún cuando no forma parte directamente de los objetivos centrales de los sistemas lógicos que hemos visto sino, más bien, de las teorías semióticas, lingüísticas y epistemológicas en una frontera difusa interdisciplinaria. Lo importante es que, si definimos determinadas categorías para nuestro razonamiento, definimos también ciertos ejes de coherencia interna y ciertos límites con respecto a otros discursos, límites dentro de los cuales establecemos nuestros propios alcances y más allá de los cuales admitimos y diferenciamos otra clase de razonamientos que tienen alcances distintos. Para definir adecuadamente las categorías de un discurso deberíamos contar con un conjunto exhaustivo de grupos **paradigmáticos** (en sentido lógico, no en el sentido en que se interpreta a Kuhn) de entre los cuales seleccionar las categorías que nos resulten más convenientes. En lo que sigue no se pretende delimitar exhaustivamente, ni mucho menos, ese conjunto sino ofrecer algunos ejemplos que ilustren el mismo concepto de categoría de discurso y la importancia que tiene en una investigación educativa, sobre todo para reorientar las discusiones típicas sobre lo que es permisible o conveniente en una investigación[7].

2.2.1. Los 'grados del saber'

Desde Aristóteles hasta hoy se ha insistido en una jerarquización del conocimiento de acuerdo a su grado de sistematización y, en tal sentido, se han propuesto diversos niveles.

De los análisis de Bunge[8] y García Bacca[9] podemos obtener un grupo paradigmático de categorías fundamentadas en el

criterio de proximidad con respecto al discurso científico. Se trata, sin embargo, de una adaptación (que, por cierto, puede ser aceptada o rechazada), ya que esos autores proponen una descripción de los grados de sistematización del saber y no directamente un grupo de categorías. Pero puede tomarse en cuenta, en primer lugar, que es una descripción amplia que incluye además un criterio de alcances o de utilidad del saber y, en segundo lugar, que a cada grado de conocimiento puede asociarse un tipo particular de discurso y de razonamiento. Por tanto, lo que ellos conciben como grados del conocimiento puede ser utilizado por un investigador como grupo paradigmático de categorías de discurso.

Podemos distinguir, en primer término, el conocimiento científico, que es ante todo **conocimiento** (no acción ni actitud ni otra cosa) y además es **teórico** (no empírico) y **contrastable** (debe tener mecanismos que permitan compararlo con un referente concreto y decidir acerca de su posible inadecuación a dicho referente), organizado en modelos o conjuntos sistemáticos de proposiciones susceptibles de ser formalizadas (traducidas a un lenguaje artificial). Así, tendrá categoría de **científico** todo discurso que entre y permanezca en ese contexto, ya sea para construir modelos particulares derivados de un modelo general, ya sea para contrastar alguna proposición del modelo, ya sea para ubicar una proposición nueva dentro del modelo asignándole un valor dentro del mismo, etc., etc.

En segundo lugar, podemos distinguir el conocimiento tecnológico, que se fundamenta en '**REGLAS**' derivadas, a su vez, de leyes formuladas en el nivel científico. Si entendemos una acción tecnológica como un 'cálculo' ('cálculo' es todo procedimiento u operación que se basa en instrucciones, sean algoritmos o heurísticos: un juego de ajedrez o una cocina por recetas son, en sentido amplio, un cálculo), entonces el conocimiento tecnológico tiene por objetivo la delimitación, formulación y análisis de las reglas o instrucciones de ese cálculo o acción, siempre a partir de los datos generados por el conocimiento científico en torno a los objetos y fenómenos relacionados con esa acción. Entonces, todo discurso que intente delimitar, formular o analizar sistemáticamente reglas de cálculo o de operación derivadas de una teoría científica, tendrá una categoría de discurso **tecnológico**. Es fácil ver que, en gran medida, la educación podría concebirse como acción tecnológica que requiere la formulación y análisis sistemáticos de reglas de acción para objetivos particulares. Mientras tales reglas no se basen en teorías científicas, no habrá un discurso tecnológico bien planteado, pero parece evidente la gran cabida que tienen en esta categoría las investigaciones educativas y la gran oportunidad de establecer sobre esa base un discurso coherente y definido.

En tercer lugar, tenemos el conocimiento **técnico**, referido a las destrezas rutinarias, que no constituye un hallazgo o invención, sino más bien una descripción empírica de un suceso u objeto en repetición. Utiliza herramientas propias de la exactitud científica (estadística, cálculos

matemáticos, diagramas lógicos...), pero no se basa en teorías científicas sino en modos efectivos de operatividad. El discurso técnico, que correspondería a este grado de saber, es relativamente exacto en sus descripciones y logros (pudiendo, incluso, formalizarse o, mejor, operacionalizarse), pero es también concreto (no trasciende el plano empírico) y centrado sobre un objetivo muy particular que poco tiene que ver con generalizaciones y abstracciones. En el área educativa son discurso técnico los referidos a planificaciones, diseños instruccionales, manuales... y, de manera específica, el tipo de investigaciones que busca **medir** o coleccionar información acerca de cualquier relación entre variables, sin que éstas puedan ser asignadas a correlatos teóricos o a conceptos científicos y sin que los resultados obtenidos puedan alimentar algún modelo o sistema teórico en su trayecto de retorno.

En los últimos grados tenemos el conocimiento de '**artes y oficios**' y luego el conocimiento empírico **cotidiano**, que son los más distanciados del conocimiento científico. El primero es el que surge de la práctica de trabajo, completamente dependiente de la acción; el segundo es lo que podría llamarse saber ordinario, asociado a los hechos comunes de la vida personal y social. Aquí son válidas las especulaciones (ver 2.2.3.), las opiniones, los juicios de valor no sustentados y, en general, el tipo de estructura de discurso catalogable como ensayo libre, alocuciones políticas, conversación cotidiana, etc.

Cada una de las clases de discurso mencionadas tiene de por sí perfecto sentido mientras se establezca previamente la categoría que va a utilizarse. Las inconsistencias surgen cuando, por ejemplo, se pretende hacer pasar por científico un discurso técnico y, en general, cuando se traspasan las diferentes categorías en un mismo discurso.

2.2.2. Los niveles semióticos

Un segundo grupo paradigmático de categorías de discurso nos la podría suministrar la 'metalógica' o teoría Semiótica y se refiere a la estructura de relaciones entre el propio discurso como complejo de signos, por una parte; quienes lo usan, por otra, y, finalmente, los referentes o realidad empírica que están siendo representados por el discurso o complejo de signos. Se distingue así un primer nivel, llamado '**SINTACTICO**', en el que se prescinde deliberadamente de los significados o contenidos del discurso y se toman en cuenta sólo las construcciones de signos (cadenas de símbolos, operadores, fórmulas, palabras, frases, etc., tanto si son de lenguaje natural como si son de un lenguaje artificial), así como las reglas para su selección y combinación. Este nivel sintáctico tiene que ver con el grado de formalización del discurso^[10] y con el tipo de sistema lógico o matemático utilizado (en general, una de las características básicas de la ciencia y de las teorías es que sus proposiciones son formalizables, es decir, que pueden ser expresadas mediante un lenguaje artificial). En segundo lugar se distingue un nivel '**SEMANTICO**', en el que se toman en cuenta las relaciones del discurso con sus referentes empíricos y se plantean los aspectos relacionados con el significado o contenido. En tercer lugar, está el nivel '**PRAGMATICO**', en el que se delimitan los aspectos referidos al 'aquí' y 'ahora' del mismo razonamiento. El nivel pragmático define del papel del propio investigador y de sus destinatarios -así como de las condiciones sociales y contextuales- frente al mismo discurso de investigación.

Por otra parte, si tomamos el conocimiento científico en general como una gran estructura de signos o como un gran discurso (en términos abstractos), podemos también tomar esas mismas categorías que acabamos de ver para caracterizar las diversas clases de construcciones de razonamiento. Será posible, entonces, hablar de discursos '**sintácticamente orientados**' (cuyo punto de vista son las relaciones formales abstractas con independencia de los contenidos o de las relaciones con los referentes empíricos), los discursos '**semánticamente orientados**' (cuyo punto de vista son los aspectos sustantivos y las relaciones de contenido) y de

discursos '**pragmáticamente orientados**' (cuyo punto de vista son las relaciones sociales, culturales y contextuales de un fenómeno, como es el caso de las investigaciones 'comprometidas'). Conviene observar que ninguno de estos tres tipos de discurso es excluyente. Son, más bien, complementarios, en el sentido de que la reunión de ellos conforma una visión global e integrada de la ciencia. Lo que sí resulta necesario es definir previamente (aunque no se declare) cuál es la categoría semiótica en que se va a mover la construcción de razonamientos. Igual que en 2.2.1., las incoherencias surgen cuando se traspasan estas tres categorías.

2.2.3. Los niveles de abstracción

Algunas de las dificultades y divergencias en la investigación educativa provienen de las diversas acepciones que recibe la palabra 'teoría' en los medios de la educación. En muchas situaciones se concibe la teoría como cualquier abstracción o generalización y en otras, en el extremo opuesto, se entiende por teoría sólo un aparato sintáctico-semántico riguroso como el de las ciencias lógicas y matemáticas y el de casi todas las ciencias naturales. De manera análoga a los grados del saber (científico, tecnológico, etc.), tal vez la solución dependa de considerar diversos grados en la naturaleza abstracta que pueda tener una proposición o conjunto de proposiciones, partiendo siempre de la condición indispensable de que las proposiciones en cuestión sean definitivamente 'no-empíricas' (es decir, que sean producto inmediato de una operación de la razón y no de una operación de los sentidos sobre la experiencia real). Según esto, una teoría axiomatizada, por ejemplo, y un razonamiento especulativo serían ambos los dos extremos del proceso de abstracción racional. El primer extremo es ciencia; el segundo, evidentemente, no lo es, aunque podría eventualmente progresar hacia el otro extremo mediante una serie de transformaciones radicales (alquimia y química, por ejemplo). Nuevamente, nos encontramos así ante la necesidad de definir una categoría de discurso que establezca sobre qué grado de abstracción se va a mover nuestro razonamiento, si es o no un grado de teoría y en qué medida lo es^[11]. Para fijar estas categorías pueden servirnos los diferentes grados de abstracción teórica que proponen -cada cual a su manera- algunos filósofos de la ciencia. Una propuesta sencilla^[12] consiste en considerar las '**TEORIAS PROFUNDAS**' en el nivel más alto y las '**TEORIAS MENOS PROFUNDAS**' en un nivel inferior; en el último nivel se debería considerar la '**ESPECULACION**' o abstracción no teórica.

Las teorías profundas se caracterizan por un alto grado de elaboración. Tienen menos alcance horizontal (menos generalidad y menos ambigüedad), pero mayor alcance vertical (penetración explicativa). Son altamente contrastables y formalizables, por todo lo cual constituyen el ideal de la ciencia. Es el caso típico de las teorías en el seno de la física, la matemática y la lógica, pero aún la mayoría de las ciencias sociales se hallan encaminadas cada vez más hacia ese tipo de abstracción y en muchas de esas áreas se han producido teorías parciales que en nada tienen que envidiar a las teorías de las ciencias formales y naturales. Desafortunadamente, el caso de la Educación parece estar todavía muy lejos de este ideal y sus mayores alcances teóricos parecen estar situados más bien en un segundo nivel.

Las teorías menos profundas o poco profundas se caracterizan por constituir un paso previo a las teorías profundas y una etapa de abstracción preliminar en la que se tiene un mayor alcance horizontal, pero escasa penetración. Son más descriptivas que explicativas y predictivas, poco contrastables y poco formalizables. Lo que se busca con las teorías menos profundas (que, por lo demás, son un paso casi siempre necesario para poder llegar después a una abstracción elevada) es cubrir la mayor parte posible de los datos empíricos y los límites más amplios de la red de relaciones que vinculan a esos datos. A este nivel se trabaja ya con ciertos instrumentos y procedimientos lógicos y matemáticos, tales como modelos, cálculos algebraicos y estadísticos integrados, hipótesis y derivaciones de teorías profundas, etc.

La Especulación o pensamiento especulativo es un tipo de abstracción que se distingue esencialmente por no estar encaminada hacia una teoría científica y por carecer de contrastabilidad y posibilidad de formalización. Es típicamente un razonamiento con carga verbal (muchas veces retórico), estrictamente dependiente del sujeto que razona y de sus particularidades contextuales (conciencia subjetiva). Es asistemático, en el sentido de que no se vincula a la ciencia por procedimientos formales, sino que es más bien función de los sistemas de creencias y de valores socioculturales de carácter 'ideológico' (en el sentido de Marx). Una inmensa porción de las abstracciones que suelen llamarse injustificadamente 'teorías educativas' pertenecen a este nivel y prácticamente todos los razonamientos incluidos en los lineamientos generales de la planificación educativa oficial y, en general, de las políticas educativas nacionales son discurso especulativo.

Vimos hasta aquí tres grupos paradigmáticos de categorías de discurso, a manera de ejemplos de lo que significa delimitar los alcances o los límites de permisibilidad del sistema de razonamientos. La ventaja fundamental de utilizar categorías como esas es que de antemano sabemos cuál es el nivel de exigencia científica que podemos esperar es una investigación, de tal manera que, mientras el razonamiento no se desliza de una a otra categoría en un mismo grupo paradigmático, quedaría fuera de discusión el asunto de si se justifica o no un cierto planteamiento, ya que todas las justificaciones estarían marcadas por la categoría seleccionada. Sólo quedaría en pie el problema de si las instituciones de educación superior seguirán aceptando investigaciones técnicas y especulativas o si, en cambio, elevarán sus exigencias hacia categorías más altas en beneficio de las posibilidades de una futura 'Ciencia' de la Educación.

En la sección 2.1. se vieron ciertas correspondencias entre estructuras empíricas y sistemas lógicos, como aspecto esencial para la consolidación de una base lógica. En esa exposición se sugirió repetidas veces la idea de que tales correspondencias podrían servir para efectuar un 'salto' epistemológico entre planos empíricos y planos abstractos, salto necesario para soportar la validez del razonamiento y para abrir las puertas a las elaboraciones teóricas (científicas) en la investigación educativa. La idea -que hasta ahora ha quedado vagamente sugerida entre las breves descripciones de los sistemas lógicos- será retomada de nuevo en la parte que sigue. Su contenido elemental es el siguiente: existe una manera segura de abordar un determinado sistema de objetos de investigación o un determinado campo empírico problemático; es posible describirlo y explicarlo científicamente mediante el análisis sistemático de sus elementos y relaciones; es posible convertir tales elementos y relaciones en símbolos de un lenguaje artificial y efectuar operaciones formales con ellos, con lo cual el campo empírico o sistema de objetos quedará convertido en una representación abstracta isomórfica con algún sistema lógico y, por tanto, fácilmente cognoscible desde la perspectiva de alguna teoría científica.

3. ESTRUCTURAS, SISTEMAS Y MODELOS

Lo que se expone en este punto es una de las posibles vías de tratamiento lógico de algunos problemas de investigación. Esta vía podría ser aplicada eficientemente al campo educativo como una de las maneras de sentar una base lógica amplia. Ella depende de tres conceptos lógicos interrelacionados, que veremos a continuación: estructuras, sistemas y modelos.

3.1. Estructuras

En términos lógicos, una estructura es una serie de elementos ordenados, que tiene la forma siguiente:

$$\langle A, f, g, \dots \rangle$$

donde **A**, el primer elemento, es una clase de objetos reales o imaginarios, mientras que **f** y **g** y cualquier otro elemento a la derecha representan funciones proposicionales, es decir, tipos de relaciones que se producen entre los objetos de la clase **A** y que, por lo tanto, definen subclases de esos mismos objetos. Por ejemplo: la subclase de elementos que cumplen la relación **f**, la subclase de elementos que cumplen la relación **g**, la subclase de elementos que cumplen **f** pero no **g**, etc.

Un ejemplo sencillo de estructura es el grupo familiar básico (progenitores e hijos), donde **A** es la clase de miembros de la familia y **f** es la relación 'ser progenitor de'. Esta relación **f** divide a la clase **A** en dos subclases: la de los miembros que están a la izquierda de la relación y la de aquellos que siempre aparecen a la derecha. Por ejemplo: '**f**(Pedro, Juan)', '**f**(María, Juan)', '**f**(Pedro, José)', '**f**(María, José)'. Si sustituimos los nombres propios por variables individuales, tendríamos una sola fórmula general: **f(x,y)**, que indica que el elemento **x** es progenitor del elemento **y**, cualesquiera que sean estos elementos. Esto nos permite hablar de la subclase de los **x** y de la subclase de los **y**. Además, nos permite saber cómo se vinculan esas dos subclases. En este caso, la relación **f** es **diádica**, porque vincula a los elementos de dos en dos. La estructura, pues, tendría el esquema siguiente:

$$\langle A, f \rangle$$

Pero puede haber también relaciones **monádicas** (satisfechas por un solo elemento: 'ser rico', por ejemplo). **triádicas** (se vinculan tres elementos: '**x** e **y** son progenitores de **z**') y relaciones **n-ádicas** (n mayor que 0). Esto nos permite ampliar la estructura anterior, añadiéndole una relación monádica **g** equivalente a 'ser varón', con lo cual tendríamos ya cuatro subclases en la estructura: los **x**, los **y**, los que cumplen **g** y los que no cumplen **g**. Esta nueva estructura ampliada tendría ahora la siguiente forma:

$$\langle A, f, g \rangle$$

Otro ejemplo sencillo de estructura lógica es el aula de clases, con alumnos y profesores, definida por una clase de objetos **B**, que son todas las personas del aula de clases, una función diádica **f** = 'enseñar a' y otra función diádica **g** = 'ser compañero de'. La estructura sería la siguiente:

$$\langle B, f, g \rangle$$

Esta fórmula nos permite examinar la estructura en términos de una doble interacción: la que se da entre la subclase 'alumnos' y la subclase unitaria 'profesor' (relación entre dos subclases distintas) y la que se da entre los miembros de la subclase 'alumnos' (relación interna a esa subclase). Estas dos interacciones pueden simbolizarse así: **f(x, y)**, **g(y, y)**. En seguida notamos que **f** es diferente a **g**, ya que en esta última los dos miembros pueden intercambiarse en la fórmula ('Pedro es compañero de Juan' = 'Juan es compañero de Pedro'), pero no sucede lo mismo en la función **f** ('Manuel enseña a José' = 'José enseña a Manuel'). Esto nos lleva a considerar las diversas propiedades de las relaciones: hay relaciones simétricas y no simétricas, transitivas y no transitivas, reflexivas y no reflexivas, etc. Hay además relaciones 'uno-a-uno', 'uno-a-varios' y 'varios-a-uno', etc. Todo esto nos da una idea de la cantidad de cálculos que es posible realizar sobre una estructura y de la cantidad de análisis que con este instrumento pueden efectuarse sobre un sistema de objetos. Salta a la vista el alcance del tratamiento estructural para dar cuenta de hechos empíricos a través de símbolos y de operaciones formales entre símbolos. De ello se derivan dos ventajas principales: en primer lugar, se obtiene un soporte riguroso para las descripciones y explicaciones (basta demostrar que los objetos empíricos se someten a las funciones proposicionales indicadas en la estructura, cosa que puede hacerse verificando si los cálculos entre los datos empíricos responden a los mismos cálculos formales de la estructura); en segundo lugar, dado que las posibilidades de formalización son muchísimas, aumenta la exactitud del razonamiento y pronto quedan al descubierto tanto los errores de apreciación de análisis empíricos como los engaños del lenguaje natural y las conexiones empíricas ocultas, aquellas que resultan difíciles de captar mediante un enfoque normal.

3.2. Sistemas

Mientras las estructuras son siempre referencias empíricas (los símbolos representan objetos y relaciones entre objetos previamente determinados), los **sistemas** en cambio son expresiones simbólicas puras, relacionadas unas con otras, pero totalmente vacías de contenido empírico: los sistemas no especifican a qué objetos de la realidad están representando ni se interesan en establecer correspondencia alguna con la realidad. Su única realidad es de tipo sintáctico (ver 2.2.2.). Son constructos lingüísticos de un lenguaje artificial cuyos elementos más importantes son las constantes individuales como **a**, **b**..., las variables como **x**, **y** ..., los funtores o símbolos de funciones proposicionales como **F**, **G**..., los operadores como \wedge , \vee , \rightarrow ..., los cuantificadores como \exists , \forall , y los signos de agrupación como paréntesis y puntos. Con la ayuda de las **reglas de formación**, se construyen expresiones o fórmulas del sistema. De éstas, hay unas que tienen una característica muy especial: son las expresiones básicas,

que aparecen en el sistema sin necesidad de justificarlas ni de definir las y que sirven para derivar todas las demás fórmulas. Estas expresiones básicas son los **axiomas** (equivalentes a los postulados), mientras que las expresiones derivadas de ellos son los **teoremas**. El proceso mediante el cual se deriva un teorema de los axiomas se llama **demonstración, prueba** o, simplemente, **derivación**. Cuando el sistema es **consistente** (de lo contrario hay que desecharlo), nunca se pueden derivar dos teoremas contradictorios entre sí.

Los sistemas son las construcciones ideales del método hipotético-deductivo y, dentro de este enfoque, son una de las maneras más seguras de razonar objetiva y sistemáticamente. Uno de los sistemas más famosos, por razones históricas, es el de la geometría de Euclides. Hoy en día hay muchísimos sistemas en matemática, lógica, física, biología, lingüística y economía, aunque todos ellos se construyen sobre un fondo lógico común que, por lo general, es el cálculo de predicados o lógica cuantificacional. Algunos sistemas que suelen tener bastante aplicación en ciencias sociales son el álgebra de Boole, la teoría de conjuntos, la teoría de grupos y, en general, las teorías de estructuras algebraicas (anillos, cuerpos...). A continuación veremos dos ejemplos muy sencillos de sistemas, con el objeto de ilustrar mejor la idea.

Un ejemplo muy sencillo es el de los lenguajes artificiales para computación, llamados sistemas combinatorios, utilizados para dar cuenta de todas las posibles frases que pertenecen al lenguaje en cuestión (entendido como conjunto cuyos elementos pueden ser nombrados o 'enumerados' mediante funciones recursivas). Uno de estos sistemas podría ser el siguiente, donde **Vt** es el vocabulario terminal (símbolos que aparecen en los teoremas o derivaciones finales y que equivalen a las frases del lenguaje estudiado), **Va** es el vocabulario auxiliar (símbolos que aparecen dentro del proceso de derivación, pero que no aparecen en las expresiones finales) y **R** son las reglas de formación (o derivación); cada una de estas dos reglas (**R1** y **R2**) está compuesta de dos elementos, separados por una flecha, lo cual indica que el elemento situado a la izquierda de la flecha puede ser reemplazado por el elemento situado a la derecha, cada vez que aparezca en una expresión, tanto si aparece solo como si aparece acompañado de otros símbolos (en cuyo caso los demás símbolos quedan intactos y sólo se sustituye el elemento en cuestión):

VT: a, b

Va: S

Axioma: S

R1: $S \rightarrow abS$

R2: $S \rightarrow ab$

Tomando el axioma como punto de partida obligatorio, se puede aplicar la regla 1 para obtener la expresión **abS**. Si a esta expresión aplicamos nuevamente la misma regla, obtendremos **ababS**. Si, seguidamente, aplicamos por tercera vez la regla 1, obtendremos **abababS**. Esta última expresión no es todavía el final de la derivación, ya que hay todavía un símbolo que no es del vocabulario auxiliar y, por tanto, no puede aparecer en las cadenas finales. Si seguimos aplicando la regla 1, volverá a aparecer **S** y obtendremos una cadena más larga. Si, en cambio, aplicamos la regla 2, desaparece el símbolo auxiliar y habrá terminado la derivación con el siguiente teorema: **abababab**. A pesar de lo sencillo de este ejemplo y a pesar de lo trivial que pueda parecer (obsérvese que **Vt** y **Va** podrían ampliarse con cualquier cantidad de elementos y podrían añadirse más reglas, con lo cual ya no sería tan sencillo), este tipo de sistemas que se acaba de ver ha permitido importantes avances teóricos en diversas disciplinas y es capaz de explicar diversos fenómenos reales, como veremos más adelante.

Otro ejemplo sencillo de sistema es el de los '**grupos**', que ha tenido bastante aplicación en el desarrollo reciente de la ciencia y que puede exponerse de la siguiente manera:

Términos primitivos

A: x, y, z, \dots (un conjunto cualquiera de elementos)

***** (operación entre cada dos elementos del conjunto **A**)

e / $e \in A$ (elemento particular que pertenece a **A**)

Axiomas

A1: $\forall x, y, z (x * y) * z = x * (y * z)$, es decir, la operación permite asociar los elementos del conjunto **A** de cualquier manera, sin que se altere el resultado.

A2: $\forall x (e * x = x)$, es decir, todo elemento operado con el elemento **e** permanece inalterado; **e** es un elemento neutro.

A3: $\forall x, x' (x * x' = x' * x = e)$, es decir, todo elemento de **A** tiene un inverso y el resultado de la operación entre un elemento cualquiera y su inverso respectivo es igual a **e** (el elemento neutro).

Lo que se plantea en el ejemplo anterior es la existencia de determinados conjuntos de objetos que se caracterizan por lo siguiente: es posible establecer sobre ellos una relación u operación cualquiera que los vincula de dos en dos; con respecto a esa operación, habrá siempre uno de ellos que no altera el resultado de la operación y que, por eso mismo, se omporta como neutro; además, por cada uno de esos objetos existe otro, tal que cuando se relacionan ambos mediante la operación indicada, el resultado que se produce es igual, precisamente, al mismo elemento neutro, aquel que no influye para que el resultado de la operación sea distinto al de los objetos que intervienen. En términos ambiguos, puede decirse que la acción entre objetos opuestos anula el efecto de dicha acción. Dicho de esta manera, se tiende un poco a dejar de pensar en signos formales (lógicos o matemáticos) y a imaginarse más bien diversas estructuras (que bien podrían ser realidades cotidianas) que podrían estar representadas en aquellos

axiomas. Nos acercamos entonces a la posibilidad de 'interpretar' ese sistema, de darle una correspondencia semántica encontrando significados o contenidos a los símbolos y de asociar algunas estructuras (como las que vimos en 3.1.) con la colección de símbolos del sistema. Esta posibilidad o este acercamiento nos lleva directamente a la idea de '**MODELOS**' o '**INTERPRETACIONES**' de un sistema, idea que veremos en el punto siguiente. Por ahora, digamos que un '**MODELO**' es, en sentido lógico[13], una '**estructura**' cuyos elementos y funciones proposicionales corresponden respectivamente a los símbolos individuales y a los símbolos funcionales de un mismo sistema.

3.3. Modelos

Se había hablado antes de sistemas lógicos y sistemas de objetos. Se habían mencionado también varias clases de sistemas lógicos (lógica del tiempo, de probabilidades, etc.) y se había sugerido que los sistemas de objetos pueden describirse en términos de estructuras lógicas, de tal manera que una estructura representa un sistema de objetos (de los cuales vimos algunos ejemplos referidos a la estructura familiar básica y a la de un aula de clases). Los sistemas lógicos, por el contrario, no son sistemas de objetos, sino sistemas de símbolos, de elementos puramente lingüísticos. A pesar de esta diferencia, cuando se habla de los axiomas del sistema de grupos y cuando se intenta exponerlos en lenguaje accesible, no podemos dejar de imaginarnos ciertos sistemas de objetos y, aunque sea de manera muy vaga, podríamos pensar por ejemplo en algunas formas de la estructura familiar o de la estructura del aula de clases: podríamos imaginarnos una función proposicional cualquiera que tuviera en las estructuras el mismo papel que tiene en el sistema de grupos el símbolo de operación (*) e imaginarnos además algunos objetos que pudieran equivaler a los símbolos individuales (x, y, z, e), de manera que nuestra estructura empírica cumpla efectivamente con todos o casi todos los axiomas del sistema lógico. De igual manera, cuando observamos el proceso de derivación de teoremas en el sistema combinatorio de ciertos lenguajes que pusimos como ejemplo sencillo, podemos también imaginarnos ciertos casos reales que funcionan más o menos de la misma manera, tal vez ampliando la cantidad de reglas en el sistema o aumentando la cantidad de términos en el vocabulario: el lenguaje cinematográfico es un ejemplo, tomando en cuenta que los planos filmicos se encadenan uno después de otro en una secuencia de montaje mediante la operación de concatenación. Otro ejemplo es el famoso cuento humorístico del folklore venezolano, de los *viejos que compraron un queso*[14].

Cada vez que encontramos una estructura cualquiera cuyos elementos se corresponden con las variables y constantes individuales de un sistema y cuyas funciones proposicionales se corresponden con los símbolos funcionales (operaciones o funtores) del mismo sistema, se dice que esa estructura es una **INTERPRETACION** o un **MODELO** apropiado del sistema en cuestión o, viceversa, que éste es un sistema apropiado de la estructura, ya que existe un **ISOMORFISMO** o **ISOMORFIA** (un tipo de función matemática) entre ambos.

Pero obsérvese también que los sistemas lógicos fueron elaborados para teorizar sobre problemas bien específicos. El sistema de grupos, por ejemplo, fue elaborado para dar cuenta de algunas operaciones (suma y multiplicación) sobre conjuntos numéricos y el sistema de reescritura que vimos fue elaborado para teorizar sobre ciertas características de los lenguajes naturales y artificiales. A pesar de eso, sucede que por cada sistema lógico se encuentran constantemente en la ciencia cantidades de estructuras empíricas que se regulan por sus axiomas y que resultan isomórficas[15] (para el materialismo dialéctico, por cierto, ésta es una señal de la unidad del universo en torno a la materia). Cuando una o más estructuras son todas interpretaciones de un mismo sistema, se dice que son isomórficas entre sí y que tienen una cobertura común, hasta el punto de que las clases de estructuras en el universo se conciben como clases de modelos de un sistema, es decir, el criterio para delimitar clases de estructuras se fundamenta en el sistema del cual sean ellas sus modelos.

Este criterio para delimitar clases de estructuras es, justamente, un principio básico de la sistematización del conocimiento científico y algo que nos debe llamar la atención como investigadores en educación: investigar científicamente es, de alguna manera, relacionar nuestro objeto de conocimiento con clases de estructuras isomórficas en función de sistemas lógico-matemáticos. Se hace evidente, entonces, que la búsqueda científica y la sistematización de la ciencia tiene mucho más que ver con las clases de estructuras y de sistemas lógicos que con las diversas disciplinas y especialidades académicas a las que estamos tan terriblemente acostumbrados (por eso, seguramente, el reciente auge del concepto de interdisciplinariedad). Si todo esto es cierto, no hay justificación alguna para que la investigación educativa continúe tan divorciada de las ciencias formales y naturales y, en general, de las ciencias más avanzadas (aquellas que han logrado determinar las más productivas relaciones entre modelos y sistemas) ni debería aceptarse que los administradores de la investigación educativa continúen desdeñando los trabajos de **adecuada** orientación teórica y prefiriendo aquellos otros que se orientan sólo a medir relaciones empíricas entre variables que no tienen ubicación en ninguna de las construcciones teóricas y que, por tanto, ya no son variables (en sentido científico, en la medida en que carezcan de correspondencias con conceptos sistematizados en una verdadera teoría, sin pensar, por otra parte, en la frecuente falta de control sobre la validez en la aplicación de los instrumentos de obtención de datos). Lo que se plantea no es la injustificación de este tipo de búsquedas, ya que ellas podrían tener un buen fundamento dentro de una categoría técnica del conocimiento; más bien, la injustificación está en promover sólo esta clase de trabajos y, al mismo tiempo, ignorar las opciones científicas e impedir las.

Parece razonable pensar que los necesarios replanteamientos y revisiones alrededor de la investigación educativa puedan ser efectivos si se soportan sobre el concepto de una base lógica y si, desde allí, se producen ciertas ideas elementales capaces de guiar las reflexiones y discusiones. Un primer paso debería ser el tratar de definir cuáles son los límites, las funciones y los componentes de esa base lógica. De momento, en esta exposición sólo se intentó llamar la atención sobre el particular.

BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

Para el Punto 1:

-Morin Lucien (1975): *Los Charlatanes de la Nueva Pedagogía*, Herder: Barcelona.

Para el Punto 2.1.:

- Amaz José A. (1985): *Iniciación a la Lógica Simbólica*. México: Trillas.
- Bechenski J.M. (1976): *Compendio de Lógica Matemática*. Madrid: Paraninfo
- Bueno Eramis (1976): *Lógica Polivalente*. La Habana: Instituto Cubano del Libro.
- Dalla Chiara María L. (1976): *Lógica*. Barcelona: Labor.
- Gardies Jean (1979): *Lógica del Tiempo*. Madrid: Paraninfo.
- Gardner Martín (1985) *Máquinas y Diagramas Lógicos*. Madrid: Alianza.
- Gianella de Salama A. (1982): *Lógica Simbólica y Elementos de Metodología de la Ciencia*. Buenos Aires: Ateneo
- Hughes G. & Cresswell M. (1973): *Introducción a la Lógica Modal*. Buenos Aires: Tecnos.
- Nidditch P.M. (1983): *El Desarrollo de la Lógica Matemática*. Madrid: Cátedra.

Para el Punto 2.2.:

- Braithwaite R.B. (1967): *La Explicación Científica*. Madrid: Tecnos.
- Bunge M. (1969) *La Investigación Científica*. Barcelona: Ariel.
- García Bacca J.D. (1977): *Teoría y Metateoría de la Ciencia*. Caracas: Ediciones de la Biblioteca, UCV, (Vol.I).
- Nagel E. (1970): *La Estructura de la Ciencia*. Buenos Aires: Paidos.
- Popper K. (1966): *La Lógica de la Investigación Científica*. Madrid: Tecnos.

Para el Punto 3:

- Academia de Ciencias de Cuba/URSS (1975): *Metodología del Conocimiento Científico*. La Habana: Ed. Ciencias Sociales.
- García Bacca J.D. (1977): *Teoría y Metateoría de la Ciencia*. (Vol. II). Caracas: UCV
- Navarro Joaquín (1975): *La Nueva Matemática*. Barcelona: Salvat.
- Serrano S. (1977): *Lógica, Lingüística y Matemática*. Barcelona: Anagrama.
- Stahl Gerold (1977): *Estructura y Conocimiento Científico*. Buenos Aires: Paidos.

[1]A lo largo de esta exposición se utilizará el término '**LOGICO**' o '**LOGICA**' exclusivamente con el significado de '**lógica formal**' o '**lógica matemática**'.

[2]Por **DISCURSO** se entiende aquí cualquier proceso generador de un texto (gráfico, sonoro, audiovisual...) en cuanto producto de un evento social determinado por unas intenciones y por una interacción de personas que se comunican, todo dentro de un cuadro de relaciones sistemáticas.

[3]Sería importante, sin embargo, reflexionar sobre lo que se entiende en esos textos por "limitaciones", por ejemplo, o por "teoría" y "teórico", por "instrumentos", por "objetivos" de investigación o por "tipos de investigación", etc., todo a la luz de ciertos conceptos y herramientas provenientes de una base lógica amplia.

[4]Es diferente al caso de las proposiciones y juicios teóricos y al de los supuestos de investigación, los cuales tienen un valor diferente. La alusión es con respecto a los clásicos argumentos "ex auctoritate", cuya falacia e invalidez ha sido demostrada desde la antigüedad, y, más en general, con respecto a una cierta tendencia que no reconoce los mecanismos de consistencia y validez interna de que puede disponer un discurso científico y que prefiere los soportes de autores antes que tales mecanismos de base lógica.

[5]Al menos en un plano científico esa es la función básica de la lógica. En otros planos se habla de otras funciones. Así, por ejemplo, dice un autor: "La lógica formal es algo más que una tecnología: es la moral del pensamiento y del discurso. Enseña el ejercicio de la honestidad total (...). Supone un escudo contra la verborrea, el sinsentido, la falta de responsabilidad en la afirmación de enunciados, contra el irracionalismo. De esta forma, la lógica puede constituirse en un poderoso factor de la formación del carácter humano" (Bochenski, J.: **Compendio de Lógica Matemática**, Paraninfo, Madrid, 1976, p.8).

[6] Hay un ejemplo que ya es clásico, para ilustrar este problema: el enunciado "está lloviendo" se somete a un análisis bivalente de 0 a 1, pero el enunciado "mañana lloverá" exige un análisis trivalente, por lo menos (verdadero, falso e incierto).

[7] Las discusiones, por ejemplo, entre investigadores 'cualitativistas' y 'cuantitativistas', 'naturalistas', 'empiristas' y 'racionalistas' o sobre la validez de investigaciones 'participativas', de 'acción' y 'comprometidas' pueden resolverse (o, al menos, plantearse más racionalmente) sobre la base de unas cuantas categorías de discurso. Mientras tanto, continuarán siendo discusiones estériles en la medida en que, en general, no se soporten sobre una base lógica amplia.

[8] *La Investigación Científica*, Ariel, Barcelona, 1969

[9] **Teoría y Metateoría de la Ciencia**, Ediciones de la Biblioteca, UCV, Caracas, 1977 (2 vols.)

[10] Se entiende por **formalización** la conversión de una expresión del lenguaje natural a otra expresión de un lenguaje artificial, con el propósito de sustituir las operaciones de razonamiento sobre un objeto por operaciones entre símbolos, bajo ciertas reglas de selección y combinación. Los lenguajes artificiales lógicos y matemáticos constan esencialmente de un vocabulario, unos signos de encadenamiento y agrupación y unas reglas de formación que permiten construir cadenas de símbolos (fórmulas) y decidir rápidamente cuáles de ellas pertenecen al lenguaje ('fórmulas bien formadas') y cuáles no. Sin embargo, los lenguajes de este tipo dependen estrechamente del sistema lógico o matemático utilizado, ya que éstos mismos, de por sí, constituyen un sistema de lenguaje y al seleccionarlo y al construir fórmulas particulares, éstas deben forzosamente pertenecer al sistema escogido.

[11] Nótese que la escala no es entre los extremos 'teórico' vs 'empírico' sino entre los extremos de abstracción 'sistemática-objetiva' vs 'asistemática-subjetiva'.

[12] Referida por Yuren Ma.T. (1984): **Leyes, Teorías y Modelos**. Trillas, México, p. 43.

[13] El concepto de '**modelo**', tal como se usa aquí, así como sus funciones, características, relaciones, etc., constituye la llamada **Teoría de Modelos**, en el seno de la Semántica Lógica y la Metamatemática.

[14] Es un caso típico de conjunto recursivamente enumerable: "Vino un ratón y se comió el queso que compraron la vieja y el viejo. Vino un gato y se comió al ratón que se comió el queso que compraron la vieja y el viejo. Vino un perro y mordió al gato que se comió al ratón que se comió el queso que compraron la vieja y el viejo..." Y así, sucesivamente, hasta la frase final que refleja, precisamente, el carácter de las reglas del sistema lógico: "El caimán se acostó y el cuento se acabó, aunque **podría seguir si usted quiere**".

[15] Para demostrar que una estructura cualquiera es modelo de un sistema determinado, basta con probar que las funciones que rigen en la estructura rigen también en el sistema: si los axiomas se dan en la estructura, se darán también en ésta los mismos teoremas del sistema. Las estructuras empíricas son relevantes para la ciencia en la medida en que sean modelos de un sistema (ya existente o construido por el científico, de manera que hacer ciencia es relacionar modelos con sistemas).
