



MODELO PARA LA ENSEÑANZA DE LA ESTADÍSTICA BASADO EN LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS E INVESTIGACIÓN DIRIGIDA

Cuevas, Humberto

jesus.humberto.cuevas@outlook.com
Instituto Tecnológico de Chihuahua II (México)

RESUMEN

Desde 1980, se ha acentuado el interés por efectuar investigación sobre la Enseñanza de la Estadística en todos los niveles educativos. Primordialmente, esta investigación se ha realizado desde marcos teóricos y metodológicos de carácter subjetivista y relativista. En este artículo se presenta el avance de un estudio que tiene como propósito formular un modelo para la Enseñanza de la Estadística sustentado en los planteamientos epistemológicos del Racionalismo Crítico de Karl Popper, en conjunción con los métodos de solución de problemas e Investigación Dirigida.

PALABRAS CLAVE

Enseñanza de la Estadística, Racionalismo Crítico, Solución de problemas, Investigación Dirigida

INTRODUCCIÓN

El interés por la Educación Estadística se ha incrementado durante los últimos decenios, motivando a diversas comunidades epistémicas para realizar estudios sobre aprendizaje, enseñanza y razonamiento desde distintas corrientes teóricas y metodológicas en las que la psicología cognitiva y la antropología social tienen un papel preponderante en la obtención e interpretación de resultados. Fundamentalmente, se han importado marcos teóricos que han fungido como base de didácticas particulares en matemáticas, a saber, la Teoría de las Situaciones Didácticas trabajada por Guy Broseau (2006, 2007) y Brousseau, Brousseau y Warfield (2001), la Teoría Antropológica de lo Didáctico de Yves Chevallard (1985, 1997), referenciada también en Chevallard y Mercier (1987), la Teoría de los Campos Conceptuales de Gérard Vergnaud (1990), el Interaccionismo Simbólico de Coob y Bauersfeld (1995), además de otras de carácter más ecléctico como el Enfoque Ontológico-Semiótico de la Instrucción y Cognición Matemática de Godino (2014), también trabajada en conjunto con Batanero y Font (2008).

Al examinar los postulados básicos de estas teorías, se puede inferir que con ciertos matices, el concepto de ciencia subyacente tiene muchas similitudes. Parafraseando a Bunge (2006), es una visión sociologista, constructivista y relativista en que la investigación científica es una empresa social que construye colectivamente los hechos en



lugar de estudiarlos y no tiene como intención lograr conocimientos objetivos acerca de la realidad; sus resultados dependen fundamentalmente del consenso y las teorías antagónicas son inconmensurables.

En el caso de la Educación Estadística, en innumerables estudios se ha señalado la necesidad de formar ciudadanos cultos en tópicos estadísticos que sean capaces de realizar extrapolaciones a situaciones en el ámbito personal, social y profesional. Uno de los términos más citados es el de *statistical literacy*, que se ha conceptualizado como cultura estadística por Batanero (2002) y Burrill y Biehler (2011); Alfabetización Estadística por Serradó (2013), Schield (2010), Tauber (2010) y Bayés (2013); e incluso como Competencia Estadística por Sánchez y Hoyos (2013). Independientemente de la acepción dada al término por cuestiones históricas, antropológicas o epistemológicas, es difícil articular currículo, didáctica, contexto, problema, criterios de logro para el aprendizaje, funciones de los sujetos participantes, referentes empíricos, entre otros factores, especialmente en el nivel universitario.

Comúnmente, una alta proporción de alumnos universitarios matriculados en cursos de Estadística no logran discernir entre los métodos y conceptos estadísticos más representativos y su aplicación en un caso de estudio particular. Según Alvarado y Retamal (2012), no logran comprender y aplicar el razonamiento en situaciones específicas. De igual manera, Grings y Viali (2011) señalan los errores en la solución de problemas que involucran la aplicación de métodos de Inferencia Estadística en alumnos de ingeniería, y subrayan que una posible causa es la metodología de trabajo usada por el profesorado. En un estudio realizado con 230 profesores universitarios, *Badenes-Ribera, Frías-Navarro, Pascual-Soler, Monterde-i-Bort, y Molina-Palomero (2015)*, analizaron los errores de Razonamiento Estadístico en una prueba de Inferencia Estadística en 230 profesores del área de las Ciencias de la Educación, encontrando que muchos no saben interpretar correctamente los valores de p de probabilidad. Insunza y Jiménez (2013) evaluaron *a un grupo de 11 estudiantes de último grado en Licenciatura en Matemáticas* y detectaron que tenían dificultades para entender conceptos que intervienen en una prueba de hipótesis como el nivel de significancia, valor de p y concepciones erróneas sobre la naturaleza de dichas pruebas. Por su parte, *Juárez e Insunza (2014)*, realizaron un estudio con una muestra de 31 profesores mexicanos de bachillerato y examinaron la comprensión y razonamiento de dichos profesores sobre conceptos de Estadística incluidos en los programas de estudio. Encontraron que los participantes tienen una comprensión superficial sobre conceptos estadísticos, interpretación y conversión de representaciones gráficas, medidas de tendencia central y de variabilidad.

El propósito de este artículo es presentar un modelo para la enseñanza de la estadística sustentado en los postulados del racionalismo crítico de Karl Popper, y los métodos de solución de problemas e investigación dirigida. Es importante subrayar que no se pretende plantear argumentos críticos a una teoría, enfoque o didáctica específica de la Matemática o Estadística, ni tampoco volver a analizar los resultados y conclusiones de numerosos estudios al respecto. No obstante, en el modelo propuesto se asume una postura teórica y

metodológica que tiene aspectos que la distinguen de otras corrientes en la Enseñanza de la Estadística.

MARCO DE REFERENCIA

La tesis central del sistema filosófico denominado Racionalismo Crítico es que la ciencia es racional y consiste en el planteamiento de problemas, la búsqueda de soluciones tentativas, someterlas a una crítica rigurosa y separar las menos eficaces en la confrontación con la realidad. Este sistema fue formulado por el filósofo Karl Popper durante el siglo XX. (Popper, 1991, 2005, 2010 y 2013). Resultaría complejo y por demás extenso describir su trabajo filosófico debido a los alcances e influencia de su obra en muchos campos del saber y en la formación de investigadores notables –muchos ganadores de premios nobel–, por tanto, únicamente se describirán de forma breve sus principales postulados epistemológicos y la factibilidad de su posible implementación en la educación.

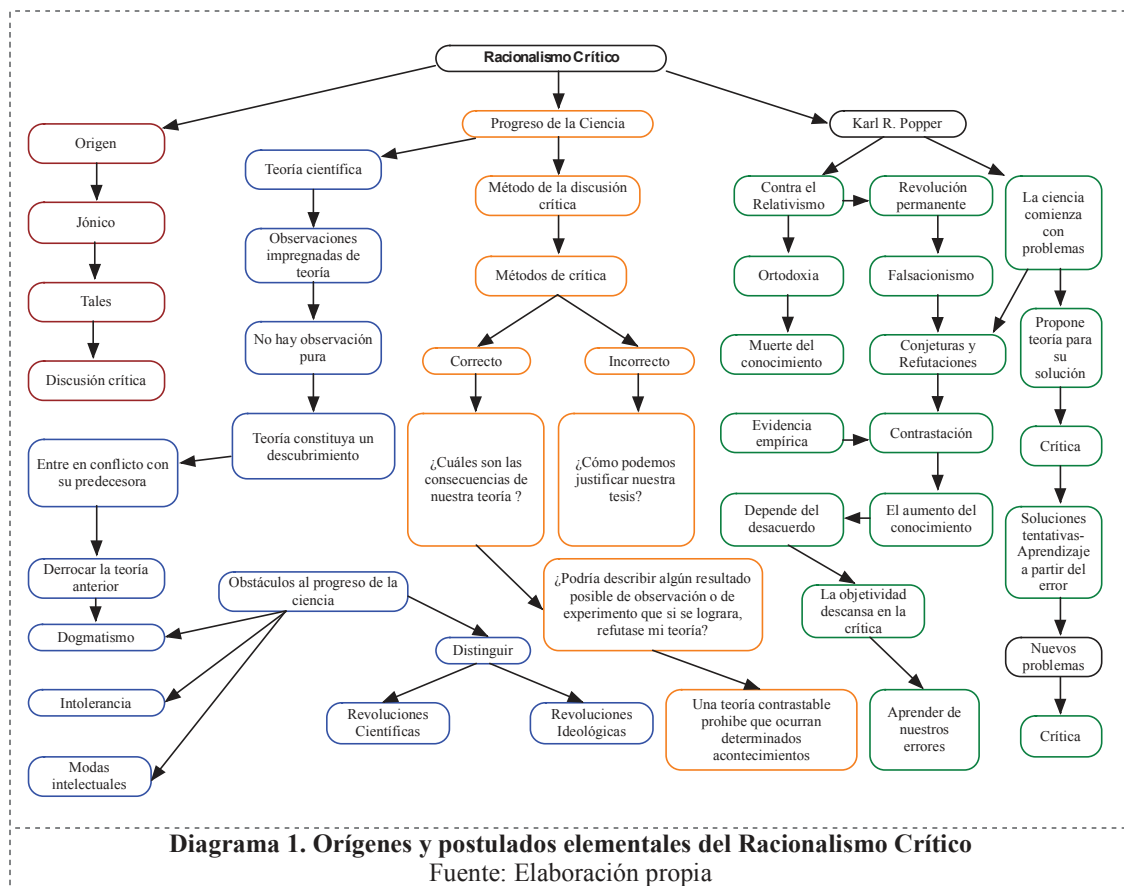
Según Magee (2000), la filosofía de Popper es sistemática y claramente articulada. Popper (2013) examina en una de sus obras más representativas, los límites entre la ciencia y la pseudociencia sugiriendo un criterio de demarcación que permite distinguir una proposición científica de otra que no lo es. También rechaza que los problemas filosóficos se pueden reducir exclusivamente a formulaciones de índole lingüística, distinguiendo su postura a la del connotado filósofo y matemático Ludwig Wittgenstein. Además subraya que la inducción como método de investigación científica o de demarcación carece de validez porque los hechos no anteceden a las teorías, así, propone el método de contrastación deductiva y señala que el criterio de demarcación en ciencia es lo que denominó falsabilidad.

La Teoría de la Falsación es una de las principales aportaciones de Popper. La falsabilidad como criterio de demarcación sustituye a la verificación como método de validación de teorías científicas. Por ende, la naturaleza científica de una teoría está en función de su capacidad de ser falsada. Para Popper una teoría es un conjunto de conjeturas temporales relacionadas con problemas que continuamente se someterán a pruebas observacionales y experimentales; si sobreviven, mantendrán su vigencia, de lo contrario serán sustituidas por otras más satisfactorias. Así, el falsacionismo está en contra del empirismo, inductivismo y sobretodo del verificacionismo porque el primero es una corriente epistemológicamente errónea, la segunda es una visión inútil para la ciencia y la tercera no es prueba suficiente de verdad científica.

En relación al método científico, Popper (1991) lo representa de la siguiente manera: $P_1 \rightarrow TT \rightarrow DC \rightarrow P_2$, donde P_1 significa la identificación y delimitación de un problema teórico o práctico susceptible de ser contrastado empíricamente; TT consiste en la formulación de una solución tentativa –conjetural o hipotética– al problema; DC simboliza la discusión crítica de la teoría en consonancia con la fuerza predictiva de la hipótesis, y a la luz de la evidencia obtenida se formula otro problema identificado como P_2 ; es decir, se inicia con el planteamiento de uno o más problemas y se concluye con otro(s), constituyendo una lección socrática darse cuenta de nuestra ignorancia. Ciertamente, esta

representación del método científico popperiano está muy simplificada, no obstante permite, junto a lo expuesto líneas atrás, deducir lo siguiente: [1] una teoría es mejor que otra en función de su capacidad de ser contrastada; [2] la ciencia progresa debido al ensayo y error, al planteamiento de conjeturas y refutaciones; [3] el propósito no es buscar evidencia que confirme una teoría, sino hechos que permitan refutarla; [4] el conocimiento es provisional, [5] la ciencia inicia con el planteamiento de problemas articulados correctamente; [6] el fabulismo es la interpretación del método crítico de Sócrates, y [7] el conocimiento resulta de la búsqueda permanente de la verdad; es posible que nuestras teorías sean verdaderas, pero esto nunca lo podremos saber con certeza (Popper, 1991, 1994, 2010, 2011).

En el Diagrama 1 se presenta un resumen con los orígenes y postulados elementales del Racionalismo Crítico.



Por otra parte, los métodos de trabajo Solución de Problemas e Investigación Dirigida, tienen una larga tradición en la enseñanza de la ciencia, especialmente en la matemática y la física. Sus orígenes más representativos se remontan a los trabajos del matemático George Polya, quien propuso un método basado en cuatro fases para resolver problemas, además de un conjunto de técnicas heurísticas para simplificar problemas complejos. La



obra de Polya (1965) fue examinada por Alan Schoenfeld en 1985, quien extendió y complementó el método considerando cuatro categorías más, a saber, recursos, heurísticas, control y sistema de creencias. A partir de ese momento se han conformado muchas comunidades epistémicas que han estudiado este método. Sobresale el estudio efectuado por Santos (2008), donde caracterizan los principios que le dan sustento, se describen algunos programas de investigación representativos y se señala la pertinencia de emplear software de corte dinámico para desarrollar actitudes inquisitivas en los alumnos.

Desde la década de 1990 se han multiplicado los estudios que examinan el método de investigación dirigida también llamada investigación guiada (IBL) por sus siglas en inglés, como medio para lograr aprendizajes en varios campos del saber, especialmente en la física y la química. No obstante, los últimos años se ha contemplado este método en la enseñanza de la Matemática y la Estadística. Así, Gallego, Romero, Quesada y García (2014) exploraron las creencias de profesores en ejercicio y en formación inicial sobre la metodología de aprendizaje por investigación guiada; encontraron que existen diferencias significativas entre las creencias del profesorado en formación inicial y el profesorado en ejercicio. Los autores hacen sugerencias para promover y apoyar de forma más eficaz la implementación de este método para enseñar ciencia. Por su parte, Martínez, Domenech, Menargues y Romo (2012), promueven la investigación dirigida como mecanismo para integrar aprendizajes conceptuales y metodológicos para contribuir al desarrollo de la ciencia.

En el modelo para la enseñanza de la Estadística que se presenta a continuación, se considera que ambos métodos se pueden articular con los principios básicos del Racionalismo Crítico y conformar una alternativa eficaz para la Enseñanza de la Estadística en el nivel universitario.

UN MODELO PARA LA ENSEÑANZA DE LA ESTADÍSTICA

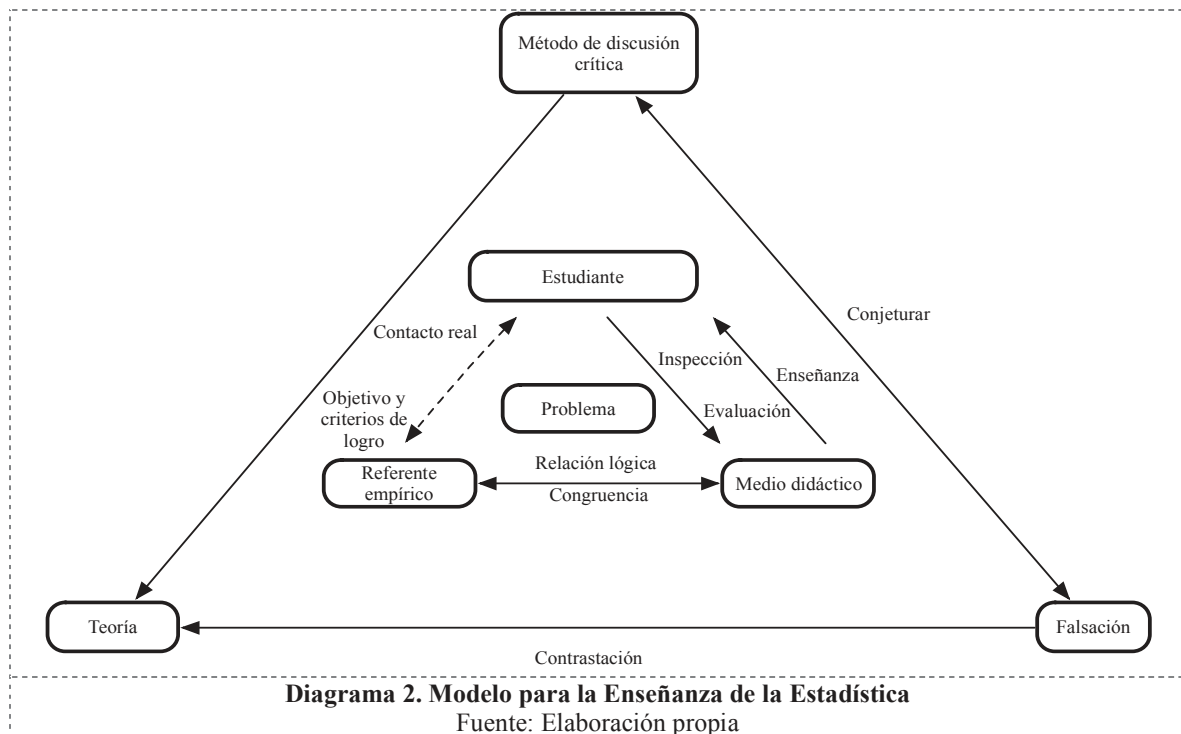
Por su influencia como método de trabajo en otros campos del saber, su desarrollo disciplinar *per se*, por su naturaleza no determinista que la distingue de la Matemática Clásica, y por estar continuamente sometiéndose a prueba sus fundamentos cardinales, se asume que la Estadística es una ciencia de los datos.

En el modelo que se propone, se parte de la tesis de que los postulados básicos del Racionalismo Crítico se pueden aplicar en el ámbito educativo, incluyendo la Enseñanza de Estadística. Las razones son múltiples, entre ellas se destacan las siguientes:

- Impulsa el tratamiento y análisis riguroso de problemas reales y contextuales.
- Fomenta una actitud positiva hacia la investigación científica.
- Promueve la crítica rigurosa de saberes doctrinales.
- Permite diferenciar los procesos de verificación y falsación.
- Evita la adopción de “modas intelectuales”.
- Admite la formulación de taxonomías educativas con niveles de exigencia claramente diferenciables.

- Estimula el empleo de un lenguaje denotativo tanto en el discurso verbal como en el escrito.

En el Diagrama 2 se muestra una primera aproximación al modelo para la Enseñanza de la Estadística.



DESCRIPCIÓN DEL MODELO

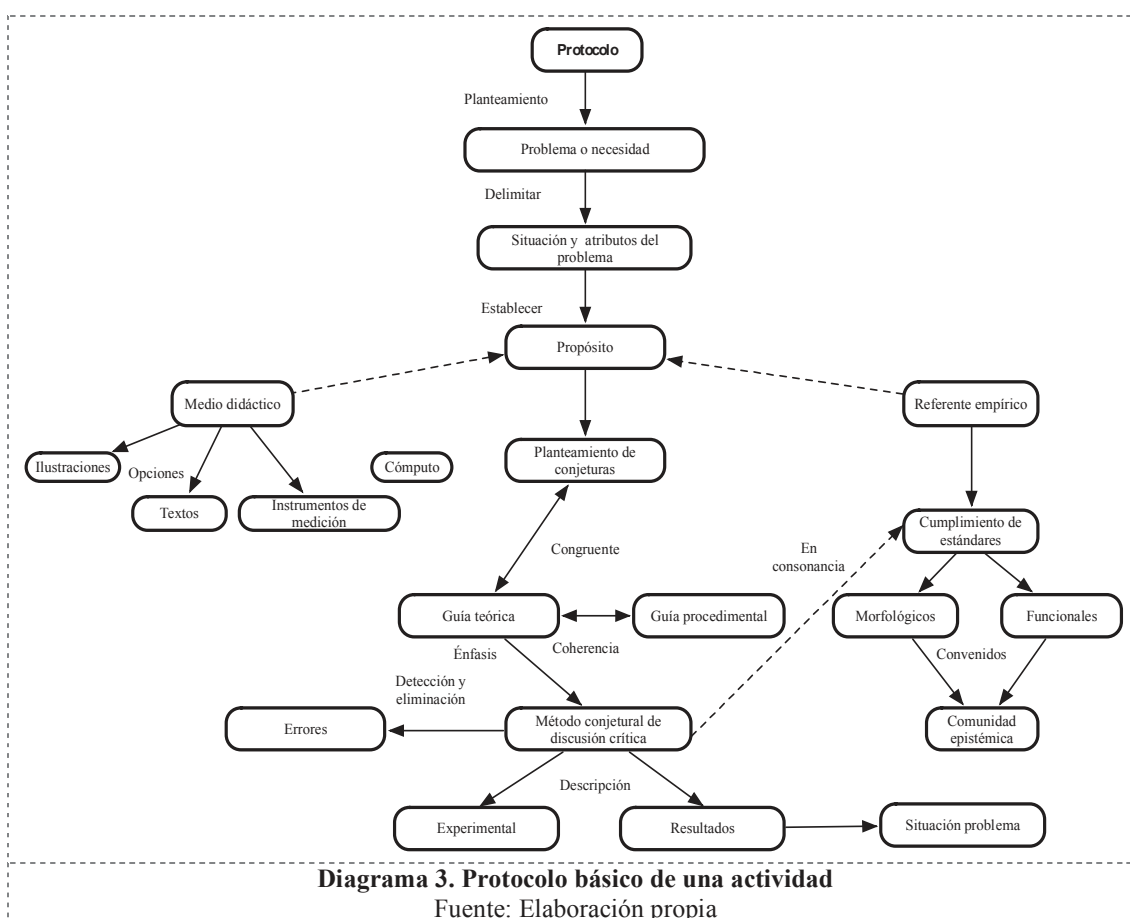
Los procesos centrales del modelo que se propone son: el estudiante, el referente empírico y el medio didáctico, cuyas relaciones se articulan en función al planteamiento de un problema real y claramente delimitado.

El estudio del problema debe efectuarse dentro del marco de una teoría que sea susceptible de ser falsada a través del planteamiento de una o más conjeturas que puedan ser probadas o refutadas empíricamente, utilizando un método conjetural de discusión crítica que permita detectar y eliminar errores, además de efectuar deducciones lógicas en consonancia con estándares o criterios irreductibles de cumplimiento establecidas por determinada comunidad epistémica.

Con respecto al papel del profesor, el debe enseñar al estudiante cómo actuar ante el problema bajo un análisis de la misma forma en que él sabe hacerlo y cumpliendo con las normas convenidas. Lo anterior implica que el profesor debe conocer la disciplina que va a enseñar en este caso, los Tópicos de Estadística, además de conducir un proceso

investigativo riguroso y utilizar de forma eficaz los medios didácticos necesarios que pueden ser textos, equipo de cómputo, instrumentos de medición, videos, audios, etcétera.

En consecuencia, en este modelo se concibe al profesor y al medio didáctico como ejes centrales, en la fase de hacer llegar y cumplir al estudiante los estándares o criterios de cumplimiento convencionalmente aceptados, sin que esto implique debilitar el papel del profesor. De esta manera, el estudiante debe actuar sobre el medio didáctico a través de la evaluación, y éste a su vez mediar las normas de cumplimiento -enseñanza- ante el problema bajo análisis. En el Diagrama 3 se presenta un protocolo elemental de una actividad didáctica derivada del modelo.



CONCLUSIONES

Durante las últimas décadas del siglo XX se popularizó una visión sociológica, constructivista y relativista de la ciencia que paulatinamente fue aceptada por diversas comunidades epistémicas de varios campos del saber, entre ellos el de la pedagogía. Esta visión ha recibido muchas críticas, entre las que destacan que sus resultados dependen principalmente del consenso y que las teorías antagónicas son incomparables; también se le



cuestiona la negación de la posibilidad de verdades objetivas y de dar poco espacio a discusiones de carácter racional que cuestione la elección de un marco teórico y procedimental en función de su capacidad de dar cuenta de hechos objetivos, y no únicamente del número de las comunidades epistémicas “influyentes” que lo apoyan.

El campo de la Educación Estadística no ha sido ajeno a lo anterior. En múltiples estudios se ha señalado la necesidad de formar ciudadanos que sean capaces de extrapolar los aprendizajes en esta ciencia de los datos a situaciones específicas en el ámbito personal, social y profesional. Sin embargo, las “modas intelectuales” señaladas antes, también se han hecho presentes en esta ciencia, generando la cultura teórico-metodológica del “todo vale” y la proliferación de “discursos ampulosos” que poco abonan a la solución de los problemas y retos que enfrenta la Educación Estadística en todos los niveles educativos.

En este trabajo se presentó un Modelo para la Enseñanza de la Estadística sustentado en los postulados del Racionalismo Crítico de Karl Popper, y los métodos de solución de problemas e Investigación Dirigida. De cierta manera, el modelo es racionalista y pragmático-consecuente (Postura Popperiana) al asumir que: [1] el conocimiento es la acción de conocer, es inestable, falible, provisional e independiente de dogmas aun cuando sea aceptado socialmente por comunidades epistémicas “prestigiadas”; [2] la ciencia tiene como objetivo aproximarse a la verdad a través del planteamiento de problemas, búsqueda de soluciones tentativas, la confrontación con la realidad y el sostenimiento provisorio de las teorías, hipótesis y conjeturas más sólidas, además de la eliminación de las inconsistentes; [3] no se busca encontrar resultados que confirmen teorías, sino evidencia que las refuten; [4] la teoría precede a la experiencia; [5] una teoría es científica en la medida que es susceptible de ser falsada, y una teoría es superior a otra si además de lo anterior, incluye mayor contenido empírico que sus predecesoras; [6] la concepción de verdad es que es objetiva e inalcanzable debido a nuestra ignorancia.

Ciertamente esta es únicamente una aproximación al modelo. Actualmente se efectúa un estudio con 265 estudiantes universitarios con resultados satisfactorios en el proceso de resolución de problemas específicos. Conforme se avanza, se busca evidencia objetiva para refutar el modelo, más que para aceptarlo como habitualmente se hace en otros marcos de referencia.

REFERENCIAS

- Alvarado, H. & Retamal, L. (2012). Dificultades de comprensión del teorema central del límite en estudiantes universitarios. *Educación Matemática*, 24(3), 119-130.
- Badenes-Ribera, L., Frías-Navarro, D., Pascual-Soler, M., Monterde-i-Bort, H., & Molina-Palomero, O. (2015). Necesidad de re-educación estadística en profesores universitarios: errores de interpretación valores p y tamaño del efecto. En *XIII Jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria*. Universidad de Alicante.



- Batanero, C. (2002). *Los retos de la cultura estadística*. Conferencia Inaugural de las Jornadas Interamericanas de la Enseñanza de la Estadística. Recuperado el 23 de enero de 2015, de <http://www.ugr.es/~batanero/pages/ARTICULOS/CULTURA.pdf>
- Bayés, A. (2013). El proyecto Internacional de Alfabetización Estadística. *Números*, 83, 19-33.
- Brousseau, G., Brousseau, N. & Warfield, V. (2001). An experiment on the teaching of statistic and probability. *The Journal of Mathematical Behavior*, 20(3), 363-411.
- Brousseau, G. (2006). *Theory of didactical situations in mathematics: Didactique des mathématiques*. (Vol. 19). Springer Science & Bussines Media.
- Brousseau, G. (2007). *Iniciación al estudio de la Teoría de las Situaciones Didácticas* (Vol. 7). Libros del Zorzal.
- Bunge, M. (2006). *Epistemología*. México: Siglo XXI Editores.
- Burrill, G. & Biehler, R. (2011). Fundamental statistical ideas in the school curriculum and in training teachers. En C. Batanero, G. Burrill y C. Reading (Eds.) *Teaching statistics in school mathematics. Challenges for teaching and teacher education*. A joint ICMI/IASE Study (pp. 57-59). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Coob, P., & Bauersfeld, H. (1995). *The emergence of mathematical meaning: Interaction in classroom cultures*. Psychology Press.
- Chevallard, Y. (1985). *La Transposition didactique* (Vol. 95). Grenoble: La Pensée Sauvage.
- Chevallard, Y., & Mercier, A. (1987). Sur la formation historique du temps didactique. *IREM d' Aix-Marseille*.
- Chevallard, Y. (1997). Familière et problématique, la figure de professeur. *Reserches en didactique des mathématiques*, 17, 17-54.
- Gallego, A., Romero, M., Quesada, A. & García, F. (2014). Creencias del profesorado en ejercicio y en formación sobre el aprendizaje por investigación. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 11(1), 22-33.
- Godino, J., Batanero, C. & Font, V. (2008). Un enfoque ontosemiótico del conocimiento y la instrucción matemática. *Acta Scientiae. Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 10, 7-37.
- Godino, J. (2014). *Síntesis del enfoque ontosemiótico del conocimiento y la instrucción matemáticos: motivación, supuestos y herramientas teóricas*. Universidad de Granada.
- Grings, R., & Viali, L. (2011). Teste de Hipóteses: uma análise dos erros cometidos por alunos de engenharia. *Boletim de Educação Matemática*, 24(40), 835-854.
- Inzunza, S. & Jiménez, J. (2013). Caracterización del razonamiento estadístico de estudiantes universitarios acerca de las pruebas de hipótesis. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 16(2), 179-211.
- Juárez, J. e Insunza, S. (2014). Comprensión y razonamiento de profesores de matemáticas de bachillerato sobre conceptos estadísticos básicos. *Perfiles Educativos*, 36(146).
- Martínez J., Domenech, J., Menargues, M. & Romo, G. (2012). La integración de los trabajos prácticos en la enseñanza de la química como investigación dirigida. *Educación Química*, 23(1), 112-126.



- Polya, G. (1965). *Como plantear y resolver problemas*. 1ª Edición en Castellano. EUA: Princeton University Press.
- Popper, K. (1991). *Conjeturas y refutaciones: el desarrollo del conocimiento científico*. Barcelona: Paidós Ibérica.
- Popper, K. (1994). *En Busca de un mundo mejor*. Buenos Aires: Paidós Editorial.
- Popper, K. (2005). *El mito del marco común. En defensa de la ciencia y la racionalidad*. Barcelona: Paidós Surcos 8.
- Popper, K. (2010). *Conocimiento objetivo*. 5ª Edición en Castellano. Madrid: Tecnos
- Popper, K. (2011). Realismo y el objetivo de la ciencia. *Post Scriptum a la Lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos.
- Popper, K. (2013). *La lógica de la investigación científica*. 2ª Edición en Castellano. Madrid: Tecnos.
- Magee, B. (2000). *Popper*. 2ª Edición en Castellano. México: Colofón.
- Sánchez, E. & Hoyos, V. (2013). La estadística y la propuesta de un currículo por competencias. En A. Salcedo (Ed.) *Educación Estadística en América Latina. Tendencias y Perspectivas*. (pp. 211-227). Programa de Cooperación Inter-facultades. Universidad Central de Venezuela.
- Santos, L. (2008). La resolución de problemas matemáticos: avances y perspectivas en la construcción de una agenda de investigación y práctica. En *Memorias del Seminario de Resolución de Problemas: 30 años después del XII Simposio de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática*.
- Schild, M. (2010). Assessing Statistical Literacy: Take CARE. En P. Bid good N. Hunt, & F. Jolliffe (Eds.) *Assessment Methods in Statistical Education: An International Perspective*, 133-152. John Wiley & Sons Inc. Chischester, Great Britain.
- Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical problem solving*. Orlando, FL: Academic press.
- Serradó, A. (2013). El proyecto internacional de alfabetización estadística. *Números. Revista de Didáctica de las Matemáticas*, 83, 19-33.
- Tauber, L. (2013). Análisis de elementos básicos de alfabetización estadística en tareas de interpretación de gráficos y tablas descriptivas. *Ciencias Económicas*, 1(12), 53-74.
- Vergnaud, G. (1990). La teoría de los campos conceptuales. *Recherches en didactique des mathématiques*, 10(2), 3.