

# La evaluación de habilidades de pensamiento superior. Una mirada a la evaluación en el aula de clase, en el campo de las ciencias naturales\*

Carlos Emilio García Duque\*\*

## Resumen

Este artículo presentó algunos planteamientos sobre la naturaleza de la evaluación en las ciencias naturales y la importancia de comprender el papel del error en el largo y tortuoso camino que conduce a la postulación de teorías científicas paulatinamente más audaces y mejores. Extrapolo esta metáfora al campo de la enseñanza en general y al de la epistemología en particular, y procuro despejar algunas confusiones sobre la naturaleza de la verdad y su papel como ideal regulador de la ciencia, desde la perspectiva de Popper. Finalmente, presento algunas recomendaciones para aplicar los resultados de este análisis a la evaluación de habilidades de pensamiento superior en la práctica docente universitaria.

**Palabras clave:** evaluación, habilidades de pensamiento de orden superior, epistemología falsacionista, Popper.

## Superior thinking abilities' evaluation: A look to the evaluation in the classroom, in the natural sciences' field

### Abstract

This paper, some ideas about the nature of evaln this paper, I advance some claims about the nature of evaluation in natural sciences and the importance of understanding the role of error in the long and difficult road that leads us to postulate scientific theories that are bolder and better. I take this metaphor to the field of teaching in general and to that of

epistemology, in particular, and I try to dispel some misunderstandings on the nature of truth and its role as a regulatory ideal for science, from Popper's perspective. Lastly, I give some recommendations to apply the results of this analysis to the evaluation of abilities of higher order thinking in the practice of teaching in college.

**Key words:** evaluation, higher order thinking abilities, falsificationist epistemology, Popper.

## A avaliação de habilidades de pensamento superior. Uma olhada à avaliação na sala de aula, no campo das ciências naturais

### Resumo

Neste artigo apresento algumas propostas sobre a natureza da avaliação nas ciências naturais e a importância de compreender o papel do erro no longo e tortuoso caminho que conduz à postulação de teorias científicas paulatinamente mais audazes e melhores. Extrapolo esta metáfora ao campo do ensino em general e ao da epistemologia em particular, e tento despejar algumas confusões sobre a natureza da verdade e seu papel como ideal regulador da ciência, desde a perspectiva de Popper. Finalmente, apresento algumas recomendações para aplicar os resultados desta análise à avaliação de habilidades de pensamento superior na prática docente universitária.

**Palavras importantes:** avaliação, habilidades de pensamento de ordem superior, epistemologia falsacionista, Popper.

\* Artículo derivado del proyecto de investigación "Temas y problemas en Epistemología" realizado en la Universidad de Caldas y desarrollado entre 2012-2013.

\*\* PhD. en Filosofía de la Universidad de Florida. Profesor de Filosofía en la Universidad de Caldas y de epistemología en la Universidad de Manizales. Autor de artículos y traducciones que han aparecido en distintas revistas nacionales e internacionales. Ha publicado los libros *Evolución histórica del pensamiento científico* (Universidad de Manizales, 1997), *Introducción a la lectura de Popper* (Universidad de Caldas, 2001) y *Popper's theory of science* (Continuum, 2006).

## Introducción

De manera formal o informal, hace mucho tiempo que los docentes universitarios tenemos contacto con teorías, definiciones y conceptos sobre evaluación. En efecto, una parte notable de nuestra labor académica involucra la preparación, administración y procesamiento de diversas actividades, tareas o productos mediante cuya ponderación asignamos calificaciones a nuestros estudiantes y, de paso, tomamos decisiones sobre aspectos como la promoción, la retención o la exclusión de las aulas. Los expertos nos han instruido sobre los propósitos, y tipos de evaluación, y nos han informado sobre las características que tienen que cumplir los instrumentos empleados para evaluar. Por otro lado, nociones como 'objetividad', 'validez', y 'confiabilidad' se han tornado familiares en nuestro trabajo evaluativo. En este escrito voy a apartarme deliberadamente de los aspectos teóricos y de las consideraciones técnicas sobre el tema de la evaluación. Partiendo del presupuesto de que las metas fundamentales de la educación universitaria son la formación de habilidades de pensamiento de orden superior, el desarrollo de la capacidad crítica, y la validación o la producción de teorías capaces de resolver problemas significativos, me propongo explorar las relaciones entre evaluación en el aula, epistemología y pensamiento crítico, restringidas al caso de las ciencias naturales. En el desarrollo de mis ideas combatiré algunos mitos, entre ellos, el de la objetividad en la evaluación y el del estatus privilegiado del conocimiento científico. En la parte propositiva de mi ensayo, sugeriré estrategias orientadas a que el profesor universitario aproveche la evaluación como un mecanismo para estimular el desarrollo del pensamiento crítico y fomentar la creatividad y la originalidad. La operatividad de mis estrategias depende de la adecuada comprensión de los procesos de construcción del conocimiento y de una interpretación plausible del crecimiento de la ciencia, a fin de contemplar, desde una perspectiva nueva, los productos que se desarrollan en el aula de clase, en el laboratorio y, en general, en la academia uni-

versitaria. Comenzaré con una discusión breve sobre las clases de conocimiento que se privilegian en el mundo escolar, para pasar luego a caracterizar las habilidades de pensamiento superior y el problema de determinar el estatus epistémico de la ciencia.

## Tipos de conocimiento

Hace ya tres décadas que Anderson propuso su famosa clasificación dual mediante la cual distinguió entre conocimiento declarativo y conocimiento procedimental<sup>1</sup> (Jiamu, 2001). El conocimiento declarativo incluye información fáctica y verbal, recuerdos basados en signos y sentidos (representados por proposiciones abstractas) y recuerdos basados en la percepción, como por ejemplo imágenes visuales, secuencias de sonidos o letras (ordenamientos lineales) y otros códigos mnémicos similares. El conocimiento procedimental incluye la habilidad para monitorear nuestros propios procesos cognitivos (lo que generalmente se denomina metacognición). Por otra parte, el conocimiento declarativo incluye una amplia gama de hechos y conceptos que van desde la información anecdótica acerca de eventos en la vida diaria del individuo, hasta el conocimiento conceptual altamente organizado y elaboradamente interrelacionado del experto en un tema. También incorpora el conocimiento de imágenes visuales específicas (por ejemplo, de un animal u objeto prototípico) o de una secuencia particular (como la ortografía de una palabra). Por contraste, el conocimiento procedimental implica la capacidad automatizada que nos permite hacer algo, desde producir alguna respuesta abierta, y transformar y poner a prueba información en la memoria activa, hasta organizar nuevos métodos para resolver problemas y monitorear la efectividad con la cual tales métodos se pueden emplear. Es posible modelar las habilidades cognitivas como formas de conocimiento procedimental. Las habilidades de pensamiento metacognitivo o de orden superior se consideran como un tipo especial de conocimiento procedimental.

1 "La distinción entre los dos tipos de conocimiento es crucial para comprender los procesos cognitivos mentales. Facilita las cosas para que los profesores se vuelvan competentes en la elección de los métodos y estrategias de enseñanza adecuados que ayuden a facilitar de manera más eficaz el dominio de los conocimientos y habilidades de los estudiantes de acuerdo con sus capacidades. Inclusive nos permite obtener más de los educandos y en este sentido puede ayudar a crear un futuro más brillante".

Todas las actividades cognitivas requieren tanto del conocimiento declarativo como del procedimental; pero en la práctica, las tareas educativas difieren claramente en las demandas que imponen sobre una u otra clase de conocimiento. Por ejemplo, las pruebas tradicionales de desempeño en áreas como los idiomas o la geografía, diseñadas para evaluar el conocimiento fáctico, imponen altas demandas sobre el inventario y la capacidad del examinado para recuperar conocimiento declarativo. Por otra parte, exámenes sobre razonamiento matemático o destrezas de visualización espacial, a menudo imponen demandas mayores sobre la ejecución de ciertas habilidades o procesos cognitivos del estudiante. Otras tareas –por ejemplo, la de escribir un ensayo– pueden requerir mezclas complejas tanto de conocimiento fáctico como de habilidades cognitivas. Es preciso anotar que el trabajo en el aula de clase puede hacer énfasis en el conocimiento declarativo, mientras que deja sin desarrollar, o aplicar (o simplemente lo deja implícito), el conocimiento procedimental correspondiente.

Hay, por supuesto, ciertas relaciones entre el conocimiento declarativo y el procedimental. Los expertos suelen concordar en la idea de que las estrategias metacognitivas se pueden usar para estructurar nuevo conocimiento declarativo. Por otra parte, el nuevo conocimiento procedimental tiende a considerarse como conocimiento declarativo previo, que hemos logrado vincular a sus condiciones de uso. Esto implica que existe reciprocidad entre ambos tipos de conocimiento, y las teorías que explican la adquisición de nuevo conocimiento procedimental hacen énfasis en aspectos como la discriminación y la generalización y, particularmente, en la automatización. Según el modelo ya clásico de Anderson (1983) hay tres etapas en el proceso de automatización del conocimiento<sup>2</sup>. En la primera etapa, el conocimiento se representa de manera declarativa y tiene que procesarse conscientemente mediante conocimiento procedimental de propósito general. En la segunda etapa, el estudiante comienza a desarrollar (o ‘compilar’) reglas de producción específica a través de la práctica

con realimentación. Este proceso se ha descrito como el almacenamiento de un registro mnémico de las condiciones que prevalecieron cuando se ejecutó una acción exitosa. En un momento determinado solo se pueden procesar algunas partes de una operación compleja, debido a las limitaciones de la memoria funcional. Ya que es posible aprender tanto procedimientos correctos como incorrectos, en esta etapa resulta crucial la realimentación. O bien los estudiantes deben generar su propia realimentación, o deben contar con una fuente externa (un tutor, un profesor, un material educativo computarizado, entre otros). Los procesos instruccionales que motivan a los estudiantes a desarrollar estándares internos para juzgar el grado de adecuación de sus propios desempeños promueven aprendizajes independientes y significativos. Los estudiantes que no poseen tales estándares tienen que confiar en la realimentación externa, que no siempre está disponible y, en consecuencia, tienen mayores posibilidades de emplear procedimientos incorrectos. Mediante la práctica continua, procedimientos que se han aprendido por separado pero se ejecutan en forma secuencial se pueden integrar en una producción unitaria que mejora el desempeño. En la tercera etapa se generaliza el rango de aplicación del procedimiento, de manera que se aplique en un campo más amplio de condiciones o, *converso modo*, se especializa su rango de aplicaciones. Estos cambios tienen lugar gracias a la práctica intensiva con realimentación. Muchas veces se requieren cientos de ensayos y, para ciertas áreas, el desempeño puede seguir mejorando de manera significativa después de miles de ensayos.

Es por esa razón que para muchos psicólogos cognitivos el aprendizaje y el pensamiento son constituidos por el proceso de desarrollar y ejecutar secuencias de reglas de producción sobre-aprendidas. Algunas de estas reglas son específicas (si debo sumar 3 y 2, el resultado es 5), pero otras son más generales (si estoy leyendo, y el objetivo es comprender un texto, y si no comprendo, entonces debo releer el pasaje problemático). Las secuencias de reglas

2 Vale la pena subrayar el uso de lenguaje tomado de las denominadas ciencias de la computación, en descripciones que trascienden el nivel de la simple metáfora. Este tema ha sido ampliamente desarrollado en Asher y Lascarides en 2001.

condicionales de este tipo se denominan 'sistemas de producción'. Por medio de la práctica y la experiencia, estos sistemas se pueden generalizar para que cubran más ejemplos y también se pueden especializar de modo que sirvan para dominios particulares.

### **Habilidades de pensamiento de orden superior**

Aunque las teorías acerca de los sistemas de producción tornan innecesaria la postulación de procesos de ejecución, aun resulta conveniente distinguir entre las habilidades cognitivas que se emplean para ejecutar el proceso de codificación, almacenamiento, recuperación y transformación de la información, y los procesos de orden superior (metacognitivos o ejecutivos) necesarios para poner en marcha los procesos de orden inferior y para monitorear el resultado de las transformaciones y respuestas generadas por dichos procesos. Los términos que se usan para distinguir entre las habilidades de pensamiento de orden inferior y las de orden superior varían notablemente, pero hay cierto consenso acerca del hecho de que estas habilidades metacognitivas están entre las competencias mentales más transferibles. (Wagner & Sternberg, 1984).

Por otra parte, muchos teóricos distinguen entre *conocimiento metacognitivo* y *procesos metacognitivos* en un claro paralelo con la distinción entre conocimiento declarativo y conocimiento procedimental. Los procesos ejecutivos o metacognitivos se usan para planear, monitorear, evaluar y modificar procesos de ejecución. El conocimiento metacognitivo es el conocimiento resultante de esta actividad reflexiva. Aunque el conocimiento de la propia actividad cognitiva aumenta con la edad, todavía no es muy claro si los procesos metacognitivos más efectivos producen o requieren conocimiento metacognitivo de calidad superior. Es evidente que buena parte de los procesos metacognitivos se ejecutan de manera inconsciente y, por tanto, no se pueden inspeccionar mediante la introspección, mientras que el conocimiento metacognitivo, por lo general, es consciente, y en esta medida es más accesible y más fácil de reportar. Además, el conocimiento metacognitivo puede ser específico (relativo

a un dominio) mientras que los procesos metacognitivos involucrados pueden ser muy generales. A manera de ilustración, veamos algunos de los procesos metacognitivos que se usan en la literatura para distinguir entre estudiantes de mayor y menor desarrollo: monitoreo de la comprensión (los estudiantes de menor desarrollo no logran identificar cuando no entienden algo); uso de claves propias para evaluar su propio desempeño (los estudiantes de menor desarrollo experimentan dificultades para juzgar su propio desempeño sin retroalimentación externa y tienden a sobreestimar la calidad de sus productos); planeación (muchas tareas complejas requieren un grado mínimo de planeación que involucra mucho más que el monitoreo metacognitivo –algunos pésimos resolutores de problemas, a menudo proceden de manera impulsiva, sin tomar tiempo para considerar opciones, o desarrollar y poner a prueba una estrategia–); mantenimiento de metas (el pensamiento complejo requiere que el alumno mantenga sus pensamientos enfocados en el blanco –los estudiantes de menor desempeño tienen dificultades para ignorar distracciones internas y externas–); flexibilidad (detectar que un conjunto de operaciones cognitivas particular no produce el resultado deseado es de poca utilidad a menos que uno pueda activar una aproximación alternativa al problema –las personas de mayor desarrollo a menudo demuestran mayor flexibilidad de pensamiento–).

Es preciso reconocer y formular adecuadamente los problemas antes de resolverlos. Un tema común relacionado con las cinco habilidades metacognitivas que acabo de mencionar implica la capacidad de reconocer algo como erróneo, diferente, o nuevo, a fin de que podamos poner en marcha distintos procesos de ejecución. Así, algunos han argüido que el reconocimiento de patrones es la clave de todos los procesos cognitivos. Uno tiene que aprender a reconocer ciertas configuraciones de claves internas que indican, digamos, falta de comprensión en lo que se ha leído, del mismo modo que aprende a reconocer el patrón de claves externas que indican que uno debe detenerse en una intersección. En todo caso, la acción apropiada depende del reconocimiento de los patrones apropiados. Es por esto que algunos de los esfuerzos más exitosos para enseñar habilidades de pensamiento

hacen énfasis en las fases de reconocimiento de problemas y planeación de soluciones, más que en la fase resolutoria propiamente dicha.

### **Los compromisos epistemológicos en la concepción ordinaria de la ciencia natural**

A partir del advenimiento de la ciencia clásica ha tomado fuerza una concepción de la ciencia natural bastante popular y a la que se suscriben por igual legos y expertos. Esta concepción proviene de las sugerencias de quienes participaron directa o indirectamente en el proceso de conformación y desarrollo de sus principales teorías. Me refiero a filósofos como Descartes y Bacon, y a científicos como Copérnico, Galileo, Kepler y sobre todo Newton<sup>3</sup> (García, 1998). A grandes rasgos, dicha concepción afirma que la ciencia natural se caracteriza por ser objetiva, es decir, por ocuparse de un mundo más o menos independiente de nuestras creencias y deseos; por emplear procedimientos de inferencia inductivos (asegurando de este modo un rol fundamental a la observación en el doble papel de punto de partida y criterio de contrastación); por buscar y encontrar la certidumbre, lo que le permite hablar con autoridad sobre los procesos que ocurren en la naturaleza; por ser verificable y, finalmente, por ofrecer descripciones del mundo dotadas de un grado asombroso de precisión y exactitud.

No resulta extraño que los procesos formales de enseñanza en el nivel superior y, junto con ellos, los de preparación de nuevas generaciones, de lo que de manera tan apropiada ha denominado Kuhn *comunidades científicas*, se hayan diseñado y ejecutado bajo la inspiración de estas cinco características. Tampoco resulta extraño que, tradicionalmente, buena parte de las actividades de evaluación hayan incorporado el espíritu de la concepción ordinaria de la ciencia natural en los estándares a los que deben ajustarse los aprendices y los futuros expertos durante toda su vida académica. En efecto, si el secreto del éxito arrollador de la ciencia clásica se debe al

empleo sostenido de los principios metodológicos y epistemológicos implícitos en las características arriba mencionadas, no hay ninguna razón para cambiar de estrategia, mientras que sí corren muchos riesgos quienes consideran otras alternativas.

La buena ciencia es, pues, aquella que se ajusta a los estándares arriba identificados, y la manera más segura de convertirse en un buen científico consiste en aprender a reconocer y emplear eficazmente sus criterios. En este orden de ideas, resulta imprescindible desarrollar y aplicar habilidades metodológicas aprendiendo a filtrar observaciones y a darles el tratamiento cuantitativo apropiado; buscando proposiciones o teorías de certeza incuestionable; garantizando la corrección de las hipótesis a través de la verificación; asegurando la precisión de nuestras mediciones y predicciones mediante el empleo de métodos e instrumentos de medida cada vez más sofisticados; en resumen, resulta fundamental apartarse del error tanto como sea posible y, a cambio, ofrecer respuestas exactas y soluciones a prueba de fallos. De conformidad con estos *desiderata*, el enfoque tradicional de la evaluación incorporaba entre sus criterios más importantes aspectos como la objetividad, la validez cuantitativa y la corrección de resultados. En síntesis, el enfoque tradicional de la evaluación se resume en una especie de 'todo o nada' bajo cuyo manto protector (ya sea que se otorgue algún valor a las etapas previas o a los procesos de resolución de problemas, o que la evaluación se concentre exclusivamente en los resultados) se reproducen los estilos de enseñanza y de cultivo de la ciencia mediante los cuales se han formado numerosas generaciones de académicos.

Infortunadamente, la ciencia clásica no logró cumplir todas sus promesas y junto con su propio descalabro arrastró casi todos los compromisos epistemológicos en que se había fundamentado, y que para muchos intérpretes todavía constituyen los pilares básicos de la práctica y la enseñanza de la buena ciencia. El filósofo vienés Karl Popper ha explicado claramente las ra-

3 No tengo tiempo para exponer aquí la extensa y compleja historia del surgimiento de la ciencia moderna hasta culminar en la gran síntesis de Newton. Como bien se sabe, la ciencia moderna nace en medio de un diálogo fructífero entre los filósofos y los científicos, que para este período no se distinguen claramente unos de otros. He tratado esta historia en detalle en mi *Evolución histórica del pensamiento científico*. Manizales: Universidad de Manizales, 1998.

ziones por las cuales resulta indispensable cuestionar compromisos epistemológicos como el carácter exclusivamente objetivo de la ciencia, la necesidad de apelar a métodos inductivos, la posibilidad de alcanzar la certidumbre mediante sus teorías, la precisión de sus descripciones o predicciones, y las ventajas de usar los métodos de contrastación verificacionistas. Aunque este no es el momento adecuado para desarrollar tales razones, permítanme al menos recordarles que prácticamente todos estos compromisos epistemológicos se desploman junto con el colapso de la inducción. Y, aunque este es un asunto controvertido, por mi parte no tengo la menor duda de que la ciencia natural no ha procedido ni puede proceder mediante nada que se parezca remotamente a lo que los lógicos han denominado inducción<sup>4</sup>. (García, 2001).

Con el fin de esclarecer la postura que yo defiendo, concentremos la discusión en uno de los principios epistemológicos de mayor aceptación entre los defensores de la concepción ordinaria de la ciencia natural. En su formulación más fuerte sostiene que las teorías científicas son verdaderas, y en la más débil sustituye este planteamiento con la tesis de que el fin de la ciencia consiste en la búsqueda y establecimiento de certidumbres. Antes de examinar los detalles de este principio, es necesario hacer dos precisiones. La primera es que el tipo de teoría que nos interesa aquí es de naturaleza empírica, pues teorías analíticas (como las que pertenecen a las llamadas ciencias formales) bien pueden ser verdaderas sin que ello afecte la presente discusión<sup>5</sup>. La segunda es que la noción de *certidumbre* es estrictamente subjetiva (corresponde a un estado psicológico) y que aporta poco a la consecución de otros principios de importancia cardinal, como el de objetividad. Para efectos de caracterizar mi posición, asumo la concepción enunciativista de las teorías, según la cual las teorías son sistemas (o conjuntos) de enunciados, y la complemento con la teoría correspondentista de la verdad, de acuerdo con la cual un enunciado es verdadero, si y solo si, lo que dice corresponde a los hechos. Desde este punto de vista, una teoría es verdadera si todos sus enuncia-

dos son verdaderos (en este caso, su valor de verdad es función del valor de verdad de todos los enunciados que la componen). Por razones lógicas, una teoría es falsa si uno solo de sus enunciados es falso.

Supongamos que, en efecto, el conjunto de enunciados (empíricos) que compone una teoría puede aparearse con el conjunto de hechos que conforman el estado de cosas correspondiente. Para una teoría verdadera, la operación de apareamiento debería ser perfecta. Todos los enunciados corresponderán a hechos y no hallaremos ningún enunciado que deje de cumplir este criterio. Desafortunadamente esto rara vez ocurre (excepto en el caso de teorías formuladas pobremente o totalmente simples y anodinas). Una actitud más realista hacia la ciencia nos aconseja esperar un ajuste parcial en tales intentos de apareamiento: algunos de los enunciados de la teoría se ajustarán a los estados de cosas, y otros, no. Si logramos distinguir grados o niveles en el ajuste parcial, podríamos llegar a una caracterización alternativa de la verdad, en términos de lo que Popper ha denominado 'verosimilitud'. Resulta tentador pensar, para cada teoría en particular, que entre más enunciados logremos aparear con el estado de cosas, obtendremos un mayor grado de verosimilitud. Esto, sin embargo, no puede ser correcto. No se trata simplemente de contar instancias exitosas de correspondencia y tomar decisiones sobre el grado de verosimilitud atribuido a una teoría, pues ciertas operaciones lógicas (*e. g. reiteración; conjunción*) pueden incrementar artificialmente el número de enunciados verdaderos, contaminando así nuestro criterio de verosimilitud. En otras palabras, la mera cardinalidad de ajustes exitosos no puede proporcionar una caracterización adecuada del grado de verosimilitud de una teoría.

Se puede obtener una cualificación más adecuada empleando un criterio para seleccionar los enunciados cuya verdad resulta importante al momento de decidir el estatus epistémico de una teoría. Supóngase que hacemos a un lado todas las verdades analíticas, amén de desca-

4 El lector interesado puede consultar la abundante bibliografía de y sobre Popper. He incluido una presentación esquemática del problema en mi *Introducción a la lectura de Popper*. Manizales: Universidad de Caldas, 2001.

5 Por esta razón, en lo sucesivo, cada vez que hablemos de teoría, se entiende que estamos hablando de *teoría empírica*.

lificar las posibles operaciones lógicas que se pueden realizar con ellas. Además, supóngase que excluimos las operaciones lógicas ejecutadas sobre enunciados empíricos atómicos. Entonces, con ayuda de la noción de contenido empírico<sup>6</sup> podemos formular un criterio que nos permita determinar, dadas dos teorías rivales, cuál es más verosímil. Una teoría  $T_2$  es más verosímil que una teoría rival  $T_1$ , si la razón de sus enunciados empíricos verdaderos con respecto a los falsos es mayor que la de  $T_1$  (siempre y cuando  $T_2$  no tenga más enunciados falsos que  $T_1$ )<sup>7</sup>. Pero esto significa también que  $T_2$  tiene más contenido empírico que  $T_1$ . Por otro lado, aunque idealmente se puede considerar la posibilidad de una teoría científica genuina que carezca por completo de enunciados falsos y, por tanto, tenga el máximo grado de verosimilitud (en otras palabras, que fuese absolutamente verdadera), la historia de la ciencia conocida muestra que, salvo para teorías triviales, este no parece ser un fin alcanzable. Si restringimos nuestra investigación a las teorías que efectivamente han sido producidas por la mente humana, pronto llegamos a la conclusión de que ninguna de ellas cumple el criterio para ser considerada absolutamente verdadera, pues todas ellas contienen algunos enunciados falsos.

## ¿Hay teorías verdaderas?

En el mundo de la academia, muchas personas se resisten a aceptar mi anterior conclusión. Esencialmente se levantan dos tipos de crítica. Según el primer tipo, las teorías científicas que gozan de mayor reconocimiento (como por ejemplo, la física de Newton o la de Einstein) son verdaderas *simpliciter*. Como se ve fácilmente, esta

posición es tributaria del planteamiento controvertido de que teorías *falsas* puedan hacer parte del *conocimiento* científico (decir que podemos tener conocimiento falso parece ser una *contradictio in adjecto*). Según el segundo tipo, o bien es posible imaginar una teoría científica absolutamente verdadera, o bien cabe esperar que, en el futuro, consigamos formular una teoría tal. Dicha posición resume lo que se ha llamado en la literatura, un argumento de concebibilidad o de posibilidad lógica. Voy a exponer algunas de las razones que fundamentan ambas críticas para luego responder a ellas.

He de admitir que la idea de que haya algo como 'conocimiento falso' resulta extraña, y que si las teorías científicas no son verdaderas, sino verosímiles, también debemos considerarlas falsas. Pero ¿cómo podemos obtener conocimiento científico si nuestro único insumo corresponde a teorías falsas? Semejante situación no parece correcta. La epistemología tradicional ha hecho de la verdad una condición esencial del conocimiento y ha rechazado la idea de que podamos tener conocimiento falso. Por supuesto, ningún popperiano desea afirmar que cuando falsamos una teoría científica (tomen el sistema ptolemaico del mundo como ejemplo) seguimos admitiendo que esta teoría nos brindaba *conocimientos* en el sentido tradicional de la palabra 'conocer'. Esta dificultad se puede resolver apelando a la distinción que hace Popper entre conocimiento en sentido subjetivo y conocimiento en sentido objetivo. No parece razonable decir que alguien *conoce* una teoría (o un enunciado) falsa, pero no hay ningún problema en decir que una teoría falsa formaba parte de la ciencia vigente en una época histórica determinada o de la cosmovisión de una comunidad científica en particular<sup>8</sup>. La crítica que ahora nos ocupa pue-

6 Popper lo define así: "el contenido empírico de un enunciado  $p$  es la clase de sus falsadores potenciales". Este contenido aumenta con el grado de falsabilidad de un enunciado, ya que entre más prohíbe un enunciado, tanto más dice sobre el mundo de experiencia posible. (Popper, 1982, 114).

7 Esta formulación es, en realidad, una variante de la definición cualitativa de la verosimilitud que ofrece Popper en *Objective Knowledge*. Formalmente, se puede expresar como sigue. Hagamos de DT (distancia a la verdad) una función de CtT (contenido de verdad) sobre CtF (contenido de falsedad). Entonces, una teoría (a) será mejor que una teoría (b) (le asignamos un mayor grado de verosimilitud a (a)) si y sólo si:  $CtT(a) / CtF(a) > CtT(b) / CtF(b)$  y  $CtF(a) \leq CtF(b)$ .

8 Para algunos autores, la distinción entre conocimiento y creencia explica adecuadamente esta situación. Sólo podemos conocer lo que es verdadero, pero podemos creer tanto enunciados verdaderos como falsos. En esta línea argumentativa, las teorías falsas simplemente forman parte del arsenal de creencias sobre el mundo que uno puede considerar en un momento dado. Haciendo a un lado las dificultades que infectan la distinción entre conocimiento y creencia, considero que esta es una buena respuesta si bien está lejos de ser la respuesta satisfactoria. Por ejemplo, no puede explicar la forma como entendemos y tratamos los productos de la ciencia en la actualidad, para no mencionar que no puede proporcionarnos una explicación apropiada del rol de las teorías superadas en lo que se considera como una empresa de largo plazo, a saber, la búsqueda de un conocimiento cada vez mejor y más profundo del mundo natural. (La solución popperiana estándar para este problema consiste en tratar las teorías falsas como conjeturas fallidas). Ver también: (Bernecker & Dretske, 2000).

de disolverse si indexamos las teorías empíricas a etapas en el desarrollo de la ciencia, porque sea lo que fuere lo que las teorías científicas nos proporcionan, en última instancia tiene que ser entendido en términos de *conocimiento*. Dicho *conocimiento* es muy diferente del conocimiento proposicional del tipo “sé que llueve ahora” o “sé que Havick tiene un Ford”. En estas instancias, tratamos con asuntos que, pese a ser argüibles, se pueden decidir dentro de ciertos grados de certeza, lo cual no es nunca el caso para el tipo de conocimiento incorporado en las teorías científicas. Podemos ilustrar mejor el contraste que hay entre esta clase de enunciados y los de la ciencia, mediante el siguiente pasaje:

[E]n el sentido usual de ‘conozco’, siempre que sé que llueve, tiene que ser verdad que llueve; porque si no es verdad, entonces simplemente no puedo saber que llueve, no importa cuán sinceramente pueda creer que lo sé. En este sentido de la palabra, ‘conocimiento’ siempre significa ‘conocimiento cierto y verdadero’; y ‘conocer’ significa, además, estar en posesión de una *razón suficiente* para sostener que nuestro conocimiento es verdadero y cierto. [En contraste] no hay cosa tal como conocimiento científico en este sentido. No obstante, si elegimos calificar los resultados de nuestras actividades científicas con el nombre acostumbrado de ‘conocimiento científico’, entonces tenemos que tener claro que el conocimiento científico no es una especie de conocimiento, y mucho menos, una especie con alto grado de solidez o certeza. Por el contrario, si lo medimos con los máximos estándares de la crítica científica, el ‘conocimiento científ-

fico’ siempre será puro trabajo de adivinar -aunque adivinación controlada por la crítica y el experimento-<sup>9</sup>.

Es posible enfrentar la segunda crítica con una estrategia diferente, para cuyo desarrollo debemos distinguir entre la posibilidad lógica de una teoría científica verdadera (en el sentido de la verdad de la conjunción de todos sus enunciados) y la posibilidad efectiva de obtenerla. Yo no planteo que una teoría verdadera sea una imposibilidad física o conceptual. Dicho planteamiento sería refutado rápidamente por la existencia de teorías triviales; el hecho de que podemos inventar teorías simples que lo sean o por la existencia indiscutible de teorías analíticamente verdaderas en geometría y aritmética. Pero las teorías de los dos primeros tipos no contribuyen a la empresa de la ciencia (pues su contenido informativo es despreciable<sup>10</sup>), y Popper ha excluido taxativamente del campo de la ciencia empírica a las del último tipo, señalando que no buscamos la verdad *simpliciter*, sino que buscamos verdades interesantes, es decir, verdades informativas. En resumen, podemos cualificar mi controvertida conclusión agregando que ninguna teoría *epistémicamente interesante* es verdadera<sup>11</sup>.

## La enseñanza de las ciencias naturales y las demandas de la evaluación

Si las ideas anteriormente expuestas son correctas, resulta indispensable revisar drásticamente enfoques docentes y prácticas evaluativas. Por ejemplo, no tiene sentido insistir en una imagen inadecuada de la ciencia, que nos

9 Este fragmento también nos enseña que las teorías científicas no representan la clase de conocimiento que puede ser justificado apelando a razones. Por el contrario, esta clase de conocimiento siempre es tentativo, y está sujeto a corrección. No se espera que la buena práctica científica inmune teorías bajo la excusa de que están firmemente establecidas en la experiencia o de que la evidencia disponible les brinda apoyo; más bien uno se prepara para aceptar que las teorías tienen que ser recompuestas cada vez que (como resultado de una crítica seria) se encuentran razones que hagan aconsejable abandonar esas partes que han fallado el dictamen de la experiencia e introducir cambios que puedan incrementar su falsabilidad al igual que su verosimilitud. (Popper, 1992, 12-13).

10 “Es muy importante que procuremos conjeturar teorías verdaderas; pero la verdad no es la única propiedad importante de nuestras teorías conjeturales; porque no estamos particularmente interesados en proponer trivialidades o tautologías. ‘Todas las mesas son mesas’ es en efecto verdadera —es mucho más verdadera que las teorías de la gravitación de Newton y Einstein— pero no es excitante desde el punto de vista intelectual: no es tras lo que vamos en ciencia”. (Popper, 1972, 54).

11 Debe quedar claro que, desde un punto de vista pragmático, no tenemos esperanza de desarrollar una teoría comprensiva y verdadera sobre el mundo, en el futuro, y ello porque una teoría genuinamente interesante sobre un sector de la realidad difícilmente puede agotar todos sus aspectos, ya que cuando parece explicarlos de manera comprensiva, descubrimos nuevos aspectos que desconocíamos o habíamos pasado por alto antes, lo cual la convierte en una aproximación más bien cruda a los fenómenos. Si esto es correcto para una teoría restringida que habla sólo acerca de un sector del mundo, a *fortiori*, debería serlo para una teoría comprensiva sobre la totalidad del mundo. A quienes sostienen la tesis de que es posible formular una teoría verdadera sobre el mundo, aunque de alcance limitado, podemos responder apelando a la distinción entre posibilidad real y posibilidad conceptual. Dada la complejidad del mundo físico y las limitaciones del ingenio humano tal teoría (aunque quizá más fácil de obtener) tampoco parece factible. No tenemos ningún ejemplo en la historia de la ciencia, jamás se ha producido una sola teoría que pueda satisfacer los exigentes requisitos para ser comprensivamente verdadera y no veo ninguna razón para pensar que la situación puede cambiar en el futuro.

la presenta como el modelo de conocimiento verdadero por excelencia, cuando (al menos para los epistemólogos) está claro que las teorías científicas son meras aproximaciones a una descripción verdadera del mundo natural y que no es posible lograr casi ninguno de los restantes *desiderata* tradicionalmente atribuidos a la empresa científica. Además, si tenemos en cuenta que una epistemología inadecuada entorpece nuestra comprensión de la empresa de la ciencia y, lo que es peor, se traslada a nuestros enfoques docentes y a nuestras prácticas de evaluación, no encuentro razones para no hacer explícitos nuestros compromisos epistemológicos en la docencia y para no introducir los cambios que podrían remediar la situación.

Consideren los objetivos que se proponen los profesores de ciencias naturales, o de materias relacionadas con ellas. No solo dan por descontado el carácter privilegiado del conocimiento científico, sino que suelen acompañarlo por adhesiones metodológicas a las que se confiere una importancia singular. Desde este punto de vista, se supone que las metas de la Educación Superior quedan bien servidas si familiarizamos a los estudiantes con los detalles de las teorías científicas generalmente aceptadas (proceso que incluye el dominio de herramientas formales para desarrollar enunciados, y formular y resolver adecuadamente problemas teóricos); los capacitamos para replicar soluciones tecnológicas y, eventualmente, introducir algunas modificaciones creativas (para lo cual se requiere el empleo de *la metodología* correcta); y finalmente –para el caso de programas de formación avanzada–, conseguimos que aporten alguna innovación propia, que represente alguna forma reconocible de progreso.

Ahora bien, para determinar el cumplimiento de tan ambiciosos objetivos, empleamos criterios de evaluación que promueven el desarrollo de las habilidades *inferiores* de pensamiento (por ejemplo, la memoria, crucial para demostrar el grado de familiaridad con los temas, problemas y soluciones propios de una teoría científica) y luego nos declaramos sorprendidos ante el fracaso de nuestros estudiantes en la consecución de logros concretos en la adaptación creativa de soluciones tecnológicas y la generación

de innovaciones genuinas (las cuales requieren de las habilidades *superiores* de pensamiento). Pero es que como el mismo Kuhn lo reconoció en su *Estructura de las revoluciones científicas*, la mayor parte de las actividades de enseñanza (en la universidad) encaminadas a la formación de miembros de comunidades académicas no alcanzan sino a reproducir los paradigmas (o teorías científicas) y a asegurar su conservación. La ciencia normal es, por esencia, conservadora, y puede hacer poco para promover la creatividad y la innovación. En este sentido, las exigencias de corrección formal y dominio exhaustivo del aparato conceptual de las teorías corresponden a lo que, a mi juicio, es una epistemología inadecuada. Superarla implica, cuando menos, revisar nuestras actitudes hacia el error, redefinir los objetivos de la enseñanza superior y ajustar nuestras prácticas de evaluación de manera consecuente.

A favor de la concepción ordinaria de la ciencia natural, se suelen mencionar logros como los de la tecnología electrónica moderna o los de la ingeniería aeroespacial. Se supone que ambas áreas ejemplifican de manera contundente la forma como la ciencia puede realizar el objetivo de la precisión. Sin embargo, la noción de precisión es en sí misma una noción relativa a los instrumentos y escalas que se usan para realizar las mediciones y, como es bien conocido por todos, teóricamente no parece haber límites a los grados de refinamiento que es dable introducir en tales escalas. Esto significa que no hay estándares independientes mediante los cuales podamos juzgar la precisión y, en consecuencia, que no es posible formular una definición de tal concepto que no sea circular. De nuevo, la dificultad puede resolverse apelando a una noción subsidiaria como la de aproximación. Es un hecho que para diversos efectos pragmáticos podemos satisfacernos con niveles de aproximación variables, e incluso que en muchos casos asociamos la idea de progreso a una mejora apreciable en el grado de precisión con que podemos reproducir un fenómeno o intervenir un estado de cosas. No obstante, debe quedar claro que la idea tradicional de precisión –como una de las características definitorias de la ciencia– es totalmente inadecuada. Como el primer paso para resolver un problema consiste en reconocer su existen-

cia, en lo que sigue, presentaré algunas ideas que nos pueden ayudar a identificar la forma en que una epistemología inadecuada puede afectar nuestra docencia y sugeriré cómo podríamos minimizar sus efectos en el aula.

### **Elementos mínimos para una propuesta evaluativa bien informada epistemológicamente**

Según lo planteado en las secciones anteriores, resulta recomendable examinar críticamente nuestra epistemología, revisar nuestra concepción sobre el proceso de crecimiento de la ciencia natural y ajustar las prácticas de docencia y de evaluación en concordancia. Uno de los corolarios de mi posición indica que el profesor universitario transfiere sus compromisos epistemológicos a sus actividades de enseñanza y evaluación. La investigación sobre el tema ha revelado que la mayor parte de estos compromisos son implícitos, por lo cual vale la pena diseñar estrategias para hacerlos explícitos. Con todo, la principal estrategia pasa por el examen crítico permanente de nuestras creencias sobre el tema con ayuda de lo que ha establecido la filosofía de la ciencia reciente. Lamentablemente, los resultados de semejante examen no son inmediatos y cabe especular que la situación ideal –en la que adoptamos compromisos epistemológicos más adecuados, o al menos tenemos claridad sobre las implicaciones de aquellos compromisos que deseamos conservar a pesar de sus problemas o limitaciones– solo se conseguirá tras años de ardua labor. Mientras tanto basta con que los docentes interesados en introducir algunas modificaciones en sus prácticas de enseñanza y evaluación acepten que los siguientes planteamientos representan adecuadamente una epistemología mejor que la que se esconde tras la concepción ordinaria de la ciencia natural:

1. Las teorías científicas, incluyendo aquellas que gozan de mayor prestigio, son simplemente aproximaciones burdas al estado de cosas.
2. Desde la concepción enunciativista de la ciencia, las teorías científicas son, esencialmente, sistemas de enunciados falsos.

3. El éxito empírico constituye únicamente un indicador de aproximación a la verdad y de ninguna manera prueba que una teoría sea verdadera o correcta.
4. En razón del principio Duhem-Quine, el hecho de que las aplicaciones tecnológicas funcionen adecuadamente no demuestra que las teorías de las cuales tales aplicaciones dependen sean verdaderas.
5. Debido a las razones 1-4 es preciso modificar la forma como tradicionalmente se ha considerado el error en la ciencia.

Habrà, seguramente, algunos que se resisten a aceptar estos postulados. Su caso requiere un tratamiento diferente y es motivo de preocupación para aquellos que, como yo, consideran que la epistemología a la que uno se suscribe afecta el conjunto de sus actividades académicas. Mis recelos al respecto tienen que ver con el hecho de que los compromisos epistemológicos que he identificado en la concepción ordinaria de la ciencia natural constituyen el fundamento de visiones de la ciencia claramente incompatibles con la historia misma de la evolución de las teorías científicas y con los resultados positivos de los debates epistemológicos durante los últimos treinta años. Debido a su enorme complejidad, abordar cada uno de los compromisos epistemológicos de los docentes universitarios y examinar sus implicaciones excede los límites que he impuesto al presente trabajo. En su lugar, podemos restringirnos al tema del error en ciencia (y, naturalmente, en evaluación). Mediante esta estrategia podremos adaptar las sugerencias aquí desarrolladas a la situación actual de la universidad colombiana, e invitar a aquellos que comparten los cinco postulados de la lista anterior a revisar cuidadosamente sus prácticas de enseñanza y evaluación.

Si aceptamos que las teorías científicas son esencialmente imperfectas y que, desde el punto de vista de la verdad, contienen muchos enunciados falsos, podremos construir una teoría del error que supere el falso dilema del 'todo o nada'. Una teoría semejante debería reconocer que, así como hay verdades y certezas estériles (por ejemplo, las que provienen de teorías triviales, o aquellas que simplemente registran hechos), también puede ha-

ber errores fértiles. El error fértil es aquel que acrecienta nuestra comprensión del problema, y el que aun cuando eventualmente debamos rechazar por entrar en conflicto con el mundo, nos señala rutas promisorias, que una vez recorridas nos permiten avanzar en la dirección correcta. Naturalmente, una estrategia de evaluación adecuada ha de superar las dificultades bien conocidas del 'todo o nada'. Mediante una epistemología más refinada resulta no solo permisible, sino aconsejable, que se examine el error a fin de determinar su naturaleza y estimar sus posibilidades. Aquellos de ustedes familiarizados con la historia de la ciencia, sin duda recuerdan el caso del *Mysterium Cosmographicum* de Kepler (1981), el libro en el que se formularon las famosas tres leyes del movimiento planetario. Es bien sabido que en su desarrollo Kepler incurrió en errores notorios, que paradójicamente se cancelaban uno tras otro, produciendo finalmente, el resultado correcto. Esta anécdota debe bastar para convencer a quienes todavía albergan dudas sobre la pertinencia de mi recomendación acerca de la teoría del error fértil<sup>12</sup>.

Ahora bien, cualquier enfoque evaluativo que reconozca la pertinencia de la teoría del error fértil debe estar diseñado de manera tal que pueda (i) discriminar el error por su naturaleza (incluidos aquellos que se pueden anticipar) y (ii) reconocer diversos grados de aproximación, que aunque erróneos puedan recibir cierto crédito positivo. Por supuesto, es indispensable distinguir entre los errores ramplones; los que se deben a un total desconocimiento del asunto tratado; los que no llevan absolutamente a ninguna parte; los que obedecen a descuido o falta de atención, y aquellos que son promisorios. Una forma de hacerlo consiste en trasladar la tesis central de la teoría de la aproximación a la verdad (según la cual aunque todas las teorías son falsas cada una de ellas constituye una aproximación al estado de cosas, y en una serie de teorías competidoras es factible determinar cuál de ellas constituye una mejor aproximación, y ordenarlas según este criterio) al caso de la valoración de errores. De este modo, sería posible ordenar y eva-

luar los errores según su grado de proximidad al estado de cosas, o según la calidad de sus promesas. Propongo denominar esta forma de valorar los errores: *Evaluación Estructurada, o por Grados de Aproximación*. En los literales siguientes, presento algunos lineamientos que habría que tener en cuenta para poner en funcionamiento un sistema de evaluación así:

- a. Cuando el objetivo consiste en realizar operaciones algorítmicas, en las que el estudiante debe demostrar un grado suficiente de dominio de las reglas de transformación y separación de entidades lógico-conceptuales no parece posible aceptar resultados erróneos. No obstante, sí es perfectamente posible valorar avances parciales y sobre todo aspectos como la suficiencia y la fluidez en el manejo de ciertas reglas.
- b. Cuando el objetivo consiste en proponer soluciones conviene distinguir entre la cuestión simple (la solución funciona o no funciona) y los matices en el caso de que la solución funcione (qué tan bien funciona en términos de economía, eficiencia, eficacia, entre otros). Aun si la solución no funciona, es perfectamente dable evaluar de manera positiva aspectos como la estrategia empleada, la formulación del problema, el enfoque que se le ha dado al problema, y así sucesivamente.
- c. Cuando se trata de conocimiento procedimental sobre aspectos teóricos resulta importante evaluar niveles o grados de familiaridad con respecto a los conceptos fundamentales de las teorías, capacidad para relacionar los conceptos y nociones involucrados, capacidad para realizar inferencias y extraer conclusiones, habilidad para distinguir enfoques, entre otros.

En este mismo orden de ideas, es recomendable separar la evaluación de procedimientos, de la que se efectúa sobre los resultados. Como lo expresé anteriormente, una de las metas fundamentales de la ciencia consiste en la resolución de problemas. Pero en el contexto del desarrollo de habilidades de pensamien-

12 Dejo de lado la cuestión de los descubrimientos serendípicos. Muchos autores han interpretado esta clase de eventos como uno de los posibles resultados del error (en la dirección en que se está buscando algo).

to superior, concedemos más importancia a la creatividad y a la innovación, que a la mera replicación de procedimientos probados que han pasado a hacer parte del conocimiento de dominio público. Dado que la evaluación no solo realimenta a los alumnos, sino que debe servir como fuente de realimentación para nuestro propio trabajo docente, conviene recordar aquí la importancia de modificar las actividades de instrucción tomando como fuente el resultado de las evaluaciones aplicadas a los estudiantes. Es dudoso, por ejemplo, que podamos promover el desarrollo de innovaciones significativas en ciencia si persistimos en la idea de la verdad de las teorías, pues no habría razones para pensar en proponer teorías distintas y mucho menos para esperar que los estudiantes se animen a proponer ideas nuevas. También es dudoso conseguir la producción de innovaciones tecnológicas importantes, si no se promueve el trabajo en equipo, o se estimula la creatividad. Los desarrollos tecnológicos en el mundo real provienen de laboratorios dotados de ingentes recursos, donde laboran equipos altamente calificados y motivados de investigadores de primera línea. Resulta curioso, por decir lo menos, que nuestras universidades declaren su deseo de estimular la innovación, pero parezcan promover el trabajo individual del investigador aislado. Si concebimos a nuestros estudiantes como futuros investigadores, hemos de aprovechar ciertas actividades de evaluación (por ejemplo, mediante talleres de laboratorio o actividades similares) para empezar a promover el trabajo en equipo.

Por último, quizá valga la pena expresar algunas recomendaciones más puntuales sobre la evaluación en el aula. Como bien se sabe, la evaluación no solo sirve el propósito de generar una nota y permitirnos la toma de decisiones académicas (promoción, retención, y demás). Tal vez uno de sus propósitos fundamentales sea el de permitirnos identificar falencias en un doble nivel: el de nuestras propias actividades de enseñanza, y el del proceso de recepción y apropiación de teorías, principios, conceptos, nociones, destrezas, entre otros, del lado de nuestros estudiantes. Es precisamente en este campo donde necesitamos hacer cambios drásticos. Permítanme resumir en una serie de conclusiones-recomendaciones la esencia de mi propuesta.

1. Discuta detalladamente con sus alumnos aspectos como la naturaleza, periodicidad, características, condiciones y criterios de cada uno de los eventos evaluativos.
2. Aclare, de antemano, aquellos aspectos en los que se concentrará su evaluación y defina el peso que se dará a los diversos componentes de cada producto.
3. Emplee reglas de evaluación diferentes para medir logros en el nivel declarativo y en el procedimental.
4. En aquellos casos en los cuales es posible separar o distinguir procesos o etapas en el logro de un objetivo mayor, asigne valores parciales conmensurados a estos procesos o etapas.
5. Recuerde que existen errores fértiles. Por tanto, haga previsiones para asignar evaluaciones positivas a ciertos errores o fracasos fértiles.
6. Recuerde que la objetividad en la evaluación es un ideal y no una realidad. Por consiguiente, es preciso considerar estrategias alternativas, como por ejemplo, la evaluación intersubjetiva, la evaluación anónima, entre otras.

## Referencias Bibliográficas

- Anderson, J. R. (1983). *The architecture of cognition*. Cambridge: Harvard University Press, 1983.
- Asher, N. & Lascarides, A. (2001). *The semantics and pragmatics of metaphor. The Language of Word Meaning*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 262-289.
- Bernecker, Sven and Dretske, Fred I. *Knowledge: Readings in Contemporary Epistemology*. Oxford: Oxford University Press, 2000.
- García, C. (1998). *Evolución histórica del pensamiento científico*. Manizales: Universidad de Manizales.
- García, C. (2001). *Introducción a la lectura de Popper*. Manizales: Universidad de Caldas, 2001.
- Jiamu, C. (2001). The great importance of the distinction between declarative and procedural knowledge. *Análise Psicológica*, 19(4), 559-566.

- Kepler, J. (1981). *Mysterium Cosmographicum. The secret of the universe*. Norwalk: Abaris Books
- Popper, K. (1972). *Objective Knowledge*. Oxford: Oxford University Press, 1972.
- Popper, K. (1982). *Lógica de la Investigación Científica*. Madrid: Técnos.
- Popper, K. (1992). *Realism and the aim of science*. London: Routledge, 1992.
- Wagner, R., & Sternberg, R. (1984). Alternative conceptions of intelligence and their implications for education. *Review of Educational Research*, No. 54, pp. 179-223.