

EDUCACIÓN DE ADULTOS EN ENTORNOS VIRTUALES: DISEÑO DE TAREAS PARA APRENDIZAJES DE GEOMETRÍA A TRAVÉS DE CONTENIDOS DE GEOGRAFÍA

Adult education in virtual environments: Design of tasks for geometry learning through geography contents

Jesús Salinas y Verónica Hoyos

CCH-UNAM y UPN (México)

Resumen

Se contribuye en la indagación de aplicaciones metodológicas que utilizan ciclos de diseño de tareas en entornos virtuales, en el caso de trabajadores adultos aprendiendo geometría. Primero se identifica el modelo educativo que subyace en un curso de matemáticas llamado Geometría y Geografía propuesto en un programa virtual de nivel bachillerato llamado BUNAM (<http://www.bunam.unam.mx/>), en donde los estudiantes considerados en el estudio son adultos mexicanos trabajadores en USA. Enseguida se realiza el análisis cognitivo de una de las tareas que ejemplifican al curso mencionado y también se clasifican los logros de los estudiantes al resolverla. El trabajo realizado se basa en la aplicación de un ciclo de diseño de tareas en la modalidad educativa virtual para avanzar en promover mejoras de los participantes en el aprendizaje de la geometría.

Palabras clave: *Educación en Entornos Virtuales, Ciclo de Diseño, Aprendizaje de la Geometría a través de la Geografía, Educación de Adultos*

Abstract

We contribute to the issue of design experiments in educational research, specifically dealing with the design of tasks for online adult education in geometry. We identified the educative model that underlies a mathematics course called Geometry and Geography proposed at BUNAM (<http://www.bunam.unam.mx/>), an online educative program for high school level. The population in this study was Mexican workers living in USA. Here we carried out a cognitive analysis of a representing task belonging to this course, and a classification of students' achievements as well. This work is based on the application of design experiments methodology in virtual environments to help promoting participant's improvement in geometry learning.

Keywords: *Online Education, Design Experiments, Geometry Learning Through Geography Contents, Adult Education*

INTRODUCCIÓN

Hay muy pocos trabajos de investigación sobre programas educativos virtuales cuyas características y resultados hayan sido reportados en foros internacionales como PME, ICME o SEIEM. Esto tal vez ocurre debido a la transparencia de Internet (Ponte et al., 2009) o debido a una resistencia general institucional en las escuelas en contra de la incorporación de las nuevas tecnologías (Ruthven, 2008). Sin embargo en la actualidad cada vez hay más investigadores que tratan de utilizar Internet como un instrumento para ofrecer programas educativos alternativos o complementarios y/o para la realización de investigación en educación matemática en entornos virtuales (Bardelle & DiMartino, 2012; Herbst, 2012; Borba 2009). La explosión de la oferta educativa virtual así como la investigación de sus alcances hacen necesario avanzar en la

elaboración de estándares para reportar los resultados obtenidos, los cuales refieran al menos a la identificación de los modelos educativos que subyacen en los programas educativos virtuales, así como a las evaluaciones o análisis de sus resultados en cuanto al aprendizaje que genera su instrumentación. El análisis de las competencias desarrolladas por los participantes en un programa virtual se vislumbra muy productivo por las características del almacenamiento de los datos (como la fidelidad) en la plataforma, pues esto hace posible instrumentar un ciclo de diseño de tareas (Callejo, M. L., Valls, J. & Llinares, S. 2007; DBRC, 2003) y formular sugerencias o incorporación de cambios para avanzar en la mejora del aprendizaje que se logra en esta modalidad.

El trabajo que aquí se presenta constituye un reporte de una primera fase de un proyecto de investigación que gira en torno de la exploración del impacto de un ciclo de diseño de tareas en la mejora del aprendizaje vía Internet. Las tareas que se revisan han sido propuestas en el marco de las actividades básicas que desarrollan estudiantes inmigrantes que viven en Estados Unidos, adultos matriculados en un programa educativo virtual de nivel bachillerato llamado *BUNAM* (<http://www.bunam.unam.mx/>). Los resultados obtenidos se vislumbran muy productivos desde el punto de vista de la investigación educativa debido al impacto que puede tener el aumento del nivel educativo de los participantes en su entorno familiar.

MARCO TEÓRICO

La integración de las matemáticas con otras disciplinas es importante en la consideración de los procesos de enseñanza y aprendizaje. En particular, en los *Principios y Estándares para las Matemáticas Escolares* de la NCTM (2000) se sugiere: "Las ideas geométricas son útiles para representar y resolver problemas en otras áreas de las matemáticas y en situaciones del mundo real, por lo que la geometría debe integrarse cuando sea posible en otras áreas" (p. 41). En trabajos más recientes sobre el desarrollo del razonamiento geométrico con adultos (Blair 2004) se retoma este enfoque.

Por otro lado, es interesante poner de relieve una serie de oportunidades investigativas y educativas que están presentes en la educación matemática en entornos virtuales (Borba 2009; Herbst, 2012; Bienkowsky, M., Feng, M. & Means, B. 2012), tales como la realización de exploraciones y el diseño de experimentos en contextos educativos determinados que permiten una mejor comprensión de las ecologías de aprendizaje (Cobb, P., Confrey, J., Disessa, A., Lesh, R. & Schauble, L. 2003) en juego, específicamente el establecimiento de ciclos de diseño de tareas (Callejo et al., 2007), o la exploración de fenómenos básicos de la educación matemática ahora en escenarios completamente nuevos (Herbst, 2012). En este estudio la modalidad virtual del programa *BUNAM* se apunta en cuanto a uno de sus aspectos funcionales (Cobb et al., 2003), el cual permitió llevar a cabo el experimento de diseño que aquí se presenta. En particular, el acceso a la plataforma digital de distribución del programa *BUNAM* favoreció la revisión de todas las respuestas de los estudiantes a las tareas propuestas, gracias a las ventajas de almacenamiento y reproducción de los datos que presentan los *Sistemas de Gestión del Aprendizaje (LMS)* subyacentes en los escenarios educativos virtuales (Loan & Teasley, 2009; Bienkowsky et al., 2012).

En esta primera fase del proyecto (y de la configuración del ciclo de diseño), se analizan las tareas del curso de *Geometría y Geografía* y las respuestas de los participantes a una de ellas. Se utilizan dos taxonomías, la del modelo de van Hiele y la SOLO (Structure of the Observed Learning Outcome) desarrollada por Biggs & Collis (1982), las cuales se juzgan compatibles y complementarias (Huerta, 1999). La taxonomía del modelo de van Hiele para el razonamiento geométrico (1986) se utiliza para sugerir mejoras en las tareas considerando un pensamiento progresivo de los estudiantes (Blair, 2004), y (ii) la taxonomía SOLO se usa para analizar las respuestas de los estudiantes a la tarea que se considera. En el modelo de van Hiele, al igual que en la taxonomía SOLO, los diferentes niveles pueden coexistir en el mismo tema y desarrollarse al mismo tiempo pero en diferentes grados. Esta situación, en ambas taxonomías, sugiere la viabilidad

de una estrategia de enseñanza que ayuda a los estudiantes a desarrollar su razonamiento a través de "un enfoque integrador que incluya múltiples tipos de conocimiento" (Blair, 2004, p. 1).

Nivel de van Hiele	Objeto de pensamiento
Visual	Figura(s) como un todo
Descriptivo	Propiedades individuales de figuras
Abstracción	Relación entre propiedades
Deducción	Redes de relación en un sistema
Rigor	Relación entre sistemas

Tabla 1. Objetos de pensamiento en acuerdo con los niveles de van Hiele (Blair, 2004)

METODOLOGÍA Y ANÁLISIS

El ciclo de diseño se concreta en dos fases distintas. La primera fase, de la cual aquí se presentan características y resultados, se estructuró con base en el análisis de las competencias matemáticas que desarrollan los adultos que participan en el programa educativo virtual *BUNAM*. La segunda fase del proyecto está relacionada con el cierre del ciclo de diseño, con una organización colectiva para la revisión de las tareas del curso, y con el montaje en la plataforma de las modificaciones a las mismas. Sin embargo, en esta comunicación sólo se abordan detalles relativos a la primera fase del estudio. En esta fase, el análisis de las ejecuciones de los participantes se llevó a cabo teniendo en cuenta las facilidades que para su realización presenta el almacenamiento de datos en la plataforma de administración del programa educativo en juego (una del tipo *moodle*). Este almacenamiento hace posible instrumentar ciclos de diseño de las tareas matemáticas propuestas (Callejo et al., 2007; DBRC, 2003).

Otros aspectos metodológicos de la primera fase de nuestro estudio, importantes a destacar, están relacionados con las características de la población y de los programas de estudio. Al respecto mencionaremos que la población que aquí se considera son adultos trabajadores mayores de 30 años de edad que viven fuera de México, en Estados Unidos de Norteamérica (USA). Al inicio del programa de bachillerato *BUNAM*, cuentan con educación básica (primaria y secundaria). Cada curso en la modalidad virtual del programa *BUNAM* se lleva a cabo en un mes de trabajo en Internet, durante 20 horas a la semana, durante 4 semanas. Los diferentes cursos se conectan con el contenido de una disciplina diferente (en el caso que se examina es la geografía, pero en otros casos, los cursos están integrados en una rama de la física o la biología o las ciencias sociales). De hecho, las matemáticas se estudian y utilizan como una herramienta. De esta manera, el contenido de cada curso de matemáticas corresponde aproximadamente a 20% del total disponible.

El análisis de la tarea discutida en este trabajo, la cual pertenece a la primera unidad, muestra que el aspecto geométrico prácticamente está ausente, lo que indica la necesidad de rediseñar la tarea de manera que integre la geometría con la geografía más allá de una vaga alusión a las formas geométricas implicadas. De esta manera, sería posible capitalizar esta tarea para mover a los estudiantes de un nivel de manejo descriptivo de una situación a la elaboración de una representación más abstracta.

Como Biggs & Collis (1982) señalan,

el análisis SOLO puede ser de ayuda específica al profesor de geografía tanto en las áreas de contenidos como en los procesos (conocimientos y habilidades). Tal vez en la geografía más que en otras materias, el profesor puede capitalizar la experiencia inmediata del estudiante de su espacio inmediato y del medio ambiente y pasar de ello a una representación más abstracta de dicho entorno. La taxonomía SOLO parece particularmente útil para aislar aquellos aspectos que los estudiantes utilizan en la construcción de conocimientos y

habilidades, y parecería ventajoso para los profesores aislar estos y construir sobre ellos en la planeación de sus lecciones (pp. 142-143).

A continuación se muestran las respuestas de los alumnos a la actividad mencionada. Cabe señalar que la mayoría de las respuestas de los estudiantes se adhieren casi exclusivamente a una transcripción literal de las declaraciones de Aristóteles, las cuales se proporcionaron en un texto disponible en la plataforma del programa.

La pregunta a resolver en todos los casos que enseguida se exponen es la siguiente: Explique qué validez científica ha tenido la evidencia que Aristóteles dio sobre la forma curva de la Tierra.

Tipo preestructural de respuestas

- E1 (Estudiante 1): La tierra es esférica porque la comparó con los demás astros. Además, al observar los eclipses lunares la sombra que la tierra proyecta sobre la luna es curva. Con este fenómeno puede explicarse que la tierra tiene forma de una esfera.
- E2: La tierra es esférica, porque tal es la forma aparente de los demás astros, tal es también la forma que toma un cuerpo, como una gota de agua, sometida a la sola presencia de sus partes y tal es la forma que nos revela la sombra terrestre en los eclipses de luna. Las ideas aristotélicas influenciaron las ideas sobre la esfericidad de la tierra durante la edad media en Europa.
- E3: Esta teoría tuvo una vigencia científica de siglos dado que era utilizada por la mayor parte de las religiones. Y principalmente por los científicos que continuaron con los estudios de la tierra.

Puede notarse que, en cada una de estas respuestas, los estudiantes no responden a la pregunta planteada, simplemente repiten la información consultada. Y, aunque en la segunda respuesta, la pregunta se menciona explícitamente, en realidad, lo que el estudiante hace es repetir una parte de la información dada. La tercera respuesta podría ser transicional, ya que utiliza incorrectamente datos (era utilizada por la mayor parte de las religiones) potencialmente relevantes (el uso de la teoría aristotélica por otros científicos).

Tipo uniestructural de respuestas

- E4: Las pruebas que aportó Aristóteles sobre la forma curva de la tierra fueron: La tierra es esférica porque las comparó con los demás astros. Además que al observar los eclipses lunares la sombra que la tierra proyecta sobre la luna es curva. Con este fenómeno puede explicarse que la tierra tiene forma de una esfera.

En esta respuesta el estudiante reconoce el problema y tratan de responder. Retoma información de un aspecto relevante de una prueba científica: la constatación empírica u observacional de un enunciado y se restringe a éste.

Tipo multiestructural de respuestas

- E5: Aristóteles aportó evidencias de la forma esférica de la tierra al observar la forma aparente de los demás astros. Al observar los eclipses de luna se dio cuenta de que la sombra proyectada por la tierra era circular, las dimensiones de la tierra no deben ser desmesuradas puesto que con el cambio de lugar varían el aspecto y número de las estrellas visibles.

En esta respuesta el estudiante consideran dos aspectos importantes, el aspecto observacional (la forma aparente de los demás astros) y deductivo (las dimensiones de la Tierra), pero no los integran.

Tipo relacional de respuestas

- E6: Por supuesto la validez que asienta Aristóteles en sus observaciones son de gran peso e importancia para el mundo científico, es el quien aporta los primeros argumentos sólidos contra la tradicional teoría de la Tierra plana, haciendo notar que las estrellas parecen cambiar su altura en el horizonte según la posición del observador en la Tierra. Este fenómeno puede explicarse partiendo de la premisa que la Tierra es una esfera; pero resulta incomprensible suponiendo que sea plana.

En las respuestas de tipo relacional, como la que se muestra, los estudiantes usan gran parte de la información relevante y han integrado los aspectos empíricos y deductivos, como elementos de validación de una prueba científica. Sin embargo, al igual que en todas las otras respuestas, no se utilizan conocimientos básicos de la geometría para caracterizar e interpretar la forma de la Tierra.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se puede observar que la dificultad de la tarea examinada se basa principalmente en la comprensión de lectura de un texto. Sin embargo, es importante tener en cuenta que una respuesta que vaya más allá de la repetición de lo que Aristóteles dijo requiere la consideración de otros aspectos. Por una parte, los estudiantes debieran tener una idea de lo que es una prueba científica. De esa manera, tendrían que analizar el material que se proporciona y seleccionar la información relevante para poder explicar qué validez científica tienen los argumentos que propuso Aristóteles para afirmar que la forma de la Tierra es esférica. Sin entrar a discutir con rigor que se entiende por una prueba científica, aquí hemos considerado como una respuesta más completa aquella que conjuga dos aspectos centrales, la observación y la teoría. En términos generales, se establece que una prueba científica consiste en contrastar empíricamente un enunciado que forma parte de una teoría.

Por otra parte, acorde con el propósito general de la unidad correspondiente, los estudiantes requieren aplicar conocimientos básicos de la geometría, es decir, realizar una representación geométrica de la interacción entre el Sol, la Tierra y la Luna que se alude en la tarea. Una representación esquemática del fenómeno de eclipse de Luna, como el de la Figura 1, permitiría visualizar elementos importantes del círculo (diámetro, arco, tangente, etc.) y relaciones geométricas (igualdad de ángulos, semejanza de triángulos) que podrían abstraerse del fenómeno, cuando la Tierra se encuentra alineada entre el Sol y la Luna. Por lo cual, sería conveniente pedir a los alumnos que elaboren una interpretación geométrica de la visualización del fenómeno y que utilicen sus nociones geométricas de manera informal. Posteriormente, se podría avanzar en un tratamiento más formal de tales conceptos. Nótese que este análisis de las posibles modificaciones a la tarea corresponde a una aplicación que aquí hemos llevado a cabo de la caracterización de los objetos del pensamiento según el modelo de van Hiele (Blair, 2004. Ver Tabla 1).

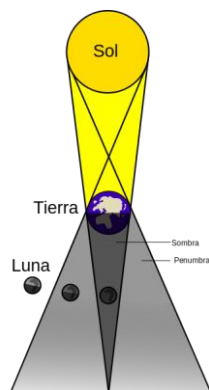


Fig. 1. Diagrama de un eclipse de Luna



Fig. 2. Fotografía de la secuencia de un eclipse de Luna

En general, los estudiantes en sus respuestas describieron de manera textual lo que supone la observación de figuras o formas geométricas. Sin embargo, si lo que se observa se relaciona con una imagen similar a la que aparece en la Figura 2, donde no hay curvas definidas, es evidente para el lector la dificultad que conlleva establecer una contrastación empírica del enunciado.

La compatibilidad que hay entre las taxonomías que se consideraron, la SOLO y la de van Hiele (Huerta 1999), sugiere que la trayectoria de aprendizaje que se elaboró y se presentó aquí podría ayudar a los estudiantes a desarrollar su razonamiento en el sentido que Blair (2004) establece: "el razonamiento empleado por los estudiantes "es complejo, y no se mapea sobre una clara secuencia de diferentes tipos de razonamiento. Esto sugiere que los estudiantes podrían beneficiarse de una instrucción diseñada para ayudarles a desarrollar su razonamiento a través de un enfoque integral que involucra múltiples tipos de conocimiento "(p.1). Puesto que las tareas en el contenido del programa *BUNAM* combinan contenidos de geografía con propiedades geométricas básicas, éstas podrían ser rediseñadas y completadas añadiendo material y/o actividades que ayuden a los estudiantes a comprender mejor los contenidos de geometría ahí involucrados.

Por otro lado, la necesidad de incorporar modificaciones a la tarea haría posible capitalizar su resolución para mover a los estudiantes de un nivel de manejo descriptivo de una situación hacia una representación más abstracta. Estarían entonces avanzando en el desarrollo del razonamiento geométrico en acuerdo con el modelo de van Hiele (1986), lo que evidenciaría que el énfasis en el rediseño o en la configuración de un ciclo de diseño potencia las posibilidades del aprendizaje de los participantes en las modalidades virtuales, como ya ha sido señalado por otros autores (Callejo et al., 2007).

Finalmente, los avances de la investigación en torno del impacto del contexto familiar o de la participación de los adultos en la educación de los niños en torno de las matemáticas básicas (Civil, 2009), potencian los alcances de la educación de adultos en modalidades como la que ofrece el programa *BUNAM*, por la posible transformación de las condiciones de desventaja y segregación de la población inmigrante. Aunque en esta comunicación no se abundará en este aspecto, vale la pena mencionar que ya Gadsden (1994) había hecho notar que la educación de adultos inmigrantes debía ser considerada desde una perspectiva amplia, teniendo en cuenta su dimensión social y familiar.

CONCLUSIONES

La elaboración del presente reporte, a partir de la instrumentación de la primera fase de un ciclo de diseño de tareas en un ambiente virtual de aprendizaje, se centró en el análisis y reflexión sobre el diseño de las tareas de uno de los cursos del programa educativo virtual *BUNAM* (<http://www.bunam.unam.mx/>), en parte para avanzar en la utilización de la geometría como herramienta para el desarrollo de un razonamiento cada vez más complejo. Además se mostró el potencial investigativo que tienen los *Sistemas de Gestión de Aprendizaje (LMS)* en relación con el análisis, rediseño e incorporación de cambios convenientes en las tareas, generando ciclos de diseño. Por último, se argumentaron posibles avances de los adultos inmigrantes en cuanto a sus aprendizajes en el curso de *Geometría y Geografía* del programa *BUNAM*, y también se habló del posible impacto social y familiar de su mejora educativa (Civil, 2009).

Referencias

- Bardelle, C. & Di Martino, P. (2012). E-learning in secondary-tertiary transition in mathematics: for what purpose? *ZDM*, 44, 787-800.
- Bienkowsky, M., Feng, M. and Means, B. (2012). *Enhancing teaching and learning through educational data mining and learning analytics*. US Department of Education. Office of Educational Technology: SRI International.
- Biggs J. B. and Collis, K. F. (1982). *Evaluating the quality of Learning. The SOLO Taxonomy (Structure of the Observed Learning Outcome)*. Academic Press, Inc.

- Blair, S. (2004). Describing undergraduates geometry thinking via an object of thought interpretation of the Van Hiele model. *Paper presented at the TSG 10 of ICME 10*. Monterrey (Mexico). Retrieved at: <http://descartes.ajusco.upn.mx/varios/tsg10/index.html>.
- Borba, M. (2009). Potential scenarios for Internet use in the mathematics classroom. *ZDM*, 41, 453-465
- Callejo, M. L., Valls, J. y Llinares, S. (2007). Interacción y análisis de la enseñanza. Aspectos claves en la construcción del conocimiento profesional. *Investigación en la Escuela* No. 61.
- Civil, M. (2009). Mathematics Education, Language and Culture: Ponderings From a Different Geographic Context. In R. Hunter, B. Bicknell & T. Burgess (Eds.), *Crossing divides: Proceedings of the 32nd annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia (Vol. 1)*. Palmerston North, NZ: MERGA.
- Cobb, P., Confrey, J., Disessa, A., Lesh, R. & Schauble, L. (2003). Design experiments in Educational Research. *Educational Researcher*, 32(1). 9-13.
- Design Based Researcher Collective (2003). Design Based Research: An Emergent Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5-8.
- Gadsden, V. L., (1994). Understanding family literacy: Conceptual Issues Facing the field. *Teachers College Record*.
- Herbst, P. (2012). Online Mathematics Education: A Research Agenda. Document of work, non- published. Ann Arbor: University of Michigan.
- Huerta, M. P. (1999). Los niveles de van Hiele y la Taxonomía SOLO: Un análisis comparado, una integración necesaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), 291-309.
- Lonn, S. and Teasley, S. (2009). Saving time or innovating practice: Investigating perceptions and uses of Learning Management Systems. *Computers and Education*, 53, 686-694.
- NCTM (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. USA: NCTM.
- Ponte, J.P. et al. (2009). Tools and settings supporting mathematics teachers learning. *15th ICMI Study*, 185-209. New York: Springer.
- Ruthven, K. 2008. Mathematical technologies as a vehicle for intuition and experiment. Paper prepared for the *ICMI Centennial Symposium*, Rome.
- Van Hiele, P. (1986). *Structure and insight, a theory of mathematics education*. Orlando, FL: Academic Press.