

POSIBILIDADES Y DIFICULTADES PARA ACCEDER AL CONCEPTO DE VARIACIÓN A TRAVÉS DE LA MEDICIÓN DEL PH DEL SUELO Y EL EFECTO INVERNADERO

Fátima Violeta Herrera Vargas, Alicia López Betancourt, Alma Leticia Benítez Pérez

Universidad Juárez del Estado de Durango. Instituto Politécnico Nacional (México)

vahex.1311@gmail.com, ablopez@ujed.mx, abenitez@ipn.mx

RESUMEN: Esta investigación se enfoca en documentar cómo los estudiantes de bachillerato construyen el concepto de variación mediante la resolución de un problema en contexto y el uso de tecnologías mediante sensores (de pH y temperatura). Se toma como base dos prácticas: la medición del pH del suelo en diferentes zonas de Canatlán, Durango y el efecto invernadero. Se trabajó con un grupo de 20 estudiantes de tercer semestre durante seis días hábiles. El concepto matemático de variación se analiza con la propuesta de Carlson (2003). Los estudiantes mostraron dificultades para graficar correctamente los datos obtenidos a través de los sensores, asimismo los estudiantes muestran interés y motivación al usar los sensores sin embargo al realizar la hoja de trabajo manifiestan rechazo para responderla y se precisa que pocos logran relacionar las dos variables involucradas: el pH con la profundidad y la temperatura con el tiempo transcurrido, de modo que se está lejos de la comprensión del concepto de variación.

Palabras clave: variación, sensores, pH, temperatura, medición

ABSTRACT: This research work attempts to state how high school students elaborate the concept of variation through problem solving in context and the use of technologies by sensors (pH and temperature). The study is based on two practices: The measurement of the soil pH in different areas of Canatlán, Durango, and the greenhouse effect. The sample was composed by twenty students of the third semester and it lasted six working days. The mathematical concept of variation is analyzed by using Carlson proposal (2003). The students show difficulties to properly construct the graphs of the data obtained by using the sensors. Besides, the students show interest and motivation when using the sensors; however, they reject to answer the worksheet and only a few can relate the two variables involved: the pH with the depth and the temperature with the time, so they cannot still understand the concept of variation.

Key words: variation, sensors, pH, temperature, measurement

■ Introducción

La educación matemática ha evolucionado buscando el desarrollo de competencias genéricas y disciplinares a través de un aprendizaje significativo de los conceptos y su aplicación además de dar una mayor importancia a la investigación tanto individual como en grupo. En este contexto en los últimos años se ha integrado como método de enseñanza de las matemáticas la resolución de problemas. El método basado en la resolución de problemas estimula a los alumnos a abordar situaciones nuevas, a responder cuestionamientos cuya resolución no puede ser mecánica, a elaborar nuevas estrategias de pensamiento al plantearse preguntas, pero sobre todo a aplicar sus conocimientos y habilidades en otras situaciones.

La construcción del concepto de variación es una pieza clave en el proceso de enseñanza de las matemáticas, ya que este concepto sirve como cimiento para la formación de nuevas nociones como la de función, derivada o razón de cambio. Entonces podemos decir que si los estudiantes logran construir y comprender realmente el concepto de variable los nuevos conceptos asociados a éste serán más claros. (Gómez Otero, 2007). Por otra parte, la Reforma Integral del Bachillerato (Secretaría de Educación Pública, 2011) plantea el uso de tecnologías, así como la aplicación de métodos y procedimientos para dar solución a problemas. Además de propiciar la creatividad y el pensamiento lógico y crítico entre los estudiantes. De esta manera la formulación y resolución de problemas cobra importancia y con ella la necesidad de que el estudiante sea capaz de explicar y argumentar los resultados obtenidos.

Las competencias disciplinares básicas de matemáticas propuestas buscan el desarrollo de la creatividad y del pensamiento lógico y crítico, así como formar a los estudiantes en competencia de interpretar el entorno que los rodea matemáticamente. En este contexto, se busca estudiar cómo se construye la noción de variable en estudiantes de nivel medio superior, así como los procesos que están incluidos además de documentar cómo éste favorece o no el desarrollo de las competencias previamente mencionadas, todo esto mediante la resolución de un problema en contexto donde es utilizada la tecnología. Para esto se realizarán dos prácticas: la medición del pH del suelo en diferentes zonas del municipio de Canatlán, Durango y la segunda del funcionamiento del efecto invernadero. Estas dos prácticas tomarán como herramienta el sensor de Vernier de pH y el sensor de temperatura respectivamente

■ Fundamentación teórica

Intuitivamente niños y adolescentes crean una noción de variación a partir de sus vivencias diarias como el propio crecimiento o el de algún ser vivo a su alrededor o bien de una manera más evidente con el desplazamiento de una persona u objeto. En el ambiente escolar, el concepto de variación es abordado en los cursos de matemáticas y física. En este contexto podemos encontrar diversas concepciones de la noción de variable, por ejemplo, Caballero y Cantoral (2013, p. 1588), definen la variación como la “cuantificación de una modificación de estado”. Para García (2009, p. 20) la

variación “analiza la forma en que varía o cambia una función a partir de la relación entre las variables que la describen”.

La noción de variación es un concepto que no está explícito en la enseñanza, sin embargo su noción es fundamental para que los estudiantes reconozcan relaciones entre variables o cantidades asociadas, y cómo el cambio en una de ellas determina o explica el cambio en la otra. Esto permitirá a los estudiantes llegar a los conceptos de cálculo con mayor familiaridad y reconocimiento de las relaciones entre variables.

Para el análisis de las hojas de trabajo, se retomó el marco conceptual realizado por Carlson, Jacobs, Coe, Larsen y Hsu (2003) para evaluar el pensamiento covariacional presentado por los estudiantes en la realización de las actividades desarrolladas para esta investigación. Estos autores definen en su estudio el razonamiento covariacional como “las actividades cognitivas implicadas en la coordinación de dos cantidades que varían mientras se atiende a las formas en que cada una de ellas cambia con respecto a la otra”. Con base en esta interpretación se desarrolla un marco conceptual que involucra un conjunto de cinco acciones mentales con sus respectivos comportamientos y cinco niveles de desarrollo del razonamiento covariacional.

En la Tabla 1.1 se proporciona una descripción de las cinco acciones mentales del razonamiento covariacional y de los comportamientos asociados. Las acciones mentales del marco conceptual de la covariación proporcionan un medio para clasificar los comportamientos que se pueden ver cuando los estudiantes se involucran en tareas de covariación; sin embargo, la habilidad de razonamiento covariacional de un individuo, relativa a una tarea particular, se puede determinar sólo examinando el conjunto de comportamientos y acciones mentales exhibido mientras responde a esa tarea (Carlson et al., 2003, p. 127).

Tabla 1.1 Acciones mentales del marco conceptual para la covariación (Carlson et al., 2003, p. 127)

Acción mental	Descripción de la acción mental	Comportamientos
AM1	Coordinación del valor de una variable con los cambios en la otra.	Designación de los ejes con indicaciones verbales de coordinación de las dos variables (v.g., y cambia con cambios en x).
AM2	Coordinación de la dirección del cambio de una variable con los cambios en la otra variable.	Construcción de una línea recta creciente. Verbalización de la consciencia de la dirección del cambio del valor de salida mientras se consideran los cambios en el valor de entrada.
AM3	Coordinación de la cantidad de cambio de una variable con los cambios en la	Localización de puntos/construcción de rectas secantes.

	otra variable.	Verbalización de la consciencia de la cantidad de cambio del valor de salida mientras se consideran los cambios en el valor de entrada.
AM4	Coordinación de la razón de cambio promedio de la función con los incrementos uniformes del cambio en la variable de entrada.	Construcción de rectas secantes contiguas para el dominio. Verbalización de la consciencia de la razón de cambio del valor de salida (con respecto al valor de entrada) mientras se consideran incrementos uniformes del valor de entrada.
AM5	Coordinación de la razón de cambio instantánea de la función con los cambios continuos en la variable independiente para todo el dominio de la función.	Construcción de una curva suave con indicaciones claras de los cambios de concavidad. Verbalización de la consciencia de los cambios instantáneos en la razón de cambio para todo el dominio de la función (los puntos de inflexión y la dirección de las concavidades son correctos).

Interpretando a Carlson et. al (op. cit.), un estudiante puede clasificar en un determinado nivel, de acuerdo con la imagen global para poder sustentar las imágenes mentales del estudiante. Además, Carlson et al. (2003) “Se dice que la habilidad de razonamiento covariacional de alguien ha alcanzado un nivel dado de desarrollo cuando sustenta a las acciones mentales asociadas con ese nivel y las acciones asociadas con todos los niveles que están por debajo” (p. 128).

Tabla 1.2 Marco conceptual para los niveles de covariación (Carlson et al., 2003, p. 128)

Nivel	Características
Nivel 1 (N1) Coordinación	En el nivel de coordinación, las imágenes de la covariación pueden sustentar a la acción mental de coordinar el cambio de una variable con cambios en la otra variable (AM1).
Nivel 2 (N2) Dirección	En el nivel de dirección, las imágenes de la covariación pueden sustentar a las acciones mentales de coordinar la dirección del cambio de una de las variables con cambios en la otra. Las acciones mentales identificadas como AM1 y AM2 ambas son sustentadas por imágenes de N4
Nivel 3 (N3) Coordinación cuantitativa	En el nivel de la coordinación cuantitativa, las imágenes de la covariación pueden sustentar a las acciones mentales de coordinar la cantidad de cambio en una variable con cambios en la otra. Las acciones mentales identificadas como AM1, AM2 y AM3 son sustentadas por las imágenes de N3.

<p>Nivel 4 (N4) Razón promedio</p>	<p>En el nivel de la razón promedio, las imágenes de covariación pueden sustentar a las acciones mentales de coordinar la razón de cambio promedio de una función con cambios uniformes en los valores de entrada de la variable. La razón de cambio promedio se puede descomponer para coordinar la cantidad de cambio de la variable resultante con los cambios en la variable de entrada. Las acciones mentales identificadas como AM1 hasta AM4 son sustentadas por imágenes de N4.</p>
<p>Nivel 5 (N5) Razón instantánea</p>	<p>En el nivel de la razón instantánea, las imágenes de covariación pueden sustentar a las acciones mentales de coordinar la razón de cambio instantánea de una función con cambios continuos en la variable de entrada. Este nivel incluye una consciencia de que la razón de cambio instantánea resulta de refinamientos más y más pequeños en la razón de cambio promedio. También incluye la consciencia de que el punto de inflexión es aquel en el que la razón de cambio pasa de ser creciente a decreciente o, al contrario. Las acciones mentales identificadas como AM1 a AM5 son sustentadas por imágenes de N5.</p>

Por otra parte, el propósito principal de la resolución de problemas es permitir a los estudiantes pensar por sí mismos propiciando que adquiriera la más amplia experiencia, además se pretende que se utilicen estrategias y técnicas como el análisis del enunciado, el uso de la prueba y error o dar solución a un cuestionamiento más simple que sirva como base para realizar la actividad planteada. La resolución de problemas es una cuestión de habilidad, esta se adquiere mediante la imitación y por supuesto, la práctica.

También se busca afianzar las propias capacidades para afrontar problemas, además de comprender las relaciones matemáticas y tomar decisiones a partir de ellas (Polya, 1990). Los fundamentos teóricos que se busca trabajar con los estudiantes estarán centrados en revisar el concepto de pendiente de una recta y razón de cambio como cimientos para el entendimiento del concepto de variación, pH del suelo y efecto invernadero.

■ Método

El método aplicado en la presente investigación es de corte cualitativo, al tomar como unidades de análisis las hojas de trabajo resueltas por de los estudiantes, observación en el aula, así como de las exposiciones realizadas por cada uno de los equipos. La población constó de un grupo conformado por cinco estudiantes de cada uno de los cuatro grupos de tercer semestre de la carrera de Técnico Agropecuario del Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 28 (CBTa. 28) de Canatlán, Durango. Se integraron equipos de tres y cuatro estudiantes para las prácticas del pH y del efecto invernadero respectivamente.

La práctica correspondiente a la medición del pH del suelo se tomó como referencia la tesis de Reyes (2015) y se realizaron cambios. Mientras que la práctica correspondiente al efecto invernadero se

tradujo del libro de experimentos *Middle School Science with Vernier* (Vernier Software & Technology, 2015) y a partir de ésta se diseñó la hoja de trabajo correspondiente. En las hojas de trabajo además de los conceptos matemáticos se incluyeron contenido del submódulo (manejo del suelo y agua) en el que se desarrollaron las prácticas. Se trabajó a lo largo de seis días, durante los cuales se desarrollaron las siguientes actividades: 1. Exposición del pH y el efecto invernadero, Conformación de equipos y Toma de muestras por parte de los equipos; 2. Medición del pH en las muestras recolectadas; 3. Medición de la temperatura para la práctica del efecto invernadero y Resolver la hoja de trabajo por equipo; 4. Elaborar la exposición de sus resultados por equipos; 5. Exposición de los resultados por parte de los equipos.

La medición del pH del suelo de diferentes zonas de Canatlán fue realizada por cuatro equipos de tres integrantes (en el caso del equipo 2, los integrantes fueron 5). Para efectuar cada uno de las prácticas se les entregó a cada uno de los equipos el material necesario para la recolección de muestras, el cual consistía de cinco frascos numerados acorde con la profundidad que se debía tomar la muestra; además tenía una etiqueta con las instrucciones a seguir para la recolección, también se añadieron cinco cucharas para medir y recolectar cada una de las muestras. Cabe destacar que debido a la formación de los estudiantes ellos ya contaban con antecedentes sobre el muestreo de suelo lo cual facilitó el trabajo a realizar.

Las zonas destinadas para la recolección de muestras fueron: equipo 1: La Cañada; 2. Huerta de Toño Martell (Camino al Potrero); 3. Caboraca y 4. Comunidad de Martín López. Los equipos llevaron sus muestras al salón de clases donde se realizó la medición utilizaron el sensor de pH y la interfaz *Logger Lite*. Cada estudiante realizó al menos la medición de una de las muestras de su equipo, para que aprendieran el funcionamiento de los sensores y la importancia de la obtención de datos.

La práctica correspondiente al efecto invernadero la ejecutaron dos equipos de cuatro integrantes, se le entregó a cada uno de los equipos el material necesario el cual fue de: dos frascos, dos sensores de temperatura, dos reglas, una lámpara, plástico autoadherente, una plantilla para la distribución de los frascos, un poco de tierra y una lámpara, así como las indicaciones a seguir para la realización de la práctica. Los estudiantes siguieron las indicaciones que les habían sido entregadas anteriormente, en este caso los estudiantes trabajaron con dos sensores de temperatura y un *LabQuest*. Con el fin de recabar información sobre el manejo de los datos y la comprensión del alumno de los temas matemáticos aplicados, después de la recolección de los datos, se procedió a responder las hojas de trabajo. Las cuales posteriormente apoyaron para analizar los procesos de comprensión del concepto de variación por parte de los estudiantes.

■ Resultados

En las hojas de trabajo se pudo observar que los estudiantes tienen dificultades para identificar las variables, precisar el cambio que se presenta entre ellas, así como relacionar gráficamente estos conceptos. Además de cometer errores aritméticos y no hacer una correcta reflexión entre los

resultados obtenidos y los cuestionamientos que se les realizó. Un caso que se presentó en la mayoría de los estudiantes fue la problemática al describir los datos recolectados en el plano cartesiano, en algunos casos se graficaron puntos que no coincidían con los datos obtenidos, estos alumnos muestran acciones mentales descritas en el Nivel 2 de dirección (Ver Tabla 1.2).

En la exposición realizada para la difusión de los resultados presentan los datos recolectados y una representación gráfica de los mismos, pero se hace aún más evidente que los estudiantes no logran acceder al concepto de variación siendo ellos mismos quienes comentan lo sucedido al realizar las actividades que se les plantean y la problemática a la que se enfrentan al tratar de darles solución.

Con base en los resultados obtenidos en las hojas de trabajo podemos decir que las acciones mentales de los estudiantes alcanzan apenas la AM3 (Ver Tabla 1.1), ya que describen correctamente cada uno de los ejes del plano cartesiano, pueden describir la dirección de cambio de una variable, pero se encuentran dificultades al localizar puntos, por ejemplo, grafican el origen como un punto extra en el eje x. Todos ellos son incapaces de verbalizar la razón de cambio, en algunos casos únicamente se grafica la profundidad y el pH o la temperatura obtenida para uno de los valores obtenidos, en otro caso se grafican correctamente los valores, pero no se obtiene la razón promedio de cambio, mientras que los casos que la obtienen no es correcta. Por lo tanto, los estudiantes alcanzan como nivel de razonamiento covariacional el Nivel 3 (Ver Tabla 1.2), donde se describe la coordinación cuantitativa.

El 85% de los alumnos ostentan un nivel de razonamiento covariacional por debajo del Nivel 4 de razón promedio (Ver Tabla 1.1), ya que son capaces de coordinar los cambios de una variable, su dirección y cantidad con respecto a cada uno de los valores, pero se encuentran con dificultades para comprender la razón de cambio que se presenta.

■ Conclusiones

La aplicación de tecnologías con el uso de los sensores fue un estimulante para los estudiantes y propició en ellos una actitud de trabajo e integración. Durante la ejecución de las prácticas la actitud de los alumnos fue positiva y se mostraban atentos al comportamiento que presentaba el pH en cada muestra o la variación de la temperatura entre los modelos y como se registraban en la interfaz. Sin embargo, su actitud cambio al presentarles las hojas de trabajo y en varias ocasiones mostraron su descontento con esta actividad haciendo comentarios negativos.

Los niveles de covariación presentados por los estudiantes se encuentran muy por debajo de los esperados ya que en su mayoría se ubican en el primer nivel debido a las acciones mentales que muestran en la resolución de sus hojas de trabajo. Cabe mencionar que a pesar de que algunos alumnos contestan las hojas de trabajo no lograron un aprendizaje significativo del concepto de variación.

Se sugiere desarrollar futuras investigaciones en las cuales los profesores apliquen otro tipo de sensores relacionados a problemas reales, para que los estudiantes de manera continua experimenten

desde la recolección de datos hasta el análisis de las relaciones entre las variables para acceder al concepto de variación.

■ Referencias bibliográficas

- Caballero Pérez, M., y Cantoral Uriza, R. (2013). El desarrollo del pensamiento y lenguaje variacional entre los profesores de bachillerato. En R. Flores (Ed), *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa* 26, 1585-1593, México: Comité Latinoamericano de Matemática Educativa.
- Carlson M., Jacobs S., Coe E., Larsen S. y Hsu E. (2003). Razonamiento covariacional aplicado a la modelación de eventos dinámicos: un marco conceptual y un estudio. *Revista EMA* 8 (2), 121-156.
- García Rodríguez, M. L. (2009). Construcción del concepto de variación con apoyo de una herramienta computacional. *Innovación Educativa Julio-septiembre*, 19-25.
- Gómez Otero, E. J. (2007). *La construcción de la noción de variable*. Tesis de Doctorado no publicado. Centro de Investigación de Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional. Ciudad de México, México.
- Polya, G. (1990). *Cómo plantear y resolver problemas*. México: Trillas.
- Reyes Nava, N.E. (2015). *Representaciones semióticas del concepto de variación: Medición del pH del suelo*. Tesis de licenciatura no publicada. Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango.
- Secretaría de Educación Pública (2011). *Documento base del bachillerato general*. México. Recuperado el 13 de diciembre de 2015, de http://www.dgb.sep.gob.mx/02-m1/03-iacademica/01-programasdeestudio/documentobase/doc_base_032012_rev01.pdf.
- Vernier Software & Technology. Recuperado el 29 de Julio de 2015 del sitio: https://www.vernier.com/experiments/msv/3/greenhouse_effect/.