

DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

JORNADAS ACADÉMICAS

Revista de publicación anual

No. 1

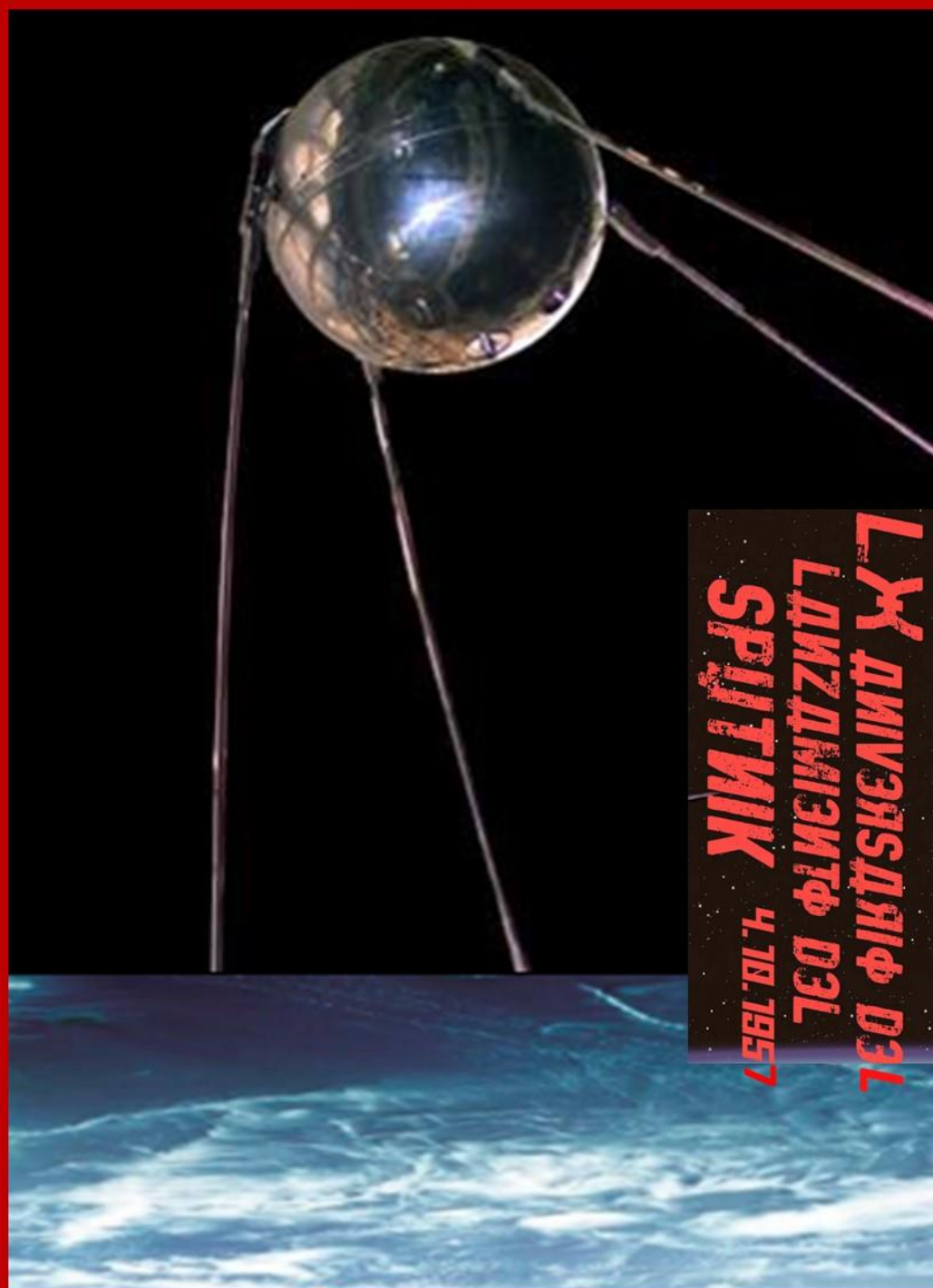
Divulgación

Enseñanza

Investigación
educativa



Escuela Superior de
Física y Matemáticas



Mayo de 2018

ISSN en trámite

Contenido	
Desarrollo científico para el lanzamiento de un satélite	Pág.
Lanzamiento y puesta en órbita de un satélite artificial	5
Observatorios espaciales a 60 años del lanzamiento del <i>Sputnik I</i> : el cielo en longitudes de onda infrarrojas	17
Enseñanza	
Didáctica de las Ciencias: conformación y estado actual de la disciplina	33
Evaluación del Aprendizaje: De la detección de dificultades al diseño de una aplicación Web	44
Interrogatorio-prediagnóstico una actividad para la aplicación y síntesis de propedéutica clínica	51
Test de orientación vocacional para estudiantes de licenciatura en Física y Matemáticas en las especialidades de: Matemáticas y Matemática Educativa	71
Actividades para superar obstáculos y preconceptos en ondas mecánicas	92
Abaco sexagesimal como herramienta para el aprendizaje de aritmética de grados, minutos y segundos	115
Una manera más para tratar de solventar obstáculos en el aprendizaje de la trigonometría plana sin recurrir a métodos tradicionales	122
Propuesta con enfoque didáctico constructivista para el estudio del concepto de una función y algunas de sus características a nivel medio superior	130
Aceleración constante y caída libre con un enfoque hacia personas con ceguera o baja visión. Nivel Superior.	154

Editorial

En este primer número, la Revista Didáctica de las Ciencias, Jornadas Académicas se complace en presentar textos asociados a las conferencias plenarias y los extensos de los carteles que se presentaron en la primera edición de dichas Jornadas, en octubre de 2017, en la Escuela Superior de Física y Matemáticas del Instituto Politécnico Nacional, en torno a la celebración del LX aniversario del lanzamiento del primer satélite artificial, *Sputnik I*, en la entonces Unión Soviética.

Se trata de trabajos elaborados por profesores, estudiantes y egresados de Institutos de educación superior, que realizan trabajos finales de cursos, investigaciones, informes de servicio social, o tesis; en temas de didáctica de las ciencias experimentales y las matemáticas. Los trabajos se organizaron; en tres secciones: “Desarrollo científico para el lanzamiento de un satélite”; “Enseñanza de las Ciencias”; e “Investigación educativa”. También se incluyen algunos documentos de divulgación elaborados por grupos de estudiantes bajo la dirección de profesores.

Agradecemos a las autoridades y a todo el personal de la Escuela Superior de Física y Matemáticas, por el apoyo brindado en la organización y realización del evento.

Luz María de Gpe. González Álvarez

	Pág.
La simulación de Montecarlo en la enseñanza de la Estadística	167
Comprender la lectura de Textos Matemáticos. Un paso necesario y suficiente en el aprendizaje de las Matemáticas.	174
Tendencias actuales en la Didáctica de las Ciencias	
Panel	
La formación de la creatividad en la educación científica y tecnológica	181
Extensos	
Género y álgebra abstracta: Algunas experiencias de estudiantes en el Nivel Superior	202
Breves de teoría de grupos en nivel superior: un enfoque mediante el análisis de textos literarios	210
Análisis del uso de la x, zh, è y saltillos (') en la escritura de la lengua zapoteca en alumnos de un bachillerato del estado de Oaxaca, México	217
Estrategias para fomentar la curiosidad científica en una clase teórica de Física a nivel licenciatura	233
Intervención didáctica para el desarrollo de la curiosidad científica en estudiantes universitarios en la asignatura de Laboratorio de Física	242
Formación de la sensibilidad en ingenieros como vía para la creatividad	257
Percepción y lenguaje en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias: el caso de la noción de función en el campo de las Matemáticas	288
Documentos de divulgación	
Experiencias del Club de Astronomía de la ESFM	297
Cuentos en la ESFM	317

Cintillo Legal

Revista Didáctica de las Ciencias, año 1, No. 1, mayo 2018, es una publicación anual editada por la Escuela Superior de Física y Matemáticas (ESFM), del Instituto Politécnico Nacional, Av. Instituto Politécnico Nacional s/n Edificio 9 Unidad Profesional "Adolfo López Mateos" Col. San Pedro Zacatenco, Del. Gustavo A. Madero, Ciudad de México C.P. 07738, Ciudad de México; México 2009-2013. Conmutador 01 (55) 5729 6000, ext. 46135, www.esfm.ipn.mx, Lic. Mario Chavarría Castañeda. Reserva de derechos al uso exclusivo No. 045819, ISSN: en trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de éste Número, Unidad de Tecnología Educativa y Campus Virtual ESFM, Ing. Juan Manuel Figueroa Flores, Av. "Instituto Politécnico Nacional" S/N, Edificio 9, U.P. Adolfo López Mateos, Col. San Pedro Zacatenco, Del. Gustavo A. Madero, Ciudad de México, C.P. 07738, fecha de última modificación, 17 de abril de 2018.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Queda prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Liga de acceso: <https://www.esfm.ipn.mx/jornadas.html>

Directorio

MIGUEL TUFIÑO
VELÁZQUEZ
Director

MARIO CHAVARRÍA
CASTAÑEDA
Subdirector Académico

ALFREDO GODÍNEZ
MUÑOZ
Subdirector Administrativo

MARÍA ELIZABETH DE LA
CRUZ SANTIAGO
Subdirector de Servicios
Educativos e Integración
Social

ISRAEL ISAAC GUTIÉRREZ
VILLEGAS
Jefe del Departamento de
Ingeniería y Ciencias
Sociales

JUAN MANUEL FIGUEROA
FLORES
Jefe del Departamento de
Unidad de Tecnología
Educativa y Campus Virtual

Editor

Mario Chavarría Castañeda

De contenido

Luz María González Álvarez
Mario Efraín Pacheco
Quintanilla

Olga Leticia Y. Hernández
Chávez

Digital

Israel Isaac Gutiérrez
Villegas
Juan Manuel Figueroa Flores
José Luis González Ramírez

Presentación

Buenos días a todos, muchas gracias por asistir a este evento denominado Jornadas Académicas de Didáctica de las Ciencias, y brevemente, antes de proceder a la inauguración quiero dirigirles un breve mensaje.

El 4 de octubre de 1957 es un día que quedó marcado en la historia como el inicio de la era espacial en el mundo, así como de la carrera espacial entre dos potencias: la Unión Soviética y los Estados Unidos. Ese día la Unión Soviética logró uno de los grandes éxitos que acontecieron dentro de la guerra fría, posterior a la segunda guerra mundial. Fueron los primeros en enviar un satélite artificial al espacio, el denominado Sputnik I, Sputnik significa vehículo, este dispositivo esférico, tenía un diámetro aproximadamente de 58 cm de diámetro y pesaba 83 Kg, y requería como de 98 minutos para trazar una órbita elíptica en torno a la Tierra. Esta carrera espacial tuvo un impacto muy importante en diversos ámbitos del conocimiento y de la ciencia y marcó un hito en el desarrollo tecnológico de los países de Occidente y en general en el mundo. Actualmente vivimos en la revolución de las telecomunicaciones, somos capaces de comunicarnos de una parte a otra del mundo sin tener que ir a una cabina telefónica, lo podemos hacer desde casi cualquier lugar donde nos encontremos, con un simple artefacto que es el teléfono celular.

Es un hecho trascendental también, porque a los países del Mundo Occidental les impactó que un país con menos recursos y no tan adelantado como ellos haya sido capaz de lanzar un satélite artificial para que orbitara la Tierra. Esto les hizo pensar que tal vez la educación que impartían no era tan buena, y entonces los ojos del mundo comenzaron a ver hacia la Unión Soviética, emprendieron esfuerzos por mejorar, y revisaron cómo podían mejorar la calidad de la educación. En el camino cometieron grandes errores, pero a la larga, después de aproximadamente unos 20 años, se desarrolló una nueva rama de la ciencia que es la Didáctica de las Ciencias, que se reconoce como una disciplina, porque tiene una metodología propia y de hecho se aplica para emprender investigaciones en diferentes ramas del conocimiento, como la física, las matemáticas, etc. Así, la Didáctica de las Ciencias tiene su génesis en el lanzamiento del Sputnik I, porque precisamente eso da origen a que se revise la educación en ciencias en los países de Occidente.

Por esa razón quiero felicitar ampliamente a todo el grupo de compañeros y sobre todo al grupo de entusiastas jóvenes que se sumaron al esfuerzo de organizar este evento, las Jornadas Académicas de Didáctica de las Ciencias, porque considero que es una rama que debemos de cultivar, ya que puede tener un impacto fundamental en el desarrollo del conocimiento en las diversas ramas de la física, las matemáticas y de otras ramas más que se cultivan en otras unidades académicas del Instituto. “La Técnica al Servicio de la Patria”

Dr. Miguel Tufiño Velázquez
Director

Lanzamiento y puesta en órbita de un satélite artificial

Martín Walter Soria Picazo ¹

Introducción

El ser humano tuvo la inquietud de volar y conquistar el espacio mucho antes de que se supiera lo que se requería para lograr una empresa de tal envergadura. La generación del conocimiento que se necesitó para ello inició hasta 1687, cuando Newton formuló los postulados de la Mecánica, y realizó su experimento idealizado de lanzar desde una montaña un proyectil, que con suficiente velocidad seguiría dando vueltas alrededor de la Tierra sin caer. En el mismo siglo XVII, Tycho Brahe, con las mediciones que obtuvo mediante sus instrumentos de precisión; y Kepler con el planteamiento de las órbitas elípticas, colaboraron a fundamentar lo que 200 años más tarde sería la sistematización requerida para la puesta en órbita de un satélite artificial.

Aunque la curiosidad científica fue el detonador del desarrollo tecnológico de la propulsión, desde los tiempos más remotos, dicho desarrollo se ha encauzado a aplicaciones militares, dejando fuera el interés científico que lo hizo posible. Esto se hace patente desde la invención de la pólvora, utilizada para lanzar flechas con el fin de provocar, hasta el desarrollo del misil V2, utilizado en bombardeos durante los 7 últimos meses de la Segunda Guerra Mundial.

Aunque inicialmente con un objetivo preponderantemente militar, los dirigentes del proyecto del misil intercontinental en Rusia supieron defender la posibilidad del uso pacífico del mismo, como una herramienta para lanzar un satélite artificial que pudiera iniciar un amplio proyecto de exploración espacial.

Generalidades

A continuación se enlistan algunas definiciones de conceptos relacionados con la actividad de lanzamiento y puesta en órbita de satélites artificiales:

Lanzador o cohete:

Se dice que un objeto móvil es propulsado por cohete, o que es autopropulsado cuando la fuerza que lo impulsa se obtiene por la expulsión de una parte de su propia masa a una cierta velocidad. El conjunto de dispositivos que permiten asegurar esta expulsión de masa se conoce como motor cohete o reactor cohete. La propulsión de cohete se distingue de otros medios de propulsión a reacción en el hecho de que no utiliza ningún material del medio ambiente, por tanto puede utilizarse en el vacío.

¹ Gerente de Dinámica Orbital de Eutelsat Américas

Se requiere una fuente de energía para comunicar a la masa expulsada su velocidad relativa. La mayor parte de las veces la fuente de energía es de origen termoquímico, proviene de reacciones químicas exotérmicas producidas a bordo del vehículo.

Un cohete termoquímico se compone esencialmente de:

- Recipientes de propergol (las especies químicas que reaccionan)
- Una cámara propulsiva que consta de :
 - Una cámara de combustión en la cual los propergoles reaccionan para generar gas a alta temperatura.
 - Una tobera de expansión en la cual los gases de la combustión obtienen la velocidad necesaria para el efecto propulsivo.
- Un sistema de alimentación que asegura la transferencia de propergol desde los recipientes hasta la cámara de combustión.

La utilización de propelente en estado sólido elimina la necesidad de un sistema de alimentación, ya que está generalmente contenido en un recipiente que sirve a la vez de almacenamiento y de cámara de combustión. No presentan la capacidad de reencendido o apagado a voluntad.

Los cohetes a propulsión líquida, a pesar del inconveniente de la complejidad tecnológica, tienen la ventaja del reencendido a voluntad, así como de la modulación del empuje obtenido, y duración de encendido que puede alcanzar varias horas. También los propergoles líquidos son más energéticos y con frecuencia más baratos.

Satélite artificial:

Un satélite artificial es un objeto que ha sido intencionalmente puesto en órbita; generalmente se diseñan para cumplir con una misión específica. Dependiendo de los objetivos de la misión, los satélites artificiales pueden constar de algunos de los siguientes subsistemas:

- Estructura: sirve de soporte a otras componentes del satélite.
- Orientación: sensores de Tierra, Sol o de otros cuerpos estelares, a fin de generar datos que permitan calcular la orientación del satélite; actuadores como ruedas de momento, o bobinas magnéticas a fin de modificar la orientación del cuerpo, y para eliminar el momento angular absorbido del medio ambiente espacial.
- Potencia eléctrica: para proporcionar energía acondicionada a las componentes electrónicas del satélite. Puede constar de una simple batería

en el caso de misiones de corta duración, o bien incluir paneles solares y la electrónica asociada de acondicionamiento y distribución de energía.

-Propulsión: a fin de producir incrementos de velocidad que permitan mantener al satélite en la órbita requerida por la misión.

-Telemetría y comando: a fin de recibir comandos que le permitan al satélite administrar la configuración de los sistemas a bordo, y de transmitir a Tierra la información del estado de salud de los subsistemas o de la carga útil.

-carga útil o payload: se trata de los equipos que sirven para cumplir con la misión del satélite (transpondedores para equipos de telecomunicaciones, cámaras de percepción remota, telescopios, equipos de medición del ambiente espacial, etc...).

Para poner un satélite en órbita, se requiere superar una altura en la que la fricción atmosférica lo haga caer rápidamente y descomponerse por fricción en el proceso de reentrada. Los objetos que orbiten debajo de 160 km de altura decaerán rápidamente. El *Sputnik I* tuvo un perigeo de 215 km y un apogeo de 940 km, y permaneció en órbita por aproximadamente 3 meses. En el caso de *Sputnik I*, no se tenía un sistema de propulsión, y la orientación del cuerpo era de tipo más bien pasivo.

Obtención de la fuerza propulsiva

El empuje en un cohete es la reacción experimentada por su estructura, debido a la expulsión de materia a alta velocidad, el mismo fenómeno que provoca el retroceso de un arma de fuego al disparar una bala.

El empuje en el vehículo combina dos términos:

$$F = \frac{\dot{W}}{g} V_e + A_e (P_e - P_a)$$

- Uno debido al flujo de masa a la velocidad de expulsión.
- Otro debido a la diferencia de presiones en el área seccional de salida de la tobera.

El flujo de masa ocurre debido a la combustión controlada de los propergoles en la cámara de combustión. La energía de los gases resultantes proviene de los enlaces químicos.

Para aumentar la eficiencia de la propulsión se utiliza una tobera del tipo de Laval, o tobera convergente-divergente. En la zona de combustión se tienen temperaturas

y presiones muy elevadas, los gases deben pasar por la zona estrangulada de la tobera para que se den las condiciones termodinámicas que permitan convertir la temperatura y presión elevadas en una velocidad muy alta de los gases a una temperatura más baja. Las velocidades típicas de expulsión de los gases para bipropelentes líquidos son de 10 o 12 veces la del sonido, (por ejemplo, en el caso del par oxígeno líquido e hidrógeno líquido).

La ecuación del cohete resume la relación entre las componentes para alcanzar el incremento de velocidad que se quiere producir.

$$\Delta V = g_0 * Isp * \ln \frac{m_i}{m_f}$$

Donde g_0 es la aceleración de la gravedad a nivel del mar; Isp es el impulso específico del propelente elegido, medido en segundos; m_i es la masa inicial del cohete; y m_f es la masa final del cohete, la cual es igual a la masa inicial menos la masa del propelente usada para generar el incremento de velocidad. El producto $g_0 * Isp$ se conoce como la velocidad de expulsión y es una característica del propelente usado en el cohete. La ecuación del cohete dictamina que se necesitan cantidades enormes de combustible para lograr la puesta en órbita de un satélite.

Si consideramos un cohete de una sola etapa, de la ecuación del cohete se puede ver que la enorme cantidad de combustible necesario para alcanzar la velocidad de la órbita final, requiere un dispositivo de almacenamiento que es una sección enorme del cohete, y será llevada inevitablemente como lastre que ha perdido su utilidad. De esto se puede inferir que toda masa seca que no sea utilizada en el cohete para fines de almacenamiento de propelente o para fines de generación de incremento de velocidad debe ser eliminada a fin de minimizar la cantidad de propelente a bordo. Debido a esto, la solución a la que normalmente se recurre para hacer más importante la carga útil a enviar al espacio, es partir el cohete en etapas, cada etapa se desprende del cohete al terminar de usar su propelente a bordo, a fin de no constituir un lastre a las etapas superiores.

Principales hechos históricos previos al lanzamiento del *Sputnik I*

A continuación se enlistan algunos de los acontecimientos históricos más relevantes que antecedieron la realización del primer vuelo espacial:

- Invención de la pólvora hacia siglo VII u VIII de nuestra era, en China.
- Uso de flechas incendiarias hacia el siglo 10.
- Tycho Brahe: observaciones planetarias de precisión hacia el siglo XVI.
- Kepler: escribe de *Astronomia Nova* y descripción de las orbitas elípticas (1609).
- Newton: Experimento idealizado de la bala de cañón (1687).
- Desarrollos de artillería en los siglos XVII y XVIII.

- Julio Verne: escribe “De la Tierra a la Luna” (1865), novela que se constituyó en la fuente de inspiración de jóvenes y niños de la época. Aun cuando en el relato de Verne se logra llegar a la Luna obteniendo la fuerza propulsiva mediante el uso de un enorme cañón, es clara la imposibilidad de usar tal sistema, debido a las enormes aceleraciones que serían impartidas en la nave y sus tripulantes.
- Gustaf de Laval: inventa de la tobera convergente-divergente (1888).
- Pedro E. Paulet: primer cohete líquido (peróxido de nitrógeno y gasolina) 95 daN de empuje, en (1895).
- Konstantin Tsiolkovski: teoría de propulsión, ecuación del cohete (1897).
- Robert Goddard: primer cohete de oxígeno líquido y gasolina (1926), primer uso de la turbina de Laval para aumentar la eficiencia.
- Herman Oberth: Teoría matemática detallada de proyectiles cohetes, cámara de combustión refrigerada (1923).
- Sociedad del vuelo espacial (Alemania): numerosas pruebas de propulsión cohete (oxígeno líquido y alcohol).
- Von Braun: desarrolla cohetes alemanes en la 2ª guerra (1932 a 1937).
- Cohete V-2
- Fin de la guerra en 1945: científicos alemanes expatriados USA y USSR

El cohete o misil V-2

La sociedad de vuelo espacial en Alemania estaba constituida por entusiastas cuyo pasatiempo era construir cohetes, a nivel de modelismo. Los primeros vuelos ocurrieron alrededor de 1932. Ya para 1937 Werner von Braun, quien formó parte de la Sociedad mencionada, logró el desarrollo de los misiles V2 que se usaron en la guerra, trabajando como miembro del partido nazi.

Debido a una aprobación tardía para la fase final de producción, se utilizó solo hacia el final de la 2ª Guerra mundial, y ya no tuvo el efecto de inclinar la balanza en favor del Reich. De hecho, murió más durante la fase de producción, bajo el régimen de trabajo esclavista, comparado con el número de víctimas por los bombardeos en los que fue utilizada. Sin embargo, el desarrollo del misil V-2 representó un salto cuántico en la historia del desarrollo de los proyectiles que utilizaban la propulsión a reacción. Fue el primer cohete en presentar todos los elementos tecnológicos necesarios para llevar una carga útil (en este caso se trataba de la carga explosiva) en un vuelo estabilizado a una distancia considerable.

La estructura del V-2 se diseñó para resistir las velocidades supersónicas, el perfil aerodinámico y las superficies de control se generaron por prueba y error, después de varios años de experimentar, en vista de que no había una teoría del vuelo hipersónico. El diseño de los motores duró cerca de 7 años.

Entre los elementos tecnológicos que lo caracterizaban, y que todavía están presentes en los cohetes de la actualidad, se tenían los siguientes:

- Sistema de propulsión de combustible líquido bi-propelente, el combustible utilizado era alcohol etílico mezclado con agua al 75%, y el oxidante era oxígeno líquido.
- Las especies oxidante y combustible eran alimentadas por turbo-bombas a la cámara de combustión.
- La turbo-bomba tenía su propio sistema de funcionamiento mediante el uso de los gases generados por la descomposición catalítica de agua oxigenada.
- La tobera de expulsión de los gases de combustión tenía un circuito de refrigeración que usaba parte del flujo de combustible, a fin de evitar que la tobera se derritiera por efecto de la alta temperatura de combustión.
- Estaba dotado de un sistema de navegación giroscópico.

En resumen, los principales indicadores de desempeño del V-2 se enlistan a continuación:

Peso del despegue: 12500 kg

Largo: 14 m

Diámetro: 1.65 m

Peso de la carga explosiva: 1000 kg

Envergadura (de las superficies de estabilización): 3.65 m

Propelente: 3810 kg de alcohol etílico mezclado al 75% con agua, y 4910 kg de oxígeno líquido

Alcance: 320 km con altura máxima de 88 km

Altitud en tiro vertical: 206 km

Velocidad máxima: 5760 km/h

Sistema de navegación: giroscópica

Plataforma de lanzamiento: Móvil

Desde el V-2 y hasta el lanzamiento del *Sputnik*

Dejando de lado el hecho de que la potencial aplicación militar era la principal motivación para el desarrollo de un misil de largo alcance, para visionarios como Sergei Korolev o Werner Von Braun, siempre estuvo presente la posibilidad de usar los cohetes para la exploración espacial. El desarrollo exitoso del V-2 significaba tener una base sólida a la mano a partir de la cual se podía continuar con el desarrollo.

Terminada la 2ª Guerra Mundial, tanto rusos como estadounidenses estaban interesados en llevar con ellos parte de los científicos alemanes que trabajaban en los proyectos relacionados con el V-2. Se estima que a Rusia fueron deportados alrededor de 2150 científicos alemanes especialistas en diversos campos (500 de

ellos especialistas en cohetes); junto con sus familias sumaban alrededor de 6000 o 7000 personas. Estados Unidos por su parte se llevó aproximadamente 1600 científicos (entre ellos Werner Von Braun, el jefe del desarrollo del V-2), junto con sus familias, alrededor de 5300 personas.

La participación inicial de los alemanes en el desarrollo del misil de largo alcance ruso fue durante la fase de copia del misil V-2, entre 1947 y 1948, el cual fue denominado en Rusia como el R-1. El ejercicio tenía por objetivo demostrar que se podían utilizar los materiales locales y los métodos de producción rusos.

La siguiente versión R-2 logró duplicar el alcance (600 km), esencialmente gracias a aumentar el tamaño de los tanques de propelente y el uso de la mezcla de alcohol etílico al 92% con agua, usando un nuevo motor adaptado al uso del nuevo combustible. Posteriormente el grupo alemán también generó un concepto para el R-3, que pretendía un alcance de 3000 km con una carga de 3000 kg (comparado con los 320 km del R-1). En esta etapa hacia 1950, Mikhail Tikhonravov contempló la posibilidad de empaquetar tres cohetes R-3 para lanzar un satélite artificial. Debido a que Rusia fue capaz de desarrollar también la bomba H, el requerimiento de desempeño del misil de largo alcance se incrementó, de 3000 a 5500 kg de carga útil, y el R-3 se abandonó a fin de resolver el nuevo problema.

Para satisfacer las nuevas especificaciones, se requería un salto tecnológico impresionante, que debía incrementar la masa de despegue hacia alrededor de 170 toneladas, en configuración de cohete en etapas paralelas; comparado con las 29 toneladas del misil más grande producido con anterioridad. Se decidió en favor de una configuración de cohete en etapas paralelas, 4 propulsores de apoyo alrededor de un cuerpo central y del uso de un motor de 4 cámaras de combustión alimentadas por una sola turbo-bomba, usando por primera vez un combustible denso (el par oxígeno líquido y kerosene como combustible). Con las modificaciones el nuevo prototipo fue denominado R-7 (Semyorka en ruso).

La autorización de construcción del R-7 se dio en Noviembre de 1954, el diseño terminó en Marzo de 1955, y el primer cohete se entregó en la base de lanzamiento de Baikonur en Marzo de 1957. El R7 estaba destinado para uso militar, así que a Korelev le autorizarían hacer un intento de lanzamiento de un satélite si lograba al menos dos vuelos de exitosos del R-7.

Origen de la misión *Sputnik I*

El origen de la misión se dio en la rivalidad, ya que en 1945 Estados Unidos anunció la intención de poner un satélite en órbita; y en 1948 Mihail Tikhonravov había demostrado que era posible empaquetar varios cohetes y alcanzar la velocidad necesaria para poner en órbita un satélite de masa considerable. Tikhonravov prácticamente le dio forma a todo un proyecto de exploración espacial, en pasos

lógicos: desde la puesta en órbita de pequeños satélites, probando sus correspondientes lanzadores; posteriormente la posibilidad de vuelo espacial tripulado, seguido del lanzamiento de pequeños satélites tripulados; después el establecimiento de una estación espacial de larga estancia en el espacio; y finalmente la llegada del hombre a la luna.

Después de haber contribuido de manera importante al desarrollo del misil de largo alcance, Tikhonravov empezó a trabajar entre 1953 y 1954 en el desarrollo del primer satélite artificial con fines de exploración científica.

La primera versión del Sputnik I fue conocida como objeto D, por su intención científica. Estaba planeado que llevara a bordo instrumentos de física, de geofísica, biología, astronomía; su sistema de orientación era pasivo, mediría alrededor de tres metros de largo, la masa de carga útil sería de 200 a 300 Kg; la masa total sería de alrededor de 1250 Kg; iba a durar alrededor de 20 días trabajando. Sin embargo, debido a que hubo una eficiencia menor a la esperada en las pruebas de desarrollo del R-7, y también debido a problemas en el desarrollo de la instrumentación científica, se tomó la decisión de acotar el proyecto original. en 1956. a fin de aumentar la posibilidad de lanzar el satélite antes que Estados Unidos durante el Año Internacional de la Geofísica (que iniciaba en julio de 1957).

Así que los objetivos reducidos del nuevo proyecto aprobado por un decreto emitido en 1957 eran: 1. el lanzamiento del satélite; 2. probar la capacidad de rastrear al satélite, recepción de señales (un bip periódico) transmitidas por el satélite. Adicionalmente, Korolev ordenó que el satélite tuviera forma esférica.

El nuevo proyecto conocido como PS-1 solamente tenía un transmisor (bip), con el sistema electrónico asociado para mantenerlo vivo: batería, un ventilador (para fines de control térmico), un secuenciador de temperatura; y un switch barométrico. La potencia del transmisor era de 1watt. Todo estaba dentro de un contenedor esférico de 58 cm de diámetro presurizado con nitrógeno, con un peso total de 83.6 kg.

Lanzamiento del *Sputnik I*

En total hubo 4 vuelos previos del R-7, a fin de demostrar que entre ellos al menos 2 eran exitosos, y tener la posibilidad de lanzar el satélite.

El primer lanzamiento, el 15 de mayo de 1957, el R-7 tuvo un alcance de 3197 Km de los 6314 km planeados, debido a un apagado prematuro de los motores de la primera etapa a los 100 s del lanzamiento; en el segundo lanzamiento el 12 de julio de 1957, el vehículo se desintegró a los 32 segundos de vuelo; el tercer lanzamiento, el 21 de agosto de 1957, evolucionó de manera esperada, pero la carga militar se desintegró a 10 km de altura sobre el objetivo en Tierra. Sin embargo la agencia TASS anunció el evento como la creación y prueba satisfactoria del misil

balístico multi-etapa de largo alcance de la Unión Soviética, aunque el hecho pasó desapercibido en el Oeste.

En el cuarto lanzamiento el 7 de septiembre de 1957, el vuelo evolucionó también de manera esperada aunque la carga militar se desintegró nuevamente al momento de la separación de la etapa principal. Habiendo considerado el tercer y cuarto vuelo como exitosos, Korolev fue autorizado para usar el R-7 para lanzar el *Sputnik I*.

El lanzamiento del *Sputnik* estaba programado inicialmente para el 7 de Octubre, se adelantó bajo el rumor de que Estados Unidos estaba listo para hacer su lanzamiento. El 1º de Octubre, Radio Moscú dio a conocer mundialmente las frecuencias en las que se podría escuchar la señal de *Sputnik I*.

En la mañana del 3 de Octubre de 1957, el vehículo integrado salió del hangar de integración en el sitio 2 de Tyuratam. El llenado de combustible del cohete dio inicio a las 5:45 del 4 de Octubre hora de Moscú; las torres de acceso al cohete se plegaron a T-15 min.

Minutos antes del lanzamiento, Korolev y otros oficiales descendieron al bunker de control de lanzamiento para monitorear el despegue, un operador presionó el botón que lo iniciaría, y el lanzamiento inicio a las 22:28:34 hora del 4 de Octubre, tiempo de Moscú (día 5 en Tyuratam). Posteriormente, Korolev y los otros oficiales se desplazaron al edificio de integración donde iban a recibir la señal del *Sputnik I*.

Después de confirmar la separación exitosa, lograron escuchar por primera vez los bips del satélite, durante dos minutos antes de que desapareciera del campo de vista de la antena de recepción. Al momento de la separación del satélite, la velocidad del cohete era de 7780 m/s a una altitud de 228.6 km sobre la superficie de la Tierra.

La segunda etapa del cohete entró en una órbita de 228 km X 947 km (alturas de perigeo y de apogeo), con una inclinación de 65.1 grados. El periodo de la órbita resultante era de 96 minutos.

Efecto en la opinión publica en los Estados Unidos

El lanzamiento de *Sputnik I* provocó una oleada de reacciones diversas para el público en EEUU. Fundamentalmente una mezcla de haber recibido un golpe al orgullo, seguido de un temor al enemigo que demostró tener una tecnología con potencialmente una mayor capacidad de destrucción. En comparación con otros mensajes previos, el lanzamiento de *Sputnik I* resultó ser el mensajero más efectivo de las capacidades militares del oponente.

En una profunda reflexión acerca de las causas que impidieron a EEUU ganar la carrera por lanzar el primer satélite, se identificó al sistema de educación como una de las causas principales. Como consecuencia, el gobierno hizo posteriormente una enorme inversión en educación, además de promover cambios fundamentales en el enfoque del sistema educativo.

La actividad de lanzamiento de un satélite en la actualidad

Hoy en día, lanzar un satélite se ha convertido en una actividad común, sin dejar de ser riesgosa desde el punto de vista de que los satélites, en el sitio de lanzamiento, están montados a bordo de un vehículo, el cual la mayor parte es combustible altamente explosivo.

Por lo general se tiene la participación de tres actores: El fabricante del satélite, el proveedor de los servicios de lanzamiento, y la organización que compra el satélite y que desea ponerlo en órbita.

Las empresas u organizaciones que desean lanzar un satélite llevan a cabo en paralelo la provisión de otros servicios necesarios:

- Adquisición de permisos de operación.
- Adquisición de seguros del satélite y del lanzamiento.
- Trámite de tratados de intercambio de información.
- Instalación de centros de control del satélite.
- Entrenamiento de personal operativo.

La adquisición de un satélite, o de los servicios para realizar su lanzamiento hacia la órbita final de servicio, se llevan a cabo gracias a la ejecución de una serie de actividades muy complejas, organizadas en calendario. A continuación se enlista cronológicamente la secuencia típica de actividades.

Para un satélite:

- Definición de la misión.
- Especificación de requerimientos técnicos (bus y payload).
- RFP (Request for Proposals) a fabricantes en caso de concurso o envío de requerimientos en caso de compra directa.
- Evaluación de propuestas del fabricante (técnica y económica).
- Selección de fabricante.
- Kickoff de proyecto.

Una vez iniciado el proyecto, durante el desarrollo se llevan a cabo diversas revisiones de diseño:

- System requirements review.
- Preliminary Design Review.
- Critical Design Review
- Inicio de órdenes de compras e inicio de fabricación.
- Test Readiness Review.
- Pruebas: thermal-vac, vibración, payload.

- Mission Design Review.
- Flight Readiness Review.
- Empaque y envío del satélite al sitio de lanzamiento.

Para contratar los servicios de lanzamiento:

- Definición de la misión (tipo de órbita y elementos de orientación definidos por el fabricante del satélite, fecha de lanzamiento).
- RFP (Request for Proposals) a proveedores de servicios de lanzamiento en caso de concurso o envío de requerimientos en caso de compra directa del servicio.
- Evaluación de propuestas del fabricante (técnica y económica).
- Selección del proveedor de servicios de lanzamiento.
- Kickoff de proyecto.

De manera similar al proceso de fabricación del satélite, una vez iniciado el proyecto, se llevan a cabo diversas revisiones de diseño, las cuales tienen por objetivo verificar que el proveedor de servicios de lanzamiento cumple con los requerimientos de la misión de puesta en órbita; pero también con los requerimientos establecidos por el fabricante del satélite, a fin de asegurar que se mantiene la integridad del satélite durante todas las fases de lanzamiento:

Revisiones de diseño

- System requirements review.
- Preliminary misión Design Review.
- Critical misión Design Review.
- Estudios de coupling analysis entre el satélite y el lanzador.
- Estudios de separación de cofia.
- Estudios de ambiente lanzador.
- Determinación de la ventana de lanzamiento y de la fecha final.
- Flight Readiness review.
- Campaña de lanzamiento.

Se conoce como “Campaña de lanzamiento”, al conjunto de operaciones que ocurren en la base de lanzamiento a fin de preparar ambos vehículos, lanzador y satélite, para el lanzamiento del satélite. La duración de la campaña depende del lanzador y del satélite, pero típicamente es del orden de un mes.

Las principales actividades que ocurren son:

- Llegada del satélite al sitio de lanzamiento.
- Desempaquetado del satélite.

- Periodo de pruebas del satélite y ensamblado final, ya que los paneles solares, reflectores de antenas de comunicaciones u otras componentes del satélite pueden ir desmontadas durante el envío a la base de lanzamiento por conveniencia.
- Llenado de combustible (en caso de aplicar, los satélites de propulsión eléctrica en general llegan cargados de propelente a la base de lanzamiento).
- Preparación para encapsulado del satélite en la cofia.
- Programa de operaciones combinadas (integración del encapsulado al lanzador).
- RollOut del edificio de integración.
- Ensayos de secuencia final.
- Día de lanzamiento: inicio de secuencia final.
- Llenado de tanques de propelentes del lanzador.
- Conteo final y lanzamiento.

En caso de separación satisfactoria del satélite y del vehículo lanzador al final las fases principales del lanzamiento, el lanzador ejecuta una serie de encendidos finales para alejarse del satélite y evitar un posterior riesgo de colisión. Posteriormente ejecuta la secuencia final de pasivación y apagado de la etapa superior; y en el caso del satélite, el control pasa automáticamente a los operadores del fabricante del satélite, quienes se encargaran de ejecutar típicamente las siguientes acciones:

- Configuración de satélite para órbita de transferencia hacia la órbita final: encendido de equipos del bus, despliegue de antenas, ruedas de momento.
- Preparación del sistema de propulsión para ejecutar el plan de maniobras para alcanzar la órbita final.
- Coordinación con la red de estaciones de rastreo a fin de coleccionar las mediciones de posición del satélite y recibir la telemetría de los subsistemas del satélite.
- Coordinación de intervalos de silencio al pasar por la línea de vista de otros satélites activos a fin de no producir interferencia de comunicaciones.
- Una vez que el satélite alcanza la órbita final deseada, el fabricante ejecuta una serie final de pruebas a los subsistemas a fin de verificar el estado operativo de payload y de unidades del bus.

Al final de las pruebas, después de una reunión donde se reporta el resultado de las mismas, el fabricante transfiere el control al operador final, lo cual marca el fin de las actividades de puesta en órbita, y da inicio a la operación del satélite bajo responsabilidad del comprador del satélite, usando sus propias estaciones de control.

Observatorios espaciales a 60 años del lanzamiento del *Sputnik I*: el cielo en longitudes de onda infrarrojas

Martín Javier Nava Callejas², Isaura Fuentes-Carrera³

Resumen

El lanzamiento del primer satélite espacial significó un parteaguas tecnológico y científico. Desde el punto de vista astronómico, la posibilidad de colocar un telescopio en órbita, más allá de la atmósfera terrestre, permitió observar objetos en el espacio en longitudes de onda que no llegan a la superficie de la Tierra. La luz que se emite en cada una de estas longitudes de onda da información de los procesos que ocurren en el Universo, y que no pueden ser detectados, ni estudiados en longitudes de onda ópticas. En este trabajo presentamos una revisión de los telescopios espaciales diseñados para observar en longitudes de onda infrarrojas. Se mencionan sus características principales y necesidades tecnológicas específicas que requieren este tipo de telescopios. Además se explican los fenómenos y objetos que pueden observarse en estas longitudes de onda, y su relación con la evolución estelar, la detección de planetas y el estudio de galaxias en las que ocurren episodios de formación estelar intensa. Finalmente se presentan los futuros telescopios espaciales que explorarán el Universo lejano en estas longitudes de onda y lo que se espera detectar con ellos.

Palabras Clave: Infrarrojo- Astrofísica- Satélites- Telescopios- Galaxias.

Área del conocimiento: Astrofísica.

Introducción

Durante el estudio de manchas y granulación solares alrededor de los años 1790, William Herschel (1738–1822) notó que la sensación de calor parecía variar de acuerdo a los colores de los vidrios que empleaba para la observación. Este hecho lo hizo pensar que podría haber una relación estrecha entre los colores y la potencia calorífica asociada, confirmando su hipótesis con un experimento que montó en 1800. Entonces sospechó que estos efectos caloríficos de la luz del Sol no se detenían al final del extremo rojo del espectro visible. Un mes después realizó otro experimento: colocó tres termómetros, uno de ellos alineado con el espectro solar, pero a cierta distancia respecto al extremo rojo. Los otros dos fueron colocados en línea con el primero, pero perpendicularmente al espectro solar, como se indica en

² Escuela Superior de Física y Matemáticas, Instituto Politécnico Nacional. navacallejasm@gmail.com

³ Escuela Superior de Física y Matemáticas, Instituto Politécnico Nacional. isaura@esfm.ipn.mx

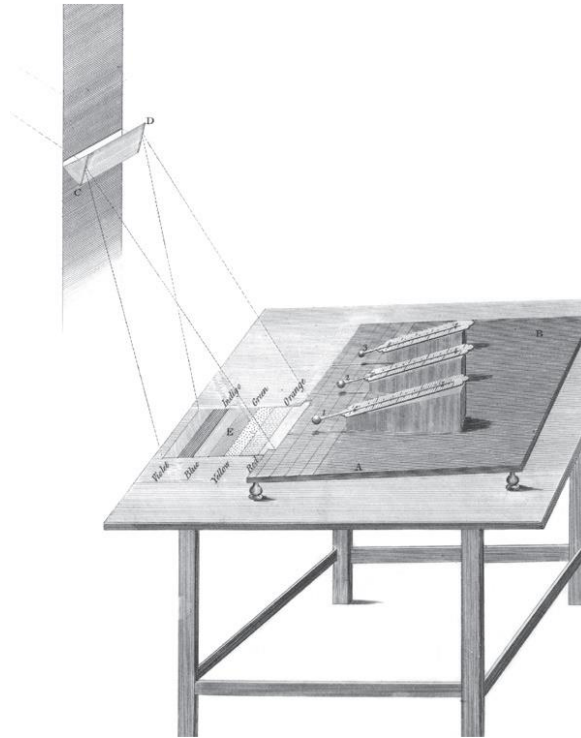


Figura 1. Experimento de Herschel. Muestra la existencia de radiación infrarroja emitida por el Sol. (Rowan-Robinson, «Night Vision: Exploring the Infrared Universe». Cambridge, 2013).

la Figura 1. El termómetro expuesto indicó una mayor temperatura, demostrando así que más allá del extremo rojo hay rayos caloríficos, siendo a una distancia de pulgada y media el máximo calor recibido. Esto indicó que el calor radiado, al igual que la luz, está sujeto a la refracción debido a que el prisma lo dispersó (Rowan-Robinson, 2013). En principio, Herschel consideró que la luz y el calor radiado eran esencialmente idénticos, aunque descartó su hipótesis en posteriores experimentos. Fue hasta 1864 cuando, con base en la teoría electromagnética de la luz de James Clerk Maxwell (1831-1879), se estableció finalmente esta equivalencia, admitiéndose además que la luz era una onda de carácter electromagnético (Hetch, 2002). En 1867, la banda de frecuencias conocidas abarcaba desde el ultravioleta hasta el infrarrojo. Sin embargo, en años posteriores se midieron longitudes de onda menores al ultravioleta (rayos X, gamma), y de longitudes de onda mayores al infrarrojo (radio, microondas). En la Figura 2 se ilustra el espectro conocido actualmente.

Más adelante se da un breve repaso a la teoría del cuerpo negro (fundamental para las observaciones), y se enlistan los objetos astronómicos de principal interés en la banda infrarroja del espectro. La sección «Desarrollo» trata los telescopios puestos en órbita, así como sus especificaciones técnicas. Finalmente, en las conclusiones

se mencionan los telescopios que en un futuro se colocarán en órbita, para continuar el estudio de objetos astronómicos en la región infrarroja.

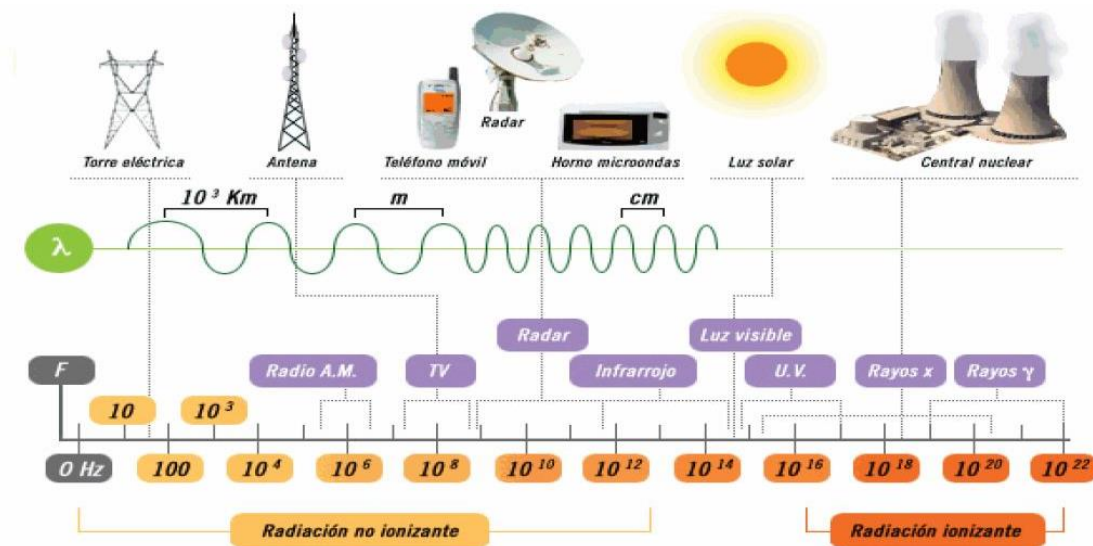


Figura 2. Espectro electromagnético en términos de frecuencias. (Cárdenas Beltrán, D. «Espectro Electromagnético». S.F.).

Objetivos

Dar a conocer los principales telescopios espaciales que operan en la banda del espectro electromagnético conocida como infrarroja (longitudes de onda entre $1 \mu\text{m}$ y 1 mm), los objetos astronómicos que con ellos se pueden observar, y los descubrimientos que se han hecho desde la puesta en órbita del primero de ellos.

Marco teórico

Se define un cuerpo negro como un objeto que no refleja ni dispersa la radiación incidente sobre él, pero absorbe y reemite la radiación totalmente. A pesar de que no existe este radiador ideal, muchos cuerpos se comportan como cuerpos negros, entre ellos las estrellas (Karttunen et.al. 2007).

La radiación de un cuerpo negro depende solamente de la temperatura, siendo completamente independiente de su forma o constitución material interna. La distribución de longitudes de onda de la radiación sigue la ley de Planck, que es solo función de la temperatura. La intensidad, denotada por B , a una longitud de onda λ de un cuerpo negro a una temperatura T es:

$$B_{\lambda}(T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1},$$

donde T es la temperatura medida en K, c es la rapidez de la luz en el vacío, h es la constante de Planck y k la constante de Boltzmann.

Es posible calcular la longitud de onda $\lambda_{m\acute{a}x}$ correspondiente al máximo de intensidad a partir de la ley de Planck. El resultado es la ley del desplazamiento de Wien:

$$\lambda_{m\acute{a}x}T = b$$

b es la constante del desplazamiento de Wien, y su valor es $b = 0.0028979 \text{ K m}$.

Modelando cuerpos astronómicos como cuerpos negros, podemos estimar la longitud de onda en que principalmente serán visibles si conocemos su temperatura; o bien, a partir de su temperatura, calcular la sección del espectro electromagnético en que será visible. Para el caso de cuerpos fríos (entre 1 y 300 K) se ve que el máximo de emisión estará en la franja infrarroja del espectro (longitudes de onda entre $9.659 \mu\text{m}$ - 2.897 mm), motivo por el que parecen oscuros o inexistentes al realizar observaciones con telescopios terrestres, ya que éstos reciben principalmente fotones en longitudes de onda visibles ($380\text{--}780 \text{ nm}$). Sin embargo, nuestra atmósfera no es completamente transparente en toda la banda infrarroja (véase la Figura 3), por lo cual objetos que emitan en dicha región pueden pasar desapercibidos al realizar escaneos del cielo nocturno, y en consecuencia hay falta o pérdida de información valiosa, que puede ser empleada en la construcción o refinamiento de modelos de evolución estelar o galácticos. Es por ello que disponer de telescopios en el espacio exterior resulta muy útil, pues se encuentran en disposición de recibir fotones en el rango infrarrojo del espectro. A continuación se presentan los objetos astronómicos más importantes, que pueden ser observados en estas longitudes de onda:

Estrellas

La observación en diferentes etapas permite conocer con más detalle su ciclo de vida. Con base en los modelos teóricos, las estrellas se forman en el espacio a partir de nubes de gas y polvo que se condensan. Sin embargo, las protoestrellas no emiten luz en el rango visible hasta que alcanzan la temperatura necesaria para iniciar la fusión nuclear; y debido a la absorción de la luz en este rango, por parte de la nube de polvo de donde nacen, no ha sido posible observar directamente el proceso. No obstante, podemos extraer información a partir de la reemisión de luz por el polvo y gas en el rango del infrarrojo y submilimétrico (Figura 4).

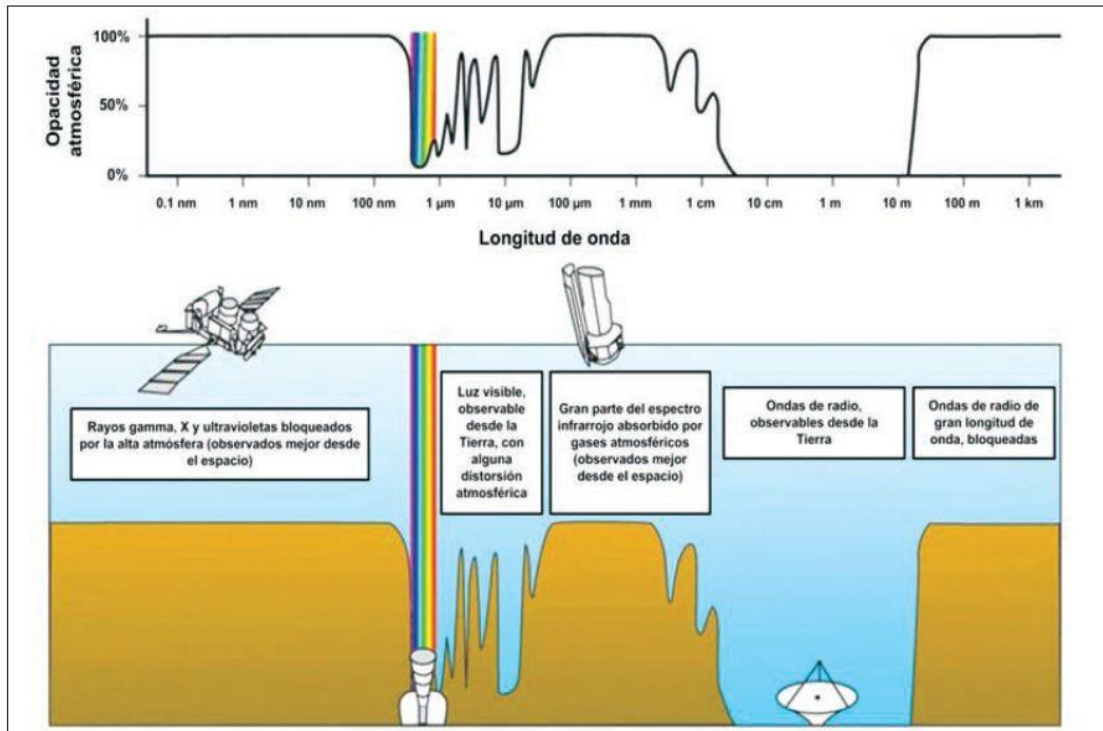


Figura 3. Transparencia de la atmósfera terrestre en diferentes longitudes de onda.
(Luque Ordoñez, Javier. «Espectro electromagnético y espectro radioeléctrico». S.F.)

Asimismo, en esta banda del espectro electromagnético se pueden observar lanzamientos de chorros o «jets» en los polos de la protoestrella, fenómeno que se asume permite disipar el momento angular.

Respecto a las últimas etapas, observar estrellas tipo Sol permite conocer la composición del polvo que arrojan y su comportamiento al morir (Figura 4).

Galaxias

La mayor parte de su emisión en el infrarrojo se debe a tres fuentes: formación de estrellas, polvo y gas interestelar. En el caso de nuestra galaxia, con la detección en estas longitudes de onda, es posible estudiar su estructura y revelar en dónde se están formando las estrellas (Figura 4). Debido a la expansión del Universo, la luz que proviene de las galaxias lejanas sufre un corrimiento al rojo («redshift», en inglés) hacia la parte infrarroja del espectro, lo que implica que, si la galaxia emitiera en el rango ultravioleta o visible, al llegar la información a la Tierra aparecería altamente infrarroja.

Nubes moleculares

Principalmente compuestas de hidrógeno molecular, son las reservas de material a partir de las que las estrellas nacen. De la observación de densidad y temperatura

de estas nubes se pueden conocer sus condiciones físicas y la composición química de las que surgen las protoestrellas.

Planetas extrasolares

La mayoría de los planetas que orbitan alrededor de otras estrellas han sido hallados con telescopios terrestres mediante dos métodos: el primero, detectando variaciones en la velocidad de la estrella debido a sus acompañantes; y el segundo, el método de tránsito, que consiste en ligeros cambios en la luminosidad de la estrella, debido al paso del planeta entre el detector y la luz recibida. Sin embargo, desde el descubrimiento de planetas similares a Júpiter en 51 Pegasi («Hot Jupiters», en inglés), la idea de medir directamente la luz proveniente de estos cuerpos llevó al estudio de la banda infrarroja, donde es posible recibir el flujo total y el de la estrella, y después de la descomposición, estudiar el espectro del planeta, y por lo tanto conocer su temperatura y composición atmosférica. Por supuesto, la idea de encontrar planetas similares a la Tierra, se ha convertido en uno de los objetivos principales de los telescopios espaciales que observan en infrarrojo.

Núcleos activos de galaxias y agujeros negros supermasivos

Se denomina galaxia con núcleo activo a las galaxias cuyo núcleo emite tanta luz que opaca a la del resto del cuerpo. A los agujeros negros supermasivos que provocan esto se les denomina quásar (Figura 4).

La mayoría de las galaxias contienen al menos un agujero negro supermasivo en su centro, aunque no todos tienen carácter activo. Para los que sí, es posible observarlos en longitudes de onda infrarrojas a través de los anillos gigantes de gas y polvo que los rodean, aunque son principalmente emisores en rayos X por la alta rapidez con que el material es acretado.

Desarrollo

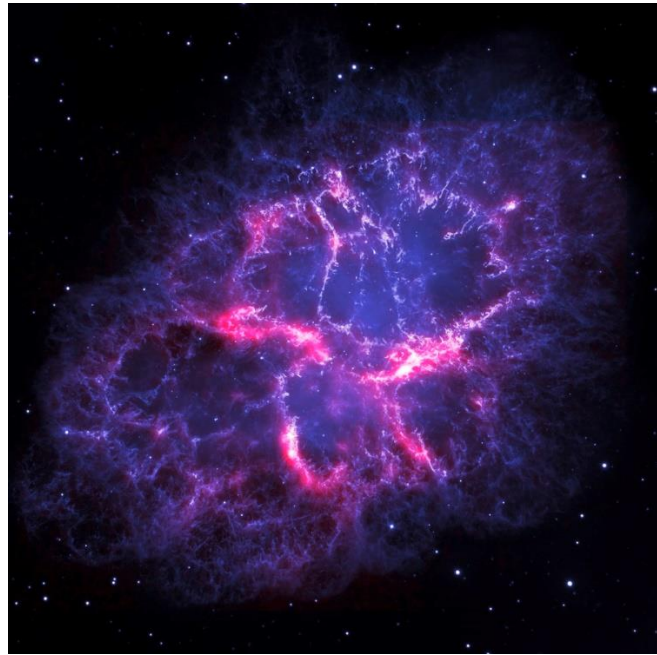
Satélite Astronómico en el Infrarrojo (IRAS, Infrared Astronomical Satellite)

Fue el primer telescopio en infrarrojo en ser enviado al espacio. Proyecto conjunto de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA), la Agencia Holandesa para Programas Aeroespaciales (NIVR) y el Consejo de Investigación para la Ciencia e Ingeniería del Reino Unido (SERC). Se lanzó en un cohete Delta el 25 de enero de 1983, desde la Base de la Fuerza Aérea de Vandenberg, California, EU, en una órbita sincronizada con el Sol. Permaneció en funcionamiento por diez meses hasta agotar el líquido criogénico, se terminó la misión el 21 de noviembre de 1983.

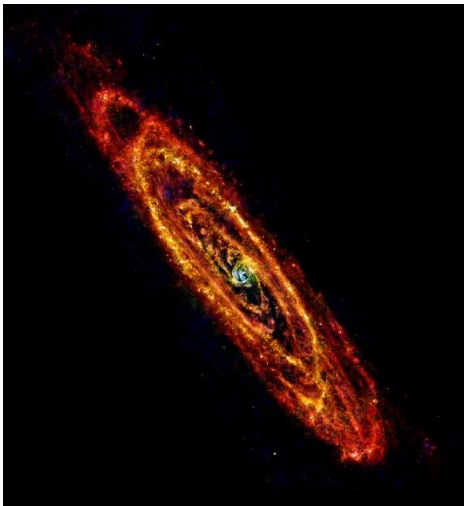
El telescopio, enfriado con helio líquido, fue de diseño Ritchey-Chretien con una distancia focal de 5.5 m y un diámetro de 0.57 m. Los espejos, hechos de berilio, fueron enfriados a una temperatura aproximada de 4 K.



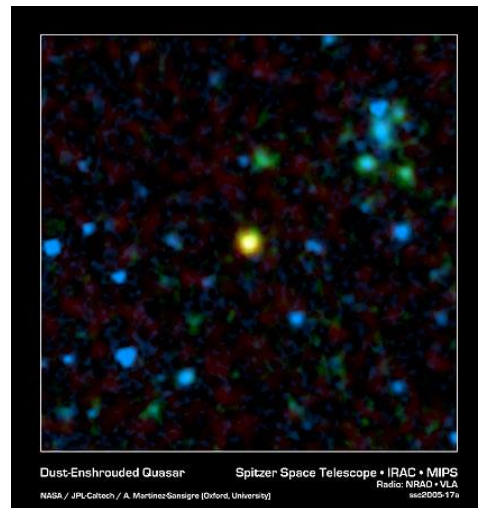
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 4. (a) Estrellas de formación reciente observadas por Spitzer en el Cúmulo del Copo de Nieve. Imagen tomada de <http://www.spitzer.caltech.edu/mission/213-Stars>. (b) Nebulosa del Cangrejo, con imágenes superpuestas del Telescopio Hubble (región azul) y del Telescopio Herschel (región roja). Tomado de <https://www.herschel.caltech.edu/image/nhsc2013-022a>. (c) Galaxia Andrómeda (M31), observada en la región infrarroja. Imagen tomada de <https://www.herschel.caltech.edu/image/nhsc2013-004b>. (d) Fotografía de un quásar envuelto en polvo. Tomado de <http://www.spitzer.caltech.edu/mission/232-Active-Galactic-Nuclei-AGN-Supermassive-Black-Holes>.



Figura 5. Satélite Astronómico en el Infrarrojo (IRAS). Imagen tomada de <https://www.jpl.nasa.gov/missions/infrared-astronomical-satellite-iras/>

Los instrumentos con que contaban son sensores de estrellas visibles para reconstrucción de posición, un espectrómetro de baja resolución (LRS) y un canal fotométrico fragmentado (CPC). El plano focal ensamblado se ubicó en el foco Cassegrain del telescopio enfriado a cerca de los 3 K.

Durante sus diez meses de operación el IRAS escaneó cuatro veces el 96% del cielo, en cuatro bandas infrarrojas centradas en 12, 25, 60 y 100 μm , incrementando en cerca de 70% el número de fuentes astronómicas catalogadas.

Entre sus descubrimientos, figuran:

En el Sistema Solar se encontró que los cometas contienen más polvo del esperado, y este material cubre todo el Sistema Solar. Se tomaron datos en el infrarrojo de 2004 asteroides.

Para estrellas en formación se descubrió un disco de granos de polvo alrededor de la estrella Vega. También se descubrieron discos de material alrededor de otras estrellas, así como varias posibles protoestrellas envueltas en nubes de gas y polvo. El telescopio catalogó miles de núcleos densos y calientes dentro de nubes de gas y polvo, que podrían ser estrellas nacientes; y 12 000 estrellas variables, la colección más grande hasta esos días.

Para nuestra galaxia, la Vía Láctea, por primera vez se reveló su núcleo, concluyéndose además que nuestra galaxia es de tipo espiral barrada.

En otras galaxias, IRAS detectó miles de nuevas galaxias, la mayoría de las cuales no habían sido catalogadas previamente, debido a que su principal emisión de energía es en el infrarrojo. Se descubrieron así las galaxias luminosas en el infrarrojo (LIRG por sus siglas en inglés), las que se definen por tener una

luminosidad, en longitudes de onda infrarrojas, mayores a la luminosidad de la galaxia en todas las demás longitudes de onda (Mirabel & Sanders, 1996).

Observatorio Espacial Herschel

Originalmente llamado «FIRST» (Telescopio del Lejano Infrarrojo y Submilimétrico, «Far InfraRed and Submillimetre Telescope»), fue renombrado en honor del astrónomo británico Sir William Herschel.

Junto con el observatorio de microondas Planck fue lanzado a bordo de un cohete Ariane 5, el 14 de marzo de 2009, desde el Puerto Espacial de la ESA en Kourou, Guyana Francesa. Operó en una órbita de Lissajous con amplitud promedio de 800000 km, alrededor del segundo punto de Lagrange del sistema Tierra-Sol (L2), localizado a 1.5 millones de kilómetros de la Tierra en dirección opuesta al Sol. La misión se declaró terminada en 2013 al agotarse el depósito de helio líquido.

El espejo primario de 3.5 m de diámetro fue hecho de carburo de silicio, un material cerámico ligero y resistente al estrés y temperaturas extremas. Este material tiene la ventaja de poder ser pulido para obtener una desviación respecto a una curvatura perfecta, no mayor a una micra, un requerimiento para evitar la distorsión en las imágenes recibidas.

El Observatorio Espacial Herschel tiene por dimensiones 7.4 m de altura por 4 m de ancho; la potencia de operación fue de 1 kW; la masa de lanzamiento fue de 3300 kg, de los cuales 2300 kg fueron de helio líquido II a temperatura menor a 1.65 K, proporcionando un tiempo de vida estimado mayor o igual a 3 años.

El telescopio usó tres instrumentos: PACS y SPIRE, cada uno con un fotómetro y un espectrómetro de baja a mediana resolución; y HIFI, un espectrómetro heterodino de alta resolución. Para evitar que la radiación infrarroja propia de los instrumentos interfiera con los resultados de las mediciones, se mantuvieron en un criostato lleno del helio líquido.

Telescopio espacial Spitzer

Fue lanzado el 25 de agosto de 2003 en un cohete Delta 7290H ELV, desde Cabo Cañaveral, Estados Unidos, con un tiempo de vida promedio de cinco años. Nombrado en honor a Lyman Spitzer, Jr. (1914-1997), astrofísico quien durante su vida formó parte activa en el desarrollo y puesta en órbita de telescopios espaciales, entre ellos el Telescopio Espacial Hubble.

En vez de orbitar la Tierra, el observatorio Spitzer se mueve detrás de ella a medida que esta órbita en torno al Sol. Esto permite que el telescopio se enfríe naturalmente, y en consecuencia el tiempo de vida sea de 5.5 años, empleando 360 litros de helio líquido como refrigerante, en contraste al IRAS, que gastó 520 litros en solo 10 meses. Además, esta única órbita mantiene al observatorio lejos del calor de la Tierra, que puede alcanzar hasta 250 K para satélites en órbitas convencionales. La

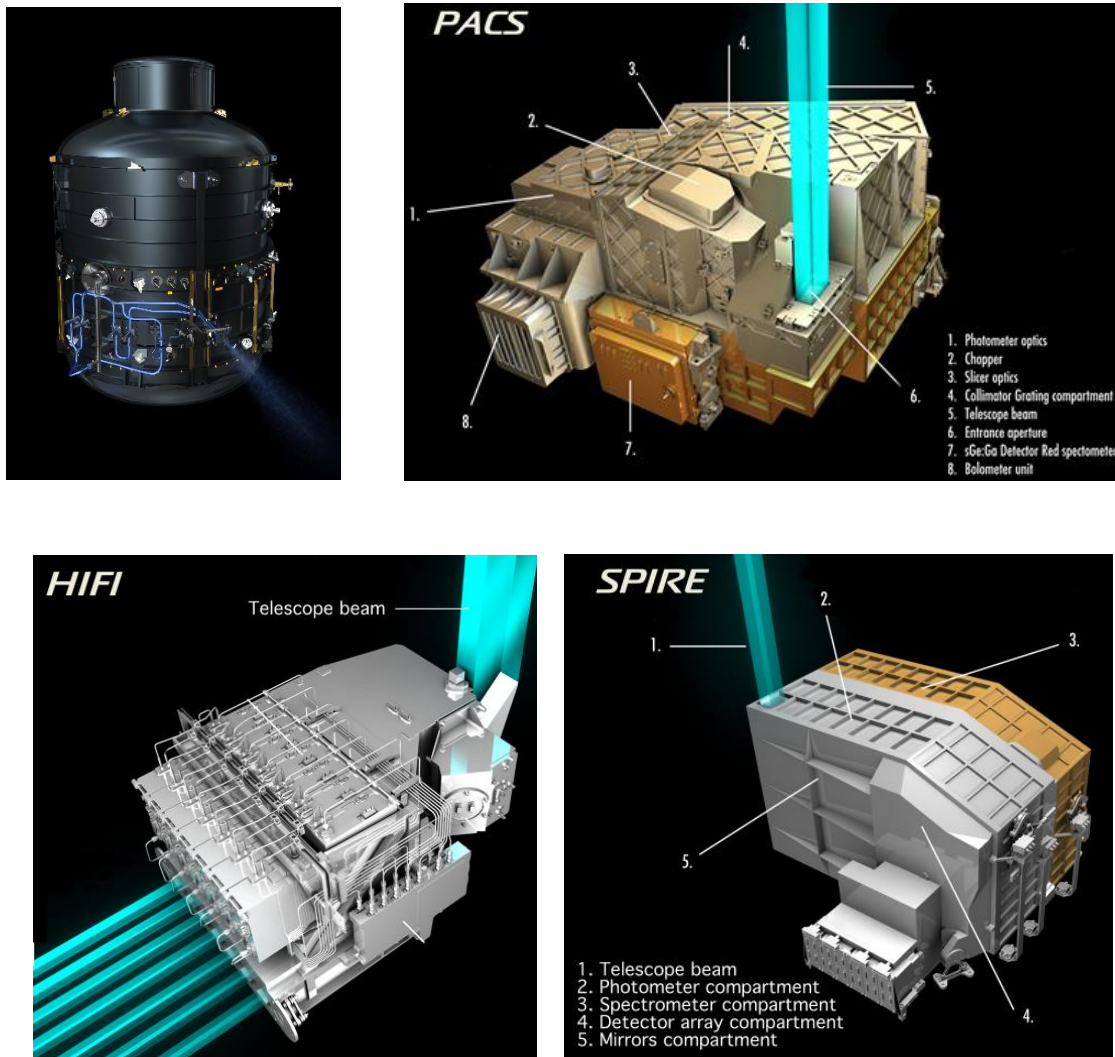


Figura 6. Partes principales del Observatorio Espacial Herschel. Esquina superior izquierda: Criostato. Esquina superior derecha: PACS. Esquina inferior izquierda: HIFI; esquina inferior derecha: SPIRE. Imágenes tomadas de <http://sci.esa.int/herschel/41312-herschel-cryostat/> y <http://herchel.cf.ac.uk/mission/instruments>.

masa total de lanzamiento fue de 950 kg, de los cuales: 851.5 kg fueron del telescopio, 6 kg de la cobertura, 50.4 kg de helio líquido y 15.6 kg de nitrógeno propelente.

El telescopio es un reflector de peso ligero de diseño Ritchey-Chretien, con un espejo de 85 cm de diámetro. A excepción de los soportes del espejo, las partes fueron hechas de berilio, que es ligero pero resistente, además de útil, debido a su baja capacidad calorífica a bajas temperaturas, lo que permite enfriarlo rápidamente.

La cámara de instrumentos múltiples contiene las partes frías de los tres instrumentos a bordo: arreglo de cámaras de infrarrojo, espectrógrafo infrarrojo y fotómetro de imágenes de múltiples bandas. Se construyó para permitir únicamente la entrada de la luz dirigida hacia los instrumentos. El 15 de mayo de 2009 el refrigerante se agotó, aunque oficialmente comenzó su segunda etapa científica el 27 de julio de 2009, calentándose hasta los 30 K. El rango de longitudes de onda cubierto fue de 3 a 180 micrómetros; el telescopio de 85 cm de diámetro alcanzó un límite de difracción de 1.5 segundos de arco en 6.5 micrómetros.

El telescopio espacial Spitzer ha tomado parte importante en el proceso de comprensión de las galaxias ultra-luminosas en el infrarrojo (ULIRGs, por sus siglas en inglés). Estas galaxias emiten más del 90 por ciento de su luz en dicha banda, y se encuentran principalmente en el Universo distante. Mediante Spitzer, es posible determinar si esto se debe a formación estelar, un agujero negro supermasivo o ambos.

Apoyados en datos recopilados por Spitzer, el 21 de febrero de 2017 se confirmó la existencia de siete planetas orbitando alrededor de la estrella TRAPPIST-1.

Explorador de Campo Amplio en el Infrarrojo (WISE)

Lanzado por la NASA desde la Base de la Fuerza Aérea de Vandenberg, California, el 14 de diciembre de 2009. Durante los siguientes 14 meses efectuó dos reconocimientos de todo el cielo en longitudes de onda 3.4, 4.6, 12 y 22 μm , con una sensibilidad 100 veces superior a la de IRAS en 12 μm y 500 veces en 22 μm .

Al terminar su misión en 2011, WISE fue apagado, siendo reactivado en 2013 con el principal propósito de escanear en modo búsqueda de objetos cercanos a la Tierra (NEO's por sus siglas en inglés). En esta nueva etapa, la misión fue renombrada NEOWISE.

Durante su misión principal, WISE descubrió 20 cometas y más de 33 000 nuevos asteroides, así como el seguimiento de 157 000 ya conocidos. Descubrió la galaxia más luminosa hasta esa fecha, perteneciente a la categoría de galaxias extremadamente luminosas en el infrarrojo (ELIRG's). Además, ha descubierto más de 100 nuevas enanas café, entre ellas la más fría hasta entonces, con una temperatura de 298 K.

Las dimensiones de la nave espacial del WISE fueron 2.85 m de altura, 2 m de ancho y 1.73 m de profundidad, con un peso de 661 kg. El instrumento incluyó un telescopio de 40 cm de diámetro y cuatro detectores de infrarrojo de un millón de píxeles cada uno, todos enfriados dentro de un tanque de vacío cilíndrico lleno de hidrógeno congelado.

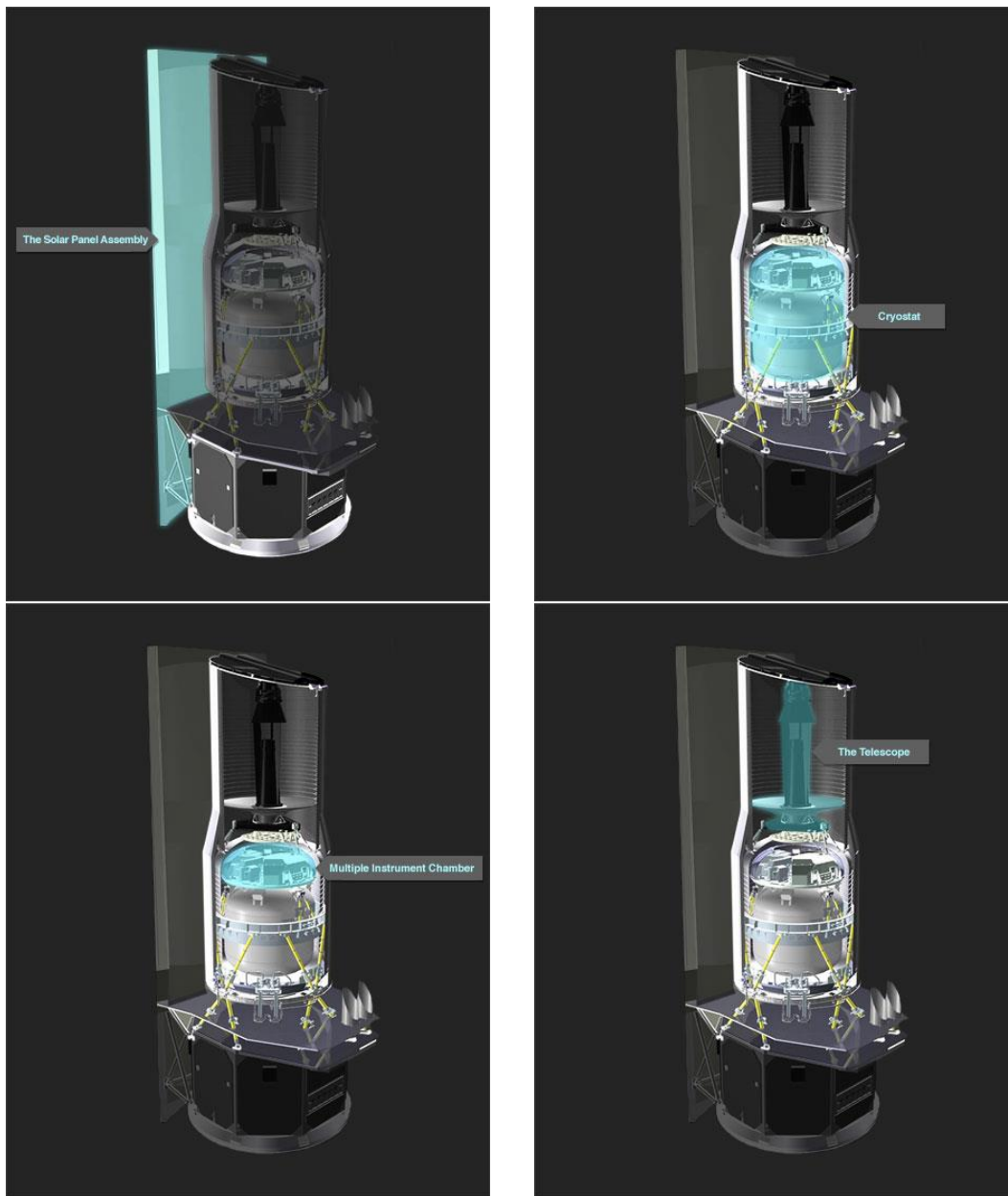


Figura 7. Componentes principales del Telescopio Espacial Spitzer. Esquina superior izquierda: Ensemble de panel solar; esquina superior derecha: Criostato; esquina inferior izquierda: Cámara multi-instrumental; esquina inferior derecha: Telescopio. Imagen tomada de <http://www.spitzer.caltech.edu/mission/78-The-Cryogenic-Telescope-Assembly>.

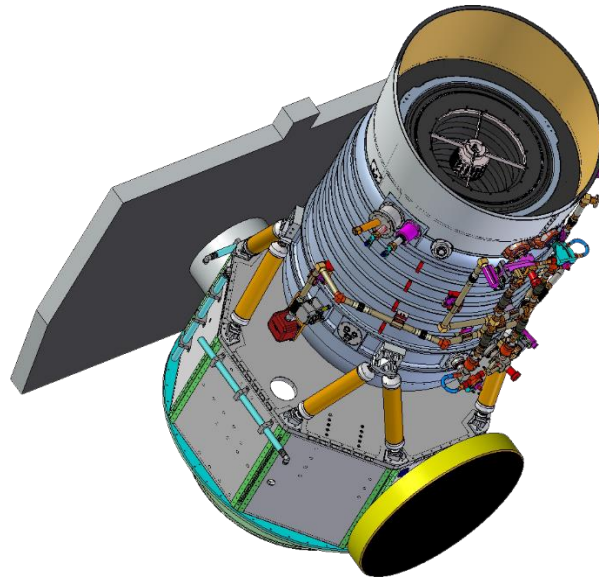


Figura 9. Representación gráfica del satélite WISE. Tomado de http://wise2.ipac.caltech.edu/docs/release/allsky/expsup/sec3_2.html.

Conclusiones

A esta fecha, los telescopios espaciales que observan en la banda infrarroja han aportado muchos datos. Sin embargo, para refinar los modelos actuales se requieren más datos, los que se planifica serán obtenidos incluyendo mejoras en los telescopios que se lancen en los siguientes años. Entre ellos, se cuentan los siguientes:

Telescopio Espacial James Webb

Previamente llamado Telescopio Espacial de la Siguiete Generación, se asignó su nombre en honor a James E. Webb (1906-1992) quien fue director de la NASA en el período 1961-1968. Será un telescopio de 6.5 m de diámetro, lanzado a bordo de un cohete Ariane desde Guyana Francesa. Su fecha de lanzamiento está prevista para 2018.

Es un proyecto conjunto de la NASA y agencias espaciales europeas y canadiense, que operará en longitudes de onda desde 0.6 hasta 27 μm . Contará con cuatro instrumentos: una cámara de cercano infrarrojo (0.6-5 μm), un espectrógrafo multi-objeto del cercano infrarrojo, un visor y espectrógrafo en infrarrojo medio (5-27 μm), y un sensor de guía fina, que visualice longitudes de onda desde 1.6 a 4.9 μm para obtener estrellas con las cuales guiarse, y controlar el punto de enfoque del JWST. Se pretende que sea el sucesor del Telescopio Espacial Hubble, aunque por las longitudes en que observará es posible que se considere sucesor del Spitzer e ISO. El propósito de este telescopio es estudiar los primeros objetos que se formaron en

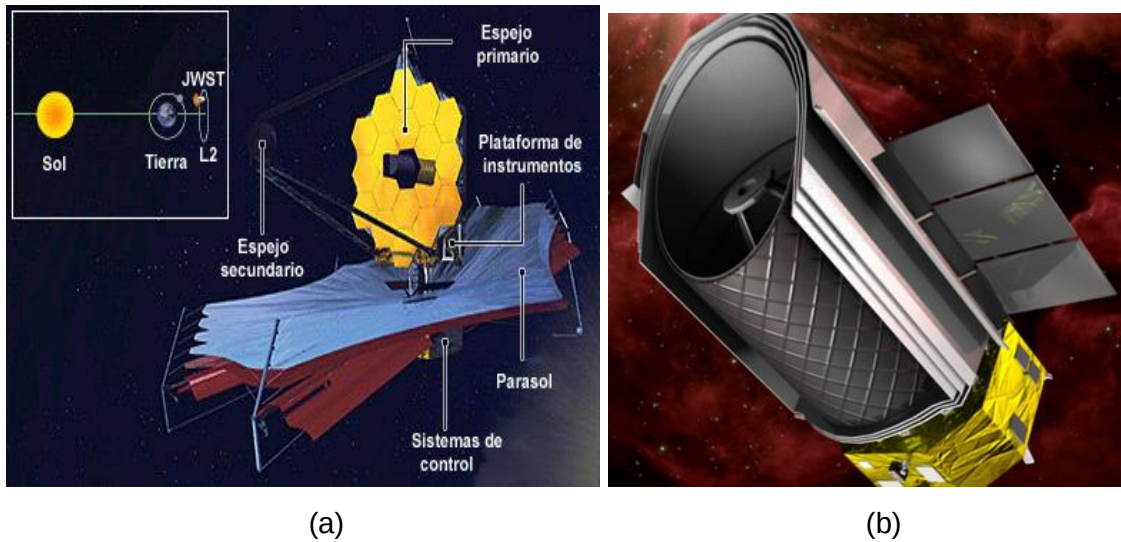


Figura 9. (a) Esquema de las partes del Telescopio Espacial James Webb, así como una ilustración de la órbita que describirá, (2008). (Recuperado de: <https://portalhispano.wordpress.com/2008/12/28/el-increible-viaje-del-telescopio-espacial-james-webb/>). (b) SPICA (Recuperado de: http://coolcosmos.ipac.caltech.edu/infrared_mission/).

el Universo, la constitución y evolución de galaxias, así como el nacimiento de estrellas y sistemas protoplanetarios.

Telescopio Espacial Infrarrojo para Cosmología y Astrofísica (SPICA)

Misión espacial conjunta de Japón y Europa cuyo lanzamiento se prevé para la siguiente década, con un tiempo de vida estimado de 3 a 5 años. El propósito de la misión es estudiar el proceso de enriquecimiento del Universo con metal y polvo, que derivó en la formación de sistemas planetarios habitables. Describirá una órbita alrededor del segundo punto de Lagrange del sistema Tierra-Sol, ideal para mantener fríos al telescopio e instrumentos, situación necesaria para conseguir una alta sensibilidad, siendo capaz de cubrir el rango de 12 a 230 μm . Contará con un telescopio de 2.5 m de diámetro, criogénicamente congelado a 8 K, y dos instrumentos altamente sensibles: SMI (instrumento del mediano infrarrojo de SPICA) y SAFARI (instrumento del lejano infrarrojo de SPICA).

Referencias

- Rowan-Robinson, Michael. (2013) *Night Vision: Exploring the Infrared Universe*, Cambridge University Press.
- Karttunen, et.al. (2007) *Fundamental Astronomy*, 5th Edition, Springer Berlin Heidelberg New York,

- Hetch, E. (2002) *Optics*, 4th Edition, Addison Wesley.
- Sanders DB, Mirabel IF (1996). Luminous Infrared Galaxies. *Annu.Rev. Astron.Astrophys.*34:749-92
- Mirabel IF (2017). Stellar progenitors of black holes: insights from optical and infrared observations. *Cambridge*, Volumen 12, Número S324, pp. 27-30.
- Herschel Space Observatory. IPAC. <https://www.herschel.caltech.edu/>
- Spitzer Space Telescope. CalTech. <http://www.spitzer.caltech.edu/>
- Herschel Overview. ESA.
http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Herschel_overview
- Harrington, J.D. (2009) NASA's Spitzer Sees the Cosmos Through 'Warm' Infrared Eyes, https://www.nasa.gov/mission_pages/spitzer/news/spitzer-20090805.html
- Infrared Astronomical Satellite. <https://www.jpl.nasa.gov/missions/infrared-astronomical-satellite-iras/>
- IRAS Satellite & Mission Strategy. IRSA.
http://irsa.ipac.caltech.edu/IRASdocs/iras_mission.html
- IRAS Mission and Discoveries.
http://coolcosmos.ipac.caltech.edu/cosmic_classroom/ask_astronomer/faq/iras.shtml
- Discoveries by IRAS.
http://coolcosmos.ipac.caltech.edu/cosmic_classroom/cosmic_reference/iras_discoveries.html
- WISE Mission Overview.
https://www.nasa.gov/mission_pages/WISE/mission/index.html
- Landau, Elizabeth. "NASA Telescope reveals largest batch of Earth-size, habitable-zone planets around single star".
<https://exoplanets.nasa.gov/news/1419/nasa-telescope-reveals-largest-batch-of-earth-size-habitable-zone-planets-around-single-star/>
- "About the James Webb Space Telescope". <https://jwst.nasa.gov/about.html>
- "SPICA: The Next Generation Infrared Astronomy Mission".
https://www.ir.isas.jaxa.jp/SPICA/SPICA_HP/index-en.html
- "SPICA Far-IR Instrument: SAFARI/SPEC". <http://www.spica-mission.org/instruments.html>
- Luque Ordoñez, Javier. "Espectro electromagnético y espectro radioeléctrico".
http://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/062017.pdf

- Cárdenas Beltrán, David. “Espectro electromagnético”.
<http://electromagnetismo2010a.wikispaces.com/file/view/ESPECTRO+ELECTROMAGNETICO.pdf/139152159/ESPECTRO+ELECTROMAGNETICO.pdf>
- “Stars”. <http://www.spitzer.caltech.edu/mission/213-Stars>
- “Crab Nebula, as seen by Herschel and Hubble”.
<https://www.herschel.caltech.edu/image/nhsc2013-022a>
- “Cool Andromeda”. <https://www.herschel.caltech.edu/image/nhsc2013-004b>
- “Active Galactic Nuclei (AGN)/ Supermassive Black Holes”.
<http://www.spitzer.caltech.edu/mission/232-Active-Galactic-Nuclei-AGN-Supermassive-Black-Holes>
- “Herschel Cryostat”. <http://sci.esa.int/herschel/41312-herschel-cryostat/>
- “Herschel’s Instruments”. <http://herschel.cf.ac.uk/mission/instruments>
- “The Cryogenic Telescope Assembly”. <http://www.spitzer.caltech.edu/mission/78-The-Cryogenic-Telescope-Assembly>
- “Infrared Astronomical Satellite. About the misión”.
<https://www.jpl.nasa.gov/missions/infrared-astronomical-satellite-iras/>
- “III. WISE Flight System and Operations”.
http://wise2.ipac.caltech.edu/docs/release/allsky/expsup/sec3_2.html
- “El increíble viaje del telescopio espacial James Webb” (2008.)
<https://portalhispano.wordpress.com/2008/12/28/el-increible-viaje-del-telescopio-espacial-james-webb/>
- “SPICA”. Recuperado de: http://coolcosmos.ipac.caltech.edu/infrared_mission_

Didáctica de las Ciencias: conformación y estado actual de la disciplina

Dinazar Escudero Ávila⁴, Eric Flores Medrano⁵

Introducción

Comprender los fenómenos que permiten la enseñanza y el aprendizaje de los contenidos científicos, requiere de un conocimiento que va más allá del conocimiento de los propios contenidos. La Didáctica de las Ciencias surge de la necesidad de crear formas efectivas de comunicación de resultados científicos a un gran número de personas (en particular en entornos escolares) y que, además, esta comunicación tenga un impacto en la vida de quienes aprenden. En esta conferencia se hablará particularmente de los orígenes de la Didáctica de la Matemática y la Física y de cómo su transformación la ha consolidado como una disciplina científica seria y con un objeto de estudio bien definido. Se ilustrará esta consolidación a partir de varios indicadores de calidad: congresos internacionales, revistas científicas de alto impacto y resultados de investigación sólidos, ofreciendo así un panorama general del estado actual de la disciplina.

Breve historia del surgimiento y desarrollo de la Didáctica de las Ciencias

Hay una estrecha relación entre la ciencia y su enseñanza. En 1990, cuando Jean Pierre Kahane, estaba despidiéndose como presidente de la Comisión Internacional de Instrucción de las Matemáticas (ICMI), la institución más importante de la enseñanza de las matemáticas a nivel mundial, lanzó estas afirmaciones en relación con las matemáticas, pero se pueden extender a cualquier otra ciencia:

En ninguna otra ciencia viva es tan importante, a nivel de investigación, la parte de transformación del conocimiento de la disciplina, en conocimiento sobre cómo enseñarla. Sin embargo, en ninguna otra disciplina es tan grande la distancia entre lo enseñado y lo nuevo, y en ninguna otra ciencia tiene tanta importancia social la enseñanza y el aprendizaje. En ninguna otra ciencia hay tanta tradición del compromiso de científicos con cuestiones pedagógicas.

Eran las cuatro reflexiones con las que él comenzaba su discurso de despedida, puede ser que ya no esté actualizado, ya que del 90 para acá, en otras disciplinas hay esta importancia. Esto sigue siendo vigente para nosotros, físicos, químicos, biólogos, matemáticos, preocupados por la enseñanza. Sin embargo hay una gran distancia entre lo que se enseña, y lo que se investiga sobre cómo enseñar. Es por

⁴ Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

⁵ Facultad de Ciencias Físico Matemáticas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

eso que resulta importante hablar sobre estos temas, dar una mirada hacia el pasado para ver cómo hemos avanzado y darnos cuenta sobre en qué terreno estamos situados.

Surgimiento y desarrollo de la didáctica de las ciencias

La Didáctica de las Ciencias, antes de los años 50's estaba vinculada a la disciplina específica, es decir, si alguien quería enseñar biología, tenía que saber biología, si quería enseñar matemáticas, tenía que saber simplemente matemáticas. Se pensaba que con conocer a fondo la disciplina, se podía acceder a la enseñanza de la misma, por lo cual había profesores sin formación y sin experiencia profesional. Aunque esto se menciona que ocurrió en los años 50's, desafortunadamente se sigue dando en nuestros días.

La formación profesional del profesor, sin embargo, en ese momento, solamente se refería a conocer cuestiones separadas de la disciplina específica, saber de pedagogía general y un poquito de didáctica general; en la cual venían cuestiones de filosofía, de psicología, de sociología, de biología, y todo eso se daba por separado y el profesor, de alguna manera, tenía que conjuntarlo como pudiera. Sin embargo, precisamente el evento que se conmemora en estas jornadas, el lanzamiento del *Sputnik*, desencadena un muy fuerte cuestionamiento sobre el sistema de enseñanza de las ciencias, especialmente en Estados Unidos, acerca de cómo estaban enseñando y qué requerían los estudiantes para que se les formara como científicos de calidad. Esto promueve una gran cantidad de investigaciones que se refieren específicamente a este cambio, y es un cambio radical dentro de la concepción de lo que es la didáctica de las ciencias.

A partir de los años 60's se invierte mucho dinero en investigaciones realizadas sobre enseñanza de las ciencias; empiezan a hacer proyectos que implican entender cómo son esos procesos de enseñanza de las ciencias, y los primeros estudios se empiezan a concentrar en una reforma de las curriculas, sobre todo en los últimos cursos de secundaria y en cursos superiores.

Surgen también proyectos de colaboración entre reconocidos científicos y profesores experimentados de diferentes áreas, de la física, la química, biología, la matemática. Todos estos proyectos trataron de promover una enseñanza de esas disciplinas científicas para que fuera mucho más conceptual y que sirviera como base de los planteamientos vigentes de aquel momento. Se introdujo en los programas los contenidos fundamentales derivados de la investigación en esos últimos 50 años, lo cual representa un reto muy importante porque se reconoce un desfase entre lo que muestran los libros de texto y lo que es la ciencia en ese

momento. Se da una gran importancia a las relaciones entre la teoría y los hechos, por lo que se promueve el trabajo experimental.

Lo anterior provocó una gran motivación de los estudiantes hacia las ciencias y también se observó que los puntos de partida conceptuales y procedimentales condicionaron la eficacia de estos proyectos, es decir, no bastaba con que los científicos se sentaran a observar qué es lo que sucede con la disciplina misma, sino que también se requería tener en cuenta las condiciones específicas de la población a la cual se le estaban impartiendo dichos contenidos científicos, lo cual les generó la necesidad de renovar las cuestiones curriculares y observar que no solamente se trata de atender a los grados superiores, sino que también tenían que observar lo que sucedía en los niveles de enseñanza básica. Tenían que observar qué es lo que sucedía desde la secundaria, para que, después, en el bachillerato y la universidad, se creen científicos de calidad. Entonces, se empezaron a configurar equipos de investigadores, diseñadores curriculares, epistemólogos, historiadores, pedagogos, sociólogos, de manera que todos ellos tuvieran una pequeña aportación hacia mostrar el camino para mejorar la enseñanza de las ciencias, lo que derivó en la conformación de una nueva disciplina.

La didáctica de las ciencias nace entonces como un campo interdisciplinar en sus conocimientos. El objeto de enseñanza al que se refiere el campo de la didáctica de las ciencias era la disciplina científica como tal. Comenzaron los cuestionamientos sobre cómo aprenden los niños o los estudiantes; cómo se ha generado la ciencia a través de la historia; sobre la diversidad de métodos instruccionales que pueden existir; y también sobre los condicionamientos sociales que existen dentro de las aulas. Todos estos son elementos que intervienen en un proceso de educación y que hay que tomar en cuenta para formar también profesores.

La reflexión sobre estos elementos propicia el surgimiento de revistas de investigación importantes para mostrar los resultados que esos grupos de científicos están trabajando, de manera que pudieran ser compartidos con muchas más personas. Surgen también libros de didáctica de las ciencias, fundamentados en marcos teóricos propios y en bases empíricas de resultados, los cuales eran muy diferentes a los que se habían publicado hasta ese momento (que estaban orientados solamente a proporcionar orientaciones para la enseñanza). También se organizan congresos para poner en común los resultados de investigación en esta área, como el que realiza la revista *Enseñanza de las Ciencias* desde 1985 y que es vigente a la fecha.

La didáctica de las matemáticas

La didáctica de las matemáticas, como disciplina científica, tiene una historia todavía anterior. En la didáctica de las ciencias se ve un quiebre en los años 50's, años 60's

del siglo pasado, pero la didáctica de las matemáticas tiene una tradición anterior, es por eso que quisimos puntualizar, dentro de la exposición, en ese tema, y nos vamos a enfocar a dos grandes figuras en el surgimiento.

Se enseña matemáticas desde hace muchos siglos, pero se investiga su didáctica desde hace poco más de 100 años. Los autores que vamos a proponer, nacieron después de la independencia de México. Si comparamos eso con, los personajes que hicieron *surgir* alguno de los campos de la física que estudiamos en el bachillerato, por ejemplo, notaremos que la didáctica de las matemáticas es una ciencia excesivamente joven.

Los comienzos se remontan a matemáticos, muchos de ellos con gran prestigio. Hay una concepción más o menos generalizada en algunas instituciones, de que el que se dedica a didáctica de las matemáticas, es el matemático en decadencia, el que se cansó de hacer producciones interesantes en matemáticas y ahora se dedica a ver cómo es la educación. Pero eso es falso, ha sido falso todo el tiempo.

Dentro de los diversos iniciadores que pueden ser reconocidos por su prestigio, mencionaremos a Klein y a Freudenthal. Podríamos haber elegido a Polya, o a otros nombres que son muy reconocidos, pero nos decidimos por estos dos, siguiendo el esquema de un artículo muy bueno a nuestro parecer, de Hyman Bass, que se llama: Matemáticas, matemáticos y educación matemática. Bass resalta a estos dos personajes como iniciadores.

Felix Klein es alemán, nace en 1849 y muere en 1925. Cuando hace sus trabajos en matemáticas, reconceptualiza a las geometrías como invariantes de sus grupos de simetrías. Sus trabajos son muy importantes. Sin embargo, donde está su mayor inquietud, donde está su mayor necesidad, es en la educación. Él es el primer presidente de la *International Commission on Mathematical Instruction* (ICMI). En 1908 es cuando se conforma esta institución, en ese momento es parte de la Unión Internacional de Matemáticas, lo cual habla de su relevancia. Es un subconjunto de esta organización demasiado trascendente en nuestra disciplina.

La obra más importante de Klein es “Matemáticas elementales desde un punto de vista avanzado”. La publica en 1924, un año antes de morir. Fue traducida a unos 30 idiomas, y sigue siendo utilizada. Investigadores de renombre, en EEUU sobre todo, pero también en Alemania y en otros lugares, están ahora trabajando en “Matemáticas avanzadas desde un punto de vista elemental”. Sigue teniendo un impacto, sigue teniendo vigencia su obra y sigue generando tradición en la investigación en educación matemática.

Hay dos ideas que Klein dice en ese texto:

Qué gran consideración se debe tener hacia el desempeño de los profesores de la escuela elemental. ¡Imaginen la formación metodológica necesaria para adoctrinar una y otra vez a cien mil... niños mal preparados, con principios aritméticos!. Inténtenlo con su formación universitaria, ¡no tendrán gran éxito!

No solamente es la reivindicación de la figura del profesor como el que está atendiendo a muchos niños, sino que aquí hay una llamada de atención a que para ser docente de matemáticas se requiere de una formación metodológica necesaria, que no es necesariamente pedagogía, o didáctica. Hay algunos términos que nos pueden chocar en este momento. “adoctrinar”, “cien mil niños”, pero pensemos que es 1924, entonces situémonos ahí.

Después dice en el mismo libro:

Seamos conscientes de una vez y ponderemos cuán extraordinariamente difícil, por principio, es el paso que se da en la escuela, de introducir los números negativos. Aquí, por primera vez nos encontramos con la transición de las matemáticas concretas a las formales. El dominio total de esta transición requiere de un alto nivel de capacidad de abstracción.

En nuestro nivel, cuando estamos estudiando la licenciatura en Física y Matemáticas, o nos estamos formando como matemáticos, desde luego que ya es demasiado fácil trabajar con números negativos, pero conceptualizar cuál es la dificultad de trabajar con esos números negativos; cuáles son los saltos cognitivos que tiene que dar el estudiante para pasar del trabajo con números positivos a números negativos se convierte en un objeto de estudio complejo en sí mismo.

Klein dice que es un paso enorme. Aquí también está un reconocimiento de algo muy importante de la didáctica de las matemáticas: la disciplina no se encarga de hacer que las matemáticas les sean más fáciles a las personas. Existe esa creencia, ustedes pueden comprobarlo cuando dicen, yo estudio didáctica de las matemáticas, les dicen, “¡qué bueno!, porque a todos nos es muy difícil”; y no se trata de hacerlo fácil, lo que trata es de hacerlo comprensible.

Klein no dice, vamos a ver cómo podemos hacer que los niños entiendan más fácil los números negativos. No. Lo que vamos a hacer es que los niños entiendan los números negativos. Puede ser difícil. Muchas veces, cuando se apela a procesos bien estudiados para comprender, se facilita, pero no es la norma, no es lo que se busca.

Hans Freudenthal, nace en Holanda en 1905, y muere en 1990, es un poco más reciente, y más longevo también. Su formación es en Alemania, es también, al igual

que Klein, de la escuela alemana. Pero hay que decir que Freudenthal es judío y, cuando es más productivo, llega Hitler y lo apaga. Entonces él se escapa, escribe otra literatura, por ejemplo, desarrolla un lenguaje para comunicarse con los extraterrestres; aprende varios idiomas; es una persona de estas que consideramos genios. Él estudia topología, grupos de Lie, lógica, probabilidad y estadística (sobre esto último escribe un manual).

Promovió el lanzamiento de los ICME, que, como notarán, se parece mucho a ICMI, porque proviene de ahí, pero este es el *International Congress of Mathematics Education*, un congreso de talla internacional; no el más importante, pero sí uno que reúne a muchos investigadores. Es más bien como una feria, como un lugar de encuentro de investigadores de todo el mundo, acerca de la educación matemática.

Promueve también la creación de la revista *Educational Studies in Mathematics*, que es una de las más importantes en la disciplina, y la fundación del *Freudenthal Institute*, en Holanda; el cual es vigente. Las personas estudian ahí, las personas investigan ahí y mucha producción importante a nivel internacional surge de este instituto.

Él propugna en la experimentación y en la matematización como eje fundamental en el aprendizaje de las matemáticas, o sea la modelación. Todo lo que ahora se estudia sobre modelos matemáticos, para la enseñanza de las matemáticas, tiene sus raíces en Freudenthal, en gran parte.

Bass, que es el autor de un artículo en el que nos basamos, señala esto,

Mientras Klein era un embajador de la matemática en la educación matemática, Freudenthal se convirtió en un ciudadano de pleno derecho, e incluso muy destacado, de este país. Se convirtió en un crítico versado e intelectualmente disciplinado de las teorías pedagógicas predominantes en su tiempo. Aportó sus propias creencias y firmes principios, que se transparentan en sus muchos escritos. Fue también un hombre de acción, realizó experimentos en la instrucción a partir de los cuales desarrolló ideas curriculares y pedagógicas, y levantó instituciones duraderas que continúan haciendo avanzar su legado.

Hacia los años 70's surge un movimiento denominado Las matemáticas modernas. Fracasa, en EEUU sobre todo, y entonces surge un grupo de profesores que conforman el *National Council of Teachers of Mathematics*, que plantean algo impensable en EEUU, estandarizar la educación de las matemáticas. ¿Por qué impensable? Porque en este país cada estado tiene sus reglas, tiene sus normas y demás.

En años recientes se está discutiendo mucho sobre el núcleo común, el *common core* en la enseñanza de las matemáticas. Cosa que no habría pasado si los profesores de matemáticas no entran a esa discusión, es decir, viene una discusión muy fuerte por parte de los matemáticos preocupados por la educación; y en los años 70's entra esta contraparte de los profesores de matemáticas y es lo que da pie al surgimiento de muchos posgrados, incluido el del CINVESTAV, con la opción de Matemática Educativa. Incluso aquí, en la Escuela Superior de Física y Matemáticas, surge el perfil específico del matemático educativo, el que ya tiene su formación puntual sobre lo que se espera obtener de estas investigaciones.

Indicadores de consolidación de las didácticas como disciplinas científicas

Podríamos hablar de una etapa de consolidación de las didácticas como disciplinas científicas, pese a su *corta edad*. ¿Cómo vamos a entender esta consolidación?, ¿cómo entendemos que las didácticas específicas son ciencia?, ¿cómo podríamos defender que no son un arte o que no es como una aplicación de la ciencia con un poquito de conocimiento de pedagogía o con mucho conocimiento de pedagogía, sino que es una disciplina en sí misma?

En esta presentación lo haremos mostrando que hay revistas de alto impacto, hay congresos internacionales, hay posgrados de calidad, pero sobre todo tiene metodologías propias de investigación y de acción. Finalmente, mostraremos que existen resultados sólidos, lo cual enfatiza en que muchos de los aportes en la disciplina no son ocurrencias personales, y algunos de estos resultados se convierten en elementos indiscutibles, compartidos por la comunidad científica.

Dentro de las revistas de alto impacto, sin querer ser exhaustivo, aparecen estas: el *Journal of Research on Science Teaching*; *Studies in Science Education*; *European Journal of Science Education*; y *Enseñanza de las Ciencias*, una revista española que publica artículos de investigación sobre didáctica de las ciencias: química, física, biología particularmente, también matemáticas. Publica experiencias docentes, experiencias didácticas, y *abstracts* sobre tesis enfocadas en didáctica de las ciencias, contando matemáticas dentro de ellas.

Está *Educational Studies in Mathematics*, que es la revista más antigua de educación matemática, el *Journal for Research in Mathematics Education*, que es la mejor posicionada en cuanto a su factor impacto (el factor impacto es un indicador que se obtiene mediante un cociente de cuántas veces se citan esos artículos, entre el número de artículos que publican en dos años en la revista). En matemáticas, en física, esos números suelen ser altos; pero en ciencias sociales, que es donde estamos situados como didáctica de las ciencias específica, ahí los factores de impacto no son muy grandes, por decir algo, *Journal for Research in Mathematics Education*, tendrá ahora un factor de impacto de 1.7).

Tenemos también el *International Journal of Science and Mathematics Education*; el *Mathematical Thinking and Learning*, y la Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa. No queremos decir que aquí estén las mejores, sino que hay una variedad de ellas, y dentro de esa variedad, está esta Revista Latinoamericana, con sede en México; es una revista editada y trabajada en México, y que está dentro de las revistas top en educación matemática, y además publica en varios idiomas. Ahí podemos encontrar artículos en español, en inglés, portugués, francés. Es una revista de acceso libre.

En cuanto a los congresos internacionales tampoco queremos ser exhaustivos, sino poner algunos de ellos como ejemplos de congresos a los cuales pensamos que los estudiantes de esta institución podrían estar interesados en asistir.

Por ejemplo está el congreso que organiza la revista enseñanza de las ciencias, en España; el *Psychology of Mathematics Education*, mejor conocido como PME, lo organiza el grupo de psicología de la educación matemática, aunque no es necesario que le metan trabajos sobre psicología, de hecho es mucho más amplio; el *Congress of European Researchers in Mathematics Education*, un congreso muy interesante, por la dinámica del propio evento, donde se forman grupos de discusión específicos de cada tema, es decir, que no solamente tenemos la didáctica de las matemáticas y de las ciencias como cosas con peso en sí mismo, sino que además, dentro de estas, ya hay líneas de investigación con relevancia. Este congreso destaca la existencia de esas líneas y las potencia. También está el *International Congress of Educational Science and Development*.

Solamente mencionamos uno en español, aunque hay varios, uno internacional de carácter mundial en educación matemática, otro en ciencia, y otro que es europeo, pero que destaca mucho por su dinamismo en la presentación de las ponencias.

En cuanto a los posgrados de calidad, utilizamos el buscador de posgrados del Padrón Nacional de Posgrados de Calidad del CONACYT (PNPC); y encontramos que sobre educación matemática y educación en ciencias o didáctica de las ciencias, hay dos doctorados y cinco maestrías reconocidos en dicho padrón. Eso nos llamó mucho la atención, porque antes había más. Dentro de los ejemplos está la Maestría en Física Educativa del CICATA, es una maestría a distancia; la Maestría en Educación Matemática de la Universidad de la cual nosotros venimos, la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; el doctorado en Matemática Educativa del CINVESTAV. Son unos ejemplos solamente, de los dos doctorados y cinco maestrías reconocidos en el PNPC.

Existen muchos más, que, ante las dificultades que se presentan por las nuevas reglas que suelen utilizarse para evaluar los posgrados, ya no están en el padrón. Hay posgrados en Querétaro que estaban en el PNPC, y el día en que hicimos la

búsqueda, incluso ayer que la actualizamos, ya no están; pero existen, hay variedad, hay bastantes posgrados y que siguen siendo de calidad, porque sus profesores son de calidad, pero por el momento no cuentan con el registro para estar en el PNPC, sin embargo forman excelentemente a los graduados.

Debemos mencionar que existe una distinción entre dos modalidades en los posgrados. En una, el estudiante puede formarse como investigador, en la otra, puede formarse profesionalmente. Estas dos modalidades hacen que existan posgrados de investigación y posgrados profesionalizantes. Educación Matemática tiene posgrados en ambas modalidades. El posgrado de Física Educativa, por ejemplo, es en investigación. Al elegir un programa, hay que tener muy en cuenta esas dos variedades, según nuestros intereses formativos, pero más allá de eso, tener distintos propósitos en la formación de posgrados habla de una ramificación en su influencia social, cosa que es positiva en el desarrollo de las ciencias.

Por otro lado, actualmente existen muchas metodologías propias que intentan dar respuesta a cómo enseñar ciencias significativamente, a responder la pregunta fundamental que es cómo transmitir la cultura científica generada a través de los siglos de forma que los científicos puedan aplicarla. Para conformar el currículo se hacen más preguntas como: qué debemos enseñar, cuándo debemos enseñarlo, cómo se enseña, cómo evaluar esos resultados de enseñanza. Muchas de las reformas curriculares toman en cuenta estas preguntas para llevar a cabo los cambios o las mejoras que se requieren.

Esto deriva de que existe lo que se llama *transposición didáctica*, hay una diferencia entre los resultados de lo que se observa en la ciencia y cómo esos resultados son observados o son contruidos dentro de la escuela. No se contruyen de la misma manera, ni tampoco se muestran de la misma manera; hay una transformación, y es precisamente ese conocimiento escolar lo que es el objeto de estudio de las didácticas específicas.

Hay estructuras didácticas que nos muestran esas interrelaciones entre los campos de estudio y la didáctica de las ciencias. Muchos resultados que ahora podemos observar nos muestran lo complejo que es entender el fenómeno educativo, y la necesidad que tenemos de establecer ciertos parámetros para comprender lo que sucede en un aula.

Estas metodologías nos permiten visualizar que los saberes que vamos a enseñar deberán estar relacionados directamente con un alumno que tiene una estructura cognitiva particular, que está condicionado socialmente, que construye sus conocimientos de maneras particulares, que tiene una forma personal de ser y de estar en el aula. Pero también que los saberes están relacionados con el que enseña, con un profesor que tiene una ideología propia, la cual está en función de

sus condicionamientos instruccionales, los recursos que tiene, sus conocimientos particulares.

El saber también está condicionado por la función de esas estructuras, cómo es ese conocimiento, a qué cuestiones fenomenológicas responde, a cómo fueron las situaciones de construcción a lo largo de la historia.

Todo esto va mediado por un contrato didáctico, por unas normas implícitas que están entre ellos, entre la interacción que tienen estos elementos. Pero aun así, con esa complejidad, se han logrado establecer ciertos campos de conocimiento que pueden intervenir en esas cuestiones para ir dando más soporte, más cohesión a los resultados que se van teniendo.

Entonces, tenemos varias disciplinas que van aportando elementos a esa didáctica de las ciencias, que lo va conformando como una disciplina realmente de peso. Cuestiones de la misma disciplina científica, de la epistemología, la sociología, la psicología, entre otras.

Tenemos además resultados sólidos de la disciplina, que, como ya comentábamos, son elementos aceptados por la comunidad científica o por la comunidad docente. Por ejemplo, la idea de que la tecnología nos permite realizar actividades para la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas que, sin esta, sería imposible realizar. Otro ejemplo de resultado sólido es que al profesor no le basta saber matemáticas para enseñar matemáticas. Hay investigaciones que fundamentan teórica y empíricamente este resultado. También hay investigaciones que explicitan qué otras cosas debería saber el profesor (la respuesta no es interdisciplinar, sino intrínseca a las matemáticas con énfasis en su enseñanza, aprendizaje y difusión). Como estos dos, hay otros resultados sólidos. Sin embargo, por cuestión de espacio y de lo extenso del tema, solo queremos ilustrar la idea, quedando la posibilidad de consultar los *Solid Findings in Mathematics Education* para conocer otros muy interesantes.

A manera de reflexión final, mas no de conclusión, queremos resaltar que la didáctica de las ciencias está consolidada como una disciplina científica. Pero además queremos situarla, se trata de una ciencia social, ya no es una ciencia natural como la ciencia experimental que le sirve de base. Es una ciencia social, lo cual obliga a que sus métodos, sus formas de investigar, sus lugares de publicación, su público con el que interactúa, reconozca que están dentro de estas ciencias sociales.

En México se han desarrollado pocos posgrados para la enseñanza – aprendizaje de las ciencias experimentales; con experimentales me refiero a física, química, biología sobre todo; en matemáticas hay más.

En España, en Francia, sobre todo en Europa hay muchos programas enfocados a la didáctica de las ciencias experimentales. En España es muy normal que las universidades tengan, en la Facultad de Educación, didáctica de las matemáticas, didáctica de las ciencias experimentales y didáctica de las ciencias sociales. Más recientemente didáctica de la educación física, y educación artística; todas ellas conviviendo en un mismo ambiente, algunas más consolidadas que otras, desde luego. Esas tres primeras didácticas: de las ciencias experimentales, de las matemáticas y de las sociales, están en un nivel de consolidación bastante aceptable.

Los profesionistas en didáctica de las ciencias deben contar con una formación profesional en ciencias, pero no es suficiente, o sea, no podemos renunciar a una formación sólida en física, sólida en química, sólida en biología, sólida en matemáticas, según sea nuestro campo de acción. No podemos renunciar a ello, pero no nos es suficiente, tenemos que ir más allá, tenemos que conocer la epistemología, de filosofía, pedagogía, y otras cosas muy propias de la disciplina, como lo son teorías de educación matemática, o de didáctica de las ciencias.

Finalmente, queremos resaltar nuevamente la existencia programas que forman educadores matemáticos a nivel licenciatura, aquí hay un ejemplo, la terminal de matemática educativa; pero pocos declaran el perfil de acción de sus egresados, es decir, incluso, me atrevo a decir, está poco discutido qué es lo que se espera para un licenciado en educación matemática, un licenciado con culminación en educación matemática. No es tan difícil decirlo para una maestría o un doctorado, pero, por ejemplo, pedirle al estudiante de licenciatura que sea investigador, quizás sería ir demasiado lejos. Decirle que sea profesor, entraríamos también en una discusión sobre la pertinencia de formarse aquí y en una normal, que es la institución encargada de formar profesores, o con una facultad de educación, al estilo de las universidades europeas. Entonces, cuál es el perfil, qué es lo que queremos para el egresado de licenciatura con formación en didáctica de las ciencias. Es una reflexión que tiene que ampliarse, desde luego, a las necesidades sociales, y es una reflexión que urge hacer para que se impulse la formación de estos científicos particulares, desde la licenciatura, con una formación sólida.

Evaluación del aprendizaje: De la detección de dificultades al diseño de una aplicación Web

XaabNop Vargas Vásquez⁶

Introducción

A través de las herramientas metodológicas de la evaluación criterial construidas y utilizadas por Vargas (2005) cuyos resultados se reportaron en Vargas y González (2005; 2008; 2010) y Vargas (2007; 2008), se han realizado diversos trabajos (Vargas, 2012; Pacheco y Vargas, 2013; Cruz y Vargas, 2015; Cruz y Vargas, 2016a; 2016b y Estrada y Vargas, 2016) en diversas áreas del saber tales como: Matemáticas, Historia, y Psicología del desarrollo humano.

Este escrito tiene la intención de mostrar los resultados de cada uno de estos trabajos, en donde se han localizado las dificultades que los estudiantes tienen cuando aprenden un concepto en las áreas del saber mencionadas, y que pueden ser utilizadas para la construcción de materiales didácticos que ayuden a los estudiantes para que logren superar tales deficiencias, como en el caso de la construcción de una aplicación web (Zárate y Vargas, 2017) y/o móvil (Reyes, Vargas y Martínez, 2017).

Los resultados de los trabajos mencionados se obtienen de los reportes publicados en diversos medios académicos y científicos, de manera que el escrito que aquí se presenta, es una revisión bibliográfica de lo realizado por el autor del que esto escribe a lo largo de los años 2005 - 2017, a partir de su trabajo de tesis de licenciatura, en la Escuela Superior de Física y Matemáticas del Instituto Politécnico Nacional, intitulado. “Una Evaluación del Aprendizaje: El caso de la Escuela Primaria Xaam” (Vargas, 2005).

Se tiene la intención de mostrar la aplicación de las herramientas teóricas y metodológicas de la evaluación criterial hacia distintos contextos, tanto escolares como de contenidos, para entender la potencialidad de la evaluación de los aprendizajes en diversas áreas del saber y la riqueza que encierra para la transformación educativa tan necesaria en los tiempos actuales.

Objetivos

Mostrar, a través de la evaluación criterial, algunas dificultades que tienen los estudiantes cuando aprenden un concepto, en diversas áreas del saber, mostradas en los resultados de algunos trabajos, y que pueden ser utilizadas para la construcción de materiales didácticos que ayuden a los estudiantes para que logren superar tales deficiencias.

⁶Informática, Nova Universitas

Marco teórico

Las características más destacadas y comunes de las pruebas referidas a criterio (evaluación criterial) son:

- Requiere la definición clara y exhaustiva de un dominio objetivo a evaluar.
- Permite averiguar la posición de un alumno respecto del dominio de un aprendizaje bien definido.
- La interpretación del rendimiento es directa: la ejecución que realiza el alumno indica su grado de dominio o competencia, independientemente de lo que hagan otros sujetos.
- El criterio o estándar en el cual se basa tiene un carácter absoluto, es decir que no está condicionado por el nivel de ejecución de un grupo. Es la descripción de la clase de aprendizaje que el alumno puede o no manifestar.
- El límite en que se basa la toma de decisiones que afectan el proceso educativo se establece de manera descriptiva, indicando el grado de dominio alcanzado, o bien especificando el punto de corte, o nivel mínimo de dominio.
- Permite retroalimentar la intervención en el proceso educativo de manera inmediata (cfr. Leyva, 2011, p. 134).

Por su parte Vargas (2005) menciona que, desde la perspectiva de la evaluación criterial, es posible observar el rendimiento de los estudiantes frente a una actividad de aprendizaje, conociendo el grado en que han sido cubiertos los objetivos de la enseñanza, e identificando aquellos que presentan mayores dificultades para los estudiantes.

Por otro lado, se construyeron (ibídem) y adecuaron diversas herramientas metodológicas para el análisis de los datos obtenidos a través de los instrumentos de evaluación, contruidos bajo el marco de las evaluaciones criterial y longitudinal, a fin de localizar las dificultades que los estudiantes tienen cuando aprenden un concepto. Los resultados de dicho análisis dieron pie para ser utilizados en investigaciones posteriores (Vargas, 2012; Pacheco y Vargas, 2013; Cruz y Vargas, 2015; Cruz y Vargas, 2016a; 2016b y Estrada y Vargas, 2016); que dan una idea de la potencialidad de las herramientas teórico - metodológicas de la evaluación desde el punto de vista criterial para localizar tales dificultades, y que se presentan en este escrito.

Desarrollo

En las publicaciones que muestran trabajos orientados a la identificación de dificultades de aprendizaje, se encuentran resultados de investigaciones realizadas en diferentes niveles de educación básica, y en la universitaria, para diferentes áreas del saber.

Localización de dificultades de aprendizaje en diversas áreas del saber desde el punto de vista de la evaluación criterial

Vargas (2012) presenta una investigación, con base en la evaluación criterial, para identificar las dificultades que enfrentan los estudiantes de un curso de introducción a demostraciones matemáticas, en la carrera de matemáticas aplicadas en una Universidad de México. Los resultados muestran que los estudiantes presentaban dificultades al trazar una ruta o un plan para llevar a cabo una demostración en matemáticas, así como al identificar la ruta o esquema utilizado para la realización de una demostración. Asimismo al escribir los conceptos involucrados, componer, y verificar la validez de la demostración.

Pacheco y Vargas (2013) presentan una evaluación del aprendizaje en el estudio de una línea recta: el caso de un estudiante. Aplicaron un cuestionario a un estudiante que presentaba dificultades en el estudio de la línea recta. A partir de esta investigación, observaron que el estudiante presenta serias deficiencias al relacionar una ecuación con su gráfica y, bosquejar las gráficas de las ecuaciones que representan una línea vertical, mientras que presenta menos dificultades en deducir la ecuación a partir de una gráfica, en particular al considerar los puntos de cruce de la gráfica con los ejes cartesianos en la posible ecuación que la modela.

Guzmán (2014) presenta los resultados de la aplicación de un instrumento de evaluación criterial sobre el término literario *theme*, aplicado a 23 estudiantes de inglés pre-intermedio de 2o semestre de bachillerato, en el estado de Oaxaca, México. El resultado de su investigación es que el grupo no presenta dificultad al entrar en contacto con la definición del término literario *theme*; ni para identificar, comparar y organizar la información en común de las tres definiciones del mismo, y puede detectar las aportaciones de cada definición. Sin embargo, una minoría de estudiantes pueden justificar su respuesta con ejemplos de vocabulario y citas del texto leído, lo que indica que el grupo en general se ha preocupado por leer y por retomar en un nivel superficial el término tratado y no se está apropiando de la definición.

Cruz y Vargas (2015) presentan los resultados obtenidos de la evaluación de un grupo de alumnos de sexto grado de primaria, con respecto a la habilidad de comprensión, para lo cual aplicaron un cuestionario utilizando evaluación criterial. El cuestionario se organizó a partir de cuatro categorías, según el tipo de inferencia: 1) de lugar y fecha, 2) de sucesos, 3) de aspectos gramaticales, y 4) de intencionalidad.

Con el propósito de analizar los datos obtenidos se utilizó una parrilla de evaluación, la cual muestra que, de manera específica, las mayores dificultades que tienen los alumnos están relacionadas con la habilidad para inferir el orden en el que sucedieron los hechos relatados en el texto. Con menores dificultades, aparecen la habilidad para inferir fechas y lugares y la habilidad para deducir la intencionalidad del autor. El avance más significativo se encontró en la habilidad para inferir referencias gramaticales a partir de las pistas que ofrece el texto.

Estrada y Vargas (2015) presentan un trabajo donde utilizan aspectos de la evaluación criterial. La población estudiantil universitaria con la que trabajaron fue de 18 estudiantes, a quienes les aplicaron un cuestionario de 5 preguntas para identificar sus fortalezas y dificultades de aprendizaje. Los datos se analizaron por medio de una parrilla de evaluación, la cual muestra, de manera grupal, que los estudiantes son capaces de: emitir una opinión sobre un asunto, aunque esta opinión esté fuera de contexto; problematizar, lo que significa que dada una situación puedan plantearse una serie de preguntas para analizarla; dar con la explicación de una situación. Por otro lado, los estudiantes tienen dificultades en identificar y analizar logros y obstáculos en su proceso de formación.

Cruz y Vargas (2016a) presentan un trabajo que trata sobre una realidad del aprovechamiento académico de las fracciones en un grupo de sexto grado de primaria de una escuela del estado de Oaxaca. En este trabajo se aplicó al grupo un instrumento de evaluación referente a las fracciones, durante el término del primer bimestre del ciclo escolar 2015-2016, que permitió detectar las fortalezas y debilidades que presentan los estudiantes respecto a este tema. Los autores encontraron que lo que presenta mayores problemas a los estudiantes es el resolver, convertir, ubicar y restar. Esto implica un reto para el maestro, debido a que es en ellos donde debe recaer la responsabilidad de hacer ver la importancia del tema referente a fracciones. Finalmente sugiere como una estrategia didáctica para abordar los números fraccionarios, la resolución de problemas con diferentes niveles de complejidad.

Las investigaciones anteriores nos dan un panorama acerca de la utilidad de las herramientas de evaluación para la localización de dificultades de aprendizaje en áreas de aprendizaje de idiomas (Guzmán, 2014), psicología (Estrada y Vargas, 2015), matemáticas (Cruz y Vargas, 2016a; 2016b Pacheco y Vargas, 2013), español (Cruz y Vargas, 2015), y lógica (Vargas, 2012).

Los estudios anteriores se centran en la localización de dificultades de aprendizaje y en sugerencias para la mejora, tanto de la práctica docente, como del proceso de enseñanza – aprendizaje, basadas en sus resultados. Sin embargo, también pueden ser utilizadas para la construcción de materiales didácticos que ayuden a los estudiantes para que logren superar tales deficiencias, como en el caso de la construcción de unidades didácticas, secuencias de enseñanza, actividades de enseñanza y aprendizaje, aplicaciones web y/o móviles.

Utilización de resultados de investigación de la evaluación criterial para la construcción de aplicaciones web y/o móviles

Zárate y Vargas (2017) realizan un estudio, en el estado de Oaxaca, México, con la intención de tener elementos para el diseño e implementación de una aplicación web que auxilie a los estudiantes de nivel primaria a superar las dificultades de aprendizaje que enfrentan en el eje de sentido numérico. Los autores aplicaron cuestionarios a 280 -de 315- estudiantes bajo el marco de la evaluación criterial; en diciembre de 2016. Presentan los resultados parciales de evaluación obtenidos de los grupos de primero y segundo grados. Asimismo realizan un análisis, con auxilio de una parrilla de evaluación, tal como en los trabajos de Cruz y Vargas (2016), Vargas (2012) y Vargas y González (2008). Sus resultados indican que la aplicación web debe centrarse en auxiliar a los estudiantes en la superación de sus dificultades de aprendizaje relacionados con el desarrollo de habilidades para identificar los números ubicados en una sucesión, y colocar aquellos que faltan en una serie; además de agrupar diferentes parejas de números que, al sumarse, se obtenga el mismo resultado.

Reyes, Vargas y Martínez (2017), presentan un análisis de las dificultades del uso de la x, zh, ë y saltillos (') en la escritura del idioma Zapoteco variante de Coatecas Altas en estudiantes de un bachillerato del estado de Oaxaca. Utilizan evaluación criterial y longitudinal tal, como en los trabajos de (Vargas 2007; 2008; 2012a; Vargas y González, 2008; 2010). La población evaluada se conformó con 28 estudiantes, cuyas edades varían entre los 15 y los 18 años.

En su análisis observan; a través de datos obtenidos por medio de un cuestionario escrito en Zapoteco y analizado con el auxilio de una parrilla de evaluación, algunas dificultades que los estudiantes tienen cuando aprenden a escribir en Zapoteco. Sus datos indican que, al parecer, los estudiantes no pueden completar en un texto el uso de la x o zh; corregir en un texto tanto el uso de la x o zh, de los saltillos ('); como el uso de la ë. De esta manera identificaron las necesidades que tienen los estudiantes de pueblos originarios, en particular de los hablantes del Zapoteco para el diseño e implementación de una aplicación móvil que ayude a superar sus dificultades en relación al aprendizaje de la escritura de su idioma natal.

Estas dos investigaciones permiten vislumbrar un camino para el uso de los resultados de las evaluaciones de los aprendizajes para transformar la realidad de los estudiantes cuando aprenden un concepto. Como se mira, existe una potencialidad de su uso en diversas áreas del saber y en diversos niveles educativos. En este caso, en la matemática escolar de educación primaria y en la enseñanza de idiomas nativos de México en educación media superior.

Conclusiones y/o posibles usos

Este recorrido permite entender la potencialidad de la evaluación de los aprendizajes en diversas áreas del saber, y la riqueza que encierra para la

transformación educativa, tan necesaria en los tiempos actuales. Por un lado, como ya se ha dicho, muestra la aplicación de la evaluación criterial en diversos contenidos del saber (Matemáticas, psicología, idiomas, Español, Lógica) y, por otro lado, también muestra su aplicación en diversos niveles educativos Primaria (Cruz y Vargas, 2015; 2016a; 2016b), Medio superior (Guzmán, 2014) y Superior (Vargas, 2012; Pacheco y Vargas, 2013; Estrada y Vargas, 2016).

La detección de dificultades permite realizar anotaciones para la construcción de materiales de enseñanza - aprendizaje, como en el caso de Zárate y Vargas (2017) y Reyes, Vargas y Martínez (2017), a través de aplicaciones tanto web como móviles.

Referencias

- Cruz, N.; Vargas, X. (2015) Evaluación de las habilidades para inferir información a partir de las pistas que ofrece un relato histórico en estudiantes de sexto grado de Primaria, *Revista Internacional de Evaluación y Medición de la Calidad Educativa*, Volumen 2, Número 1, 2015.
- Cruz, R. F., Vargas, X. N. (2016a) Fracciones... todo un reto en estudiantes de 6° de Primaria". *Invedu*, 10 (28), Agosto 2016 - Enero 2017, 85 - 91
- Cruz, R. F., Vargas, X. N. (2016b) Dificultades de los estudiantes de 6° de primaria al aprender números fraccionarios. *Debates en Evaluación y Currículum*, Congreso Internacional de Educación Evaluación 2016, Año 2, No. 2, Septiembre de 2016 a Agosto de 2017, ISSN: 2448-6574.
- Estrada, J. M., Vargas, X. N. (2016) Una evaluación del aprendizaje en estudiantes de licenciatura en educación primaria de una normal de la ciudad de Oaxaca, México. *Debates en Evaluación y Currículum*, Congreso Internacional de Educación Evaluación 2016, Año 2, No. 2, Septiembre de 2016 a Agosto de 2017, ISSN: 2448-6574.
- Guzmán, S. M. (2014). Evaluación del aprendizaje en el estudio del término literario theme en la materia de literatura en inglés. *Revista Internacional de Alfabetización y Aprendizaje de Idiomas*, 1(2)
- Leyva, Y, E. (2011). Una reseña sobre la validez de constructo de pruebas referidas a criterio. *Perfiles educativos*, 33 (131), 131 - 154.
- Pacheco, C; Vargas, X. N. (2013). Evaluación del aprendizaje en el estudio de la línea recta: el caso de un estudiante. *Memorias del 5° Congreso Internacional sobre enseñanza y Aplicación de las Matemáticas*. Universidad Nacional Autónoma de México. Estado de México, México.
- Reyes, F. P., Vargas, X. N. y Martínez, C. C. (2017). Análisis del uso de la x, zh, ë y saltillos (') en la escritura del idioma Zapoteco en alumnos de un bachillerato

del estado de Oaxaca, México. Memorias de las Jornadas Académicas de Didáctica de las Ciencias 2017. México: Instituto Politécnico Nacional. En proceso.

Vargas, X. N. (2012). Learning to prove. A case of its evaluation. *Preproceedings of 12Th International Congress on Mathematical Education. Topic Study Group 33*. 8 July – 15 July, 2012, COEX, Seoul, Korea.

Vargas, X. N. (2008). "Un análisis del proceso de aprendizaje de lateralidad en alumnos de tercero y cuarto grados de primaria" [disco compacto]. *Tercer Foro de Investigación Educativa: Construcción colaborativa del conocimiento*, Centro de Formación e Innovación Educativa CFIE, del Instituto Politécnico Nacional. D.F. México. Disponible en http://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/2089/82_-_82-VargasV%C3%A1squezXaabNop.pdf ISBN: 978-970-36-0499-9.

Vargas, X. N. (2007): Una evaluación del aprendizaje en la escuela primaria Xaam [Disco compacto]. *XII Conferencia Interamericana de Educación Matemática*. Eds. Mancera, E., Pérez, C. Querétaro: Benemérita Escuela Normal de Querétaro. Querétaro, México. ISBN. 978-968-9166-01-6.

Vargas, X. N. (2005). *Una evaluación del aprendizaje: el caso de la escuela primaria Xaam*. (Tesis de Licenciatura, Escuela Superior de Física y Matemáticas del Instituto Politécnico Nacional ESFM-IPN), México, Distrito Federal.

Vargas, X. N.; González, L (2005). Una evaluación del aprendizaje: el caso de la escuela primaria Xaam. *Revista enseñanza de la ciencia*, número extra. Granada, España. ISSN 0212-4521. También disponible en: http://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2005nEXTRA/edlc_a2005nEXRAp383evaapr.pdf

Vargas, X. N.; González, L (2010). Una evaluación de la ubicación espacial en alumnos de la primaria Xaam. En *Memorias del Congreso Internacional de Educación: Evaluación 2010*, del 7 – 9 de octubre, Tlaxcala, México.

Vargas, X. N.; González, L (2008). An evaluation of the Ayuujk students learning in the Xaam elementary school. *International Congress on Mathematical Education*. Monterrey, México. Disponible en <http://tsg.icme11.org/document/get/623>

Zárate, R. y Vargas, X. N. (2017). Elementos para el diseño de numbermath: Una aplicación web para auxiliar a estudiantes de primaria en contenidos de sentido numérico [resumen]. En *Congreso Iberoamericano De Educación Matemática, Libro de Resúmenes* (pp. 75), Madrid, España: Federación Española de Sociedades de Profesores de Matemáticas.

Interrogatorio- prediagnóstico
Una actividad para la aplicación y síntesis de propedéutica clínica
Alejandra de las Mercedes Morales Argáez⁷ y Alejandra Ibarra Morales⁸

Introducción

La enseñanza de las ciencias, desde el enfoque constructivista, propone una estrategia para secuenciar las actividades de aprendizaje/evaluación de una unidad didáctica para los estudiantes, llamado ciclo de aprendizaje, el cual divide el proceso en cuatro fases: exploración, introducción de ideas nuevas, estructuración y aplicación; en esta última se incluye la síntesis de los contenidos de la unidad (Jorba y Casellas, 1997). Sin embargo, en la práctica, debido a la amplitud de temas y el tiempo asignado, muchas veces el proceso concluye en la fase de estructuración del ciclo de aprendizaje, por lo que la fase de aplicación y síntesis resulta desatendida.

En este trabajo se presenta una actividad con las características requeridas en dicha fase, para la asignatura Propedéutica Clínica, que se imparte en la carrera de Optometría. Dicha actividad consiste en solicitarle al estudiante que diseñe un interrogatorio prediagnóstico, a fin de poder evaluar cómo utiliza, en el diseño mencionado, los conocimientos de múltiples asignaturas de la licenciatura, como son: refracción, óptica geométrica y óptica física, anatomía ocular, fisiología y bioquímica ocular, embriología, patología, y los que está aprendiendo en propedéutica clínica.

El análisis de los interrogatorios prediagnósticos se realizó con base en las habilidades que muestran los estudiantes en la selección de los datos más adecuados para generar un prediagnóstico. Además, mediante esta actividad se pretende encontrar ciertas anomalías en las que los alumnos pueden caer, como base para la planeación didáctica de próximos cursos.

Se realizó una investigación ex post facto (Sousa, V, Driessnack, M, Costa, I.A., 2007), en la cual se analizaron las propuestas de interrogatorio prediagnóstico hechas por los estudiantes, mediante el uso de redes sistémicas (Sanmartí, 1993).

Objetivos

El objetivo general de esta investigación, es observar las habilidades que muestran los alumnos en la planeación y creación de estrategias, al escoger los datos más adecuados para generar un prediagnóstico.

⁷ Centro Interdisciplinario de Ciencias de la Salud Unidad Santo Tomas- Instituto Politécnico Nacional

⁸ Escuela Superior de Física y Matemáticas - Instituto Politécnico Nacional

En particular se pretende encontrar las anomalías en las que los alumnos caen al diseñar un interrogatorio clínico, y analizarlas para mejorar próximos cursos.

Marco teórico

El marco teórico de esta investigación comienza con los elementos de las ciencias médicas que fundamentan la actividad didáctica cuyos resultados se analizan; así como los que se utilizaron para la categorización, en el proceso de análisis de las propuestas de interrogatorio prediagnóstico que elaboraron los estudiantes.

El expediente clínico (o historia clínica) de una persona, como la palabra lo indica, es el documento donde se recogen, en orden cronológico, todos los datos de la misma, relacionados con su estado de salud o enfermedad. Sin entrar en detalles, la historia clínica, sea cual fuere la situación clínica y el lugar donde se recoge (consultorio médico, domicilio, consulta externa, servicio de urgencias o sala de ingreso hospitalario) consta de dos componentes primarios: el interrogatorio y el examen físico.

El propósito de ambos es variable; pueden realizarse en respuesta a determinados síntomas que refiera un enfermo. El examen físico dependerá de si es de urgencia o si se dispone de tiempo suficiente para un examen más completo, o para detectar la existencia de enfermedades asintomáticas, como sucede en los exámenes médicos periódicos a trabajadores, estudiantes o grupos en riesgo. Debido a la variedad de lugares, situaciones clínicas o propósitos con que se realiza un examen físico, puede necesitarse modificación de su técnica, pero las bases orientadoras generales, imprescindibles y esenciales de las técnicas para su realización a un individuo supuestamente sano, no varían en el individuo enfermo, salvo en las técnicas especiales para el diagnóstico de los signos de enfermedad.

En la enseñanza de la medicina, de forma tradicional, cuesta trabajo entender que pueda enseñarse el examen físico sin haber aprendido previamente la realización de un interrogatorio. Esto se debe a que, si bien es cierto que para el diagnóstico clínico de enfermedad, el interrogatorio y el examen físico están indisolublemente unidos, y no se concibe uno en ausencia del otro; cuando el objetivo del aprendizaje no busca la elaboración del diagnóstico clínico del enfermo, sino el aprendizaje de habilidades técnicas que serán completadas y consolidadas posteriormente; el examen físico se puede ir aprendiendo sin la enseñanza previa de las técnicas de la entrevista médica y el interrogatorio.

Comunicación

La comunicación es la base de las relaciones entre las personas y los grupos humanos. Puede definirse como el proceso de interacción e intercambio de información entre los hombres, donde unos pretenden influir en las costumbres, las ideas y las actitudes de los otros. Es decir, que toda comunicación es, al mismo tiempo, una intención consciente o inconsciente, de modificar al otro. Por tal motivo,

influye decisivamente en la calidad de la atención médica y es el elemento más importante en la relación médico-paciente-familia-comunidad.

La comunicación puede ser directa (persona a persona) o indirecta (a través de los medios de comunicación como prensa escrita, radio, televisión y cine).

El que emite el mensaje es considerado la “fuente” (paciente), quien debe elaborar y transmitir la información, de forma que el “receptor” (médico) sea capaz de recibirlo y “descifrarlo”; es decir, comprenderlo y a su vez, actuar entonces como “fuente” para el paciente. Cuando esto sucede se dice que están en “sintonía”.

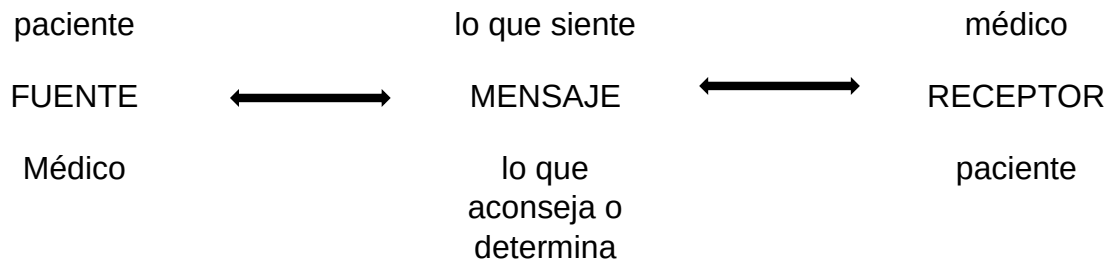


Diagrama 1. Comunicación médico-paciente.

Comunicación verbal

La comunicación verbal es la forma de comunicación humana por excelencia. El lenguaje es su sistema de señales, ya sea oral o escrito.

Las palabras encierran las cualidades esenciales de un fenómeno. Por ejemplo, la palabra “enfermo” (el concepto) no se refiere a ningún enfermo en particular, sino a las cualidades que debe tener un hombre para ser considerado como tal. Este es el significado de la palabra. La coincidencia de interpretar los significados en los mismos términos empleados por el emisor es la base de una buena comunicación.

Comunicación extraverbal

Esta forma de comunicación se establece a través del lenguaje extraverbal (primer sistema de señales, de Pavlov) y constituye la expresión o exteriorización, por la vía motora, de estados y reacciones, emocionales, sobre todo. Los gestos, expresiones de la cara, modales y movimientos en general, tienen también una función comunicativa. Una mirada nos puede denotar alegría (o miedo), fruncir el ceño puede significarnos extrañeza o desaprobación; un movimiento de la cabeza puede indicarnos asentimiento o negación.

Comunicación en la práctica médica

La entrevista es una de las dos técnicas de comunicación más utilizada en la práctica médica, y se ha dicho con mucho atino que si no se emplea, no ha

comenzado siquiera el acto médico. La técnica para una comunicación adecuada durante la entrevista médica individual, pudiéramos dividirla en cinco partes básicas:

- El encuentro.
- El interrogatorio.
- Durante el examen físico.
- Evaluación de la conducta a seguir.
- La despedida.

El encuentro

El encuentro siempre debe iniciarse con el saludo y la presentación. El saludo debe efectuarse estrechándole la mano a su interlocutor, mirándole a los ojos, transmitiendo la calidez de una sonrisa, y con el respeto y la cortesía acorde con la edad del sujeto.

A continuación, el estudiante que ve por primera vez a un paciente debe presentarse diciendo su nombre y cargo o funciones que realiza dentro del equipo de salud y pidiendo cortésmente el nombre de la persona, si no lo sabía anteriormente o si aún esta no lo hubiese dicho. A partir de entonces, siempre se dirigirá a ella por su nombre. En ocasiones, la persona tiene más de un nombre y acostumbra a que la llamen por uno de ellos, por el apellido o por un sobrenombre. Es conveniente preguntarle cómo prefiere o le gusta que la llamen, lo que ayuda a disminuir la tensión y a establecer una mayor empatía.

Seguidamente, se deberá informar el propósito del encuentro y el tiempo aproximado que tomará, lo que también ayuda a disipar ansiedades, dudas y hasta hostilidad; así podrá hacerse un uso más racional del tiempo disponible, sin divagaciones ajenas al propósito definido. El tiempo del encuentro debe hacerse previo consentimiento del sujeto.

Comunicación durante el examen físico

En esta etapa es preciso lograr la confianza del sujeto, y para ello se debe buscar su tranquilidad e infundirle confianza, explicándole previamente la inocuidad del examen, y que este ocasionará la menor molestia posible; así como cada paso siguiente de la exploración y la necesidad de su cooperación en lo que se le pida que haga; expresando, además, si siente o no molestia o dolor en la zona explorada, antes o durante la maniobra.

En la comunicación con el sujeto, se debe prestar mucha atención al lenguaje extraverbal, tanto del examinador como del examinado. La persona examinada puede brindar muchos elementos de su estado emocional a través del lenguaje extraverbal. Durante el examen físico, algunas veces un paciente puede decir que

no siente dolor, o que es mínimo, cuando su expresión extraverbal manifiesta lo contrario; y en ocasiones, un sujeto simulador o histérico expresa verbalmente dolores y molestias que no están acordes con su lenguaje extraverbal.

Por otro lado, el explorador debe ser también muy cuidadoso con su lenguaje extraverbal. Nunca debe hacer gestos que denoten impaciencia, fastidio, aburrimiento, prisa o que puedan interpretarse como burla.

La despedida

Una vez terminado el examen físico o la entrevista médica, el examinador debe agradecerle al examinado la cooperación prestada, expresarle la satisfacción de poder atenderlo, estrecharle nuevamente la mano, y acompañarlo hasta la salida.

Entre el encuentro y el examen físico se encuentra el interrogatorio o entrevista médico-paciente.

Entrevista médica

La entrevista médico-paciente constituye un modelo singular de comunicación humana, y sirve de marco a la interacción intelectual y afectiva comúnmente conocida como relación médico-paciente.

La entrevista médico-paciente considera aspectos formales y de contenido, a los cuales es necesario prestar atención. En todo momento el médico ha de ser acogedor, afectuoso, y respetuoso con el paciente. Nunca la relación humana debe supeditarse a lo puramente técnico. Desde el punto de vista formal, el médico debe proponerse alcanzar una óptima comunicación con el paciente, la cual favorezca no solo la confección de la historia clínica, sino los objetivos fundamentales de la atención médica, que son: preservar la salud del hombre sano, y recuperar y rehabilitar la salud del hombre enfermo.

La primera entrevista es de particular importancia. El paciente no conoce al médico y tiene determinadas expectativas, en función de su personalidad, nivel cultural y estado psicoemotivo. Cuando entra en la consulta, el médico ha de mirarle a la cara, saludarlo y sonreírle. Desde entonces, ha de llamarlo siempre por su nombre. Invitarlo a sentarse.

La entrevista se debe iniciar con una pregunta abierta, que dé lugar a un ininterrumpido relato acerca de los problemas de salud que determinaron acudir a la consulta. La pregunta puede ser del corte siguiente: ¿a qué debemos su visita?, o ¿cuál es el motivo de la consulta?, o ¿qué problema tiene usted? Es fundamental formular la pregunta en un tono amable y persuasivo. A continuación, el médico ha de saber guardar silencio, sin interrumpir al paciente en su relato; prestarle suma atención, sin mostrar impaciencia o aburrimiento. Una vez que termina, puede estimularlo o proseguir con otra pregunta genérica como ¿qué más?, la cual puede repetirse, si se estima que todavía existen datos importantes no referidos. Después procede a efectuar preguntas dirigidas, según los problemas referidos, y otras

preguntas de rigor para precisar los antecedentes personales y familiares del paciente. El médico debe mostrar especial interés por los aspectos preventivos, como inmunizaciones, hábitos nocivos de vida y hábitos higiénicos, pues esta actitud, por sí sola, constituye un importante factor educativo. Las preguntas se formulan de forma objetiva, imparcial, no tendenciosa, de manera que no induzcan o contaminen las respuestas. Debe utilizarse un lenguaje que resulte claro y comprensible al paciente. Debe fomentarse un clima de seguridad y discreción que propicie el análisis franco de cualquier problema de salud, incluyendo los de índole más íntima.

Historia clínica

La historia clínica sirve para realizar una ordenada recolección de síntomas, signos, datos de identidad y otros, que permiten al médico plantear un diagnóstico clínico, sindrómico y nosológico (prediagnóstico). Este prediagnóstico se afirma o niega con el análisis del resultado de investigaciones de gabinete (examen visual).

La asignatura Propedéutica Clínica tiene como objetivo fundamental, enseñar al alumno de medicina a confeccionar una buena historia clínica. Esta debería llamarse mejor expediente clínico, aunque el uso ha consagrado la primera denominación.

Anamnesis

La anamnesis recoge los acápites siguientes:

1. Datos de identidad personal.
2. Motivo de consulta.
3. Refracción del paciente.
4. Patologías oculares del paciente.
5. Salud general del paciente.
6. Antecedentes refractivos familiares.
7. Antecedentes de patologías oculares familiares.
8. Antecedentes de salud general de familiares.

Los datos de identidad personal incluyen: fecha, edad, sexo, dirección, teléfono, celular, correo electrónico, ocupación, pasatiempos y riesgos. La fecha es indispensable para saber cuándo se presenta por primera vez, así como para las consultas subsecuentes, ya que permite dar seguimiento a los respectivos tratamientos. La edad y el sexo tienen importancia en relación con la aparición preferencial de muchas enfermedades.

La dirección puede resultar un dato valioso para el diagnóstico de trastornos relacionados con las condiciones higiénico-epidemiológicas ambientales. Ésta, junto con el teléfono, el celular, y el correo electrónico; son un medio importante para poder dar seguimiento a algunos tratamientos, aclaración de dudas y programación de nuevas consultas. La ocupación es trascendente en la pesquisa

del riesgo o enfermedad laboral. En tal sentido es necesario consignar el tipo de trabajo que realiza el paciente y las condiciones de trabajo de su centro.

Los pasatiempos deben ser considerados, ya que pueden ser un riesgo para la salud visual, así como la necesidad de ciertas condiciones para realizarlas. Los riesgos son un indicador vinculado con frecuencia a determinadas enfermedades facilitadas por la ignorancia y la incultura.

Motivo de consulta.

Debe expresar la principal motivación que lleva al paciente a solicitar atención médica, y cuando no es así, en casos en que la iniciativa parta del policlínico, las razones médicas que la determinan. También puede tratarse de personas sanas, en quienes se realiza un “control de salud visual” con fines fundamentalmente preventivos y educativos como: embarazadas, recién nacidos, lactantes, preescolares y escolares, adolescentes, ancianos, trabajadores con riesgo laboral y otros.

Refracción del paciente.

Deben recoger en forma breve y concisa los rasgos fundamentales del problema refractivo del paciente: ¿cuándo inició su problema visual?, ¿cuándo fue su primer examen visual?, ¿por qué acudió a la misma?, ¿cómo ve de lejos?, ¿cómo ve de cerca?, ¿problemas en la lectura?, ¿se brinca los renglones cuando está leyendo? ¿entiende la lectura inmediatamente?, ¿presenta problemas de enfoque al cambio de distancias? También es importante el tiempo de evolución, ¿ha usado lentes?, ¿desde cuándo?, ¿cuándo fue el último cambio de graduación?

Patologías oculares del paciente.

Debe recoger en forma breve y concisa los rasgos fundamentales del problema de salud ocular (patologías) que presenta o ha presentado el paciente. Dentro de este rubro se deben cubrir: infecciones; traumatismos; enfermedades oculares; cirugías, evolución de las mismas, y tratamientos que ha llevado a cabo.

Salud general del paciente.

Permite identificar los principales factores de riesgo de enfermedades ocasionales (gripe) y crónicas transmisibles: diabetes, hipertensión, asma; no transmisibles: hábito de fumar, sedentarismo, hábitos dietéticos y tensión emocional; así como síndromes: Down, Marfan, etc. Es importante considerar los tratamientos recibidos, así como la evolución de los mismos.

En rigor, no siempre se trata de una enfermedad. Como hemos señalado, una persona sana puede ser atendida para controlar riesgos de enfermedad, mediante acciones de promoción de salud y protección específica. La simple pesquisa resulta aleccionadora para el paciente, y sirve de base para emprender ulteriores acciones

educativas tendientes a modificar esos hábitos nocivos, tanto en sanos (promoción de salud) como en sujetos afectos (rehabilitación).

Antecedentes refractivos y de patologías oculares familiares.

Los antecedentes refractivos resultan trascendentes en la pesquisa de problemas refractivos (miopía, hipermetropía, astigmatismo y presbicia); y los antecedentes de patologías oculares, en la pesquisa de enfermedades hereditarias (como catarata congénita, retinitis pigmentaria, miopía progresiva, queratocono, acromatopsias)

Antecedentes de salud general de familiares.

Resultan trascendentes en la pesquisa de enfermedades hereditarias (como el asma bronquial, la diabetes mellitus, la hipertensión, la anemia drepanocítica), enfermedades transmisibles (como la tuberculosis pulmonar, la lepra, la hepatitis infecciosa) y en trastornos de base sanitariocultural (como el parasitismo, los trastornos nutricionales por defecto y por exceso).

La realización del examen físico es consustancial a la entrevista. Cuando el médico dispone de los datos requeridos, arriba a las conclusiones diagnósticas y traza un plan terapéutico. Posteriormente indica exámenes complementarios, si son necesarios.

Aprendizaje significativo

Debido a que esta investigación se realiza con fines educativos, se incluyen en el marco teórico los elementos fundamentales de la Didáctica que se utilizaron, tanto en el diseño de la actividad didáctica que se realizó para la clase, como los que permitieron el proceso de investigación, a partir de los resultados de la acción docente.

Un concepto importante en las teorías de psicología constructivista, es el aprendizaje significativo, propuesto por David Ausubel, quien hizo **énfasis en elaborar la enseñanza a partir de los conocimientos que tiene el alumno**. De acuerdo con este concepto, el primer paso es averiguar lo que sabe el estudiante para así conocer la lógica que hay detrás de su pensamiento y actuar en consecuencia (Ausubel, 1963). Para Ausubel la enseñanza es un proceso por el cual **se el estudiante sigue aprendiendo a partir del conocimiento que ya tiene**. La educación es algo más que una transmisión de datos unilateral. El conocimiento verdadero sólo puede nacer cuando los nuevos contenidos tienen un significado a la luz de los conocimientos que ya se tienen, es decir que los nuevos aprendizajes se deben conectar con los anteriores.

Las fases del aprendizaje

Al diseñar una unidad didáctica, además de comenzar identificando los conocimientos que ya tiene el alumno, se requiere plantear actividades de aprendizaje paulatinamente más complejas y abstractas, para trabajar

continuamente en la zona de desarrollo próximo y como consecuencia, propiciar la ampliación paulatina de la misma (Vigotsky, 2008).

Para definir el orden en que se presentan las actividades en una secuencia didáctica, encontramos la propuesta de Jorba y Casellas (1997), en la cual se presenta una estrategia para elaborar secuencias didácticas, con los criterios de avance, basadas en la complejidad y abstracción, llamada ciclo de aprendizaje. Dicho ciclo se divide en cuatro fases: exploración, nuevas ideas, estructuración y aplicación. Estas fases tienen diferentes objetivos tal y como describe el diagrama de la figura 1.

Este trabajo se centra en una actividad propuesta para la fase de aplicación, por lo que se describirá más explícitamente.

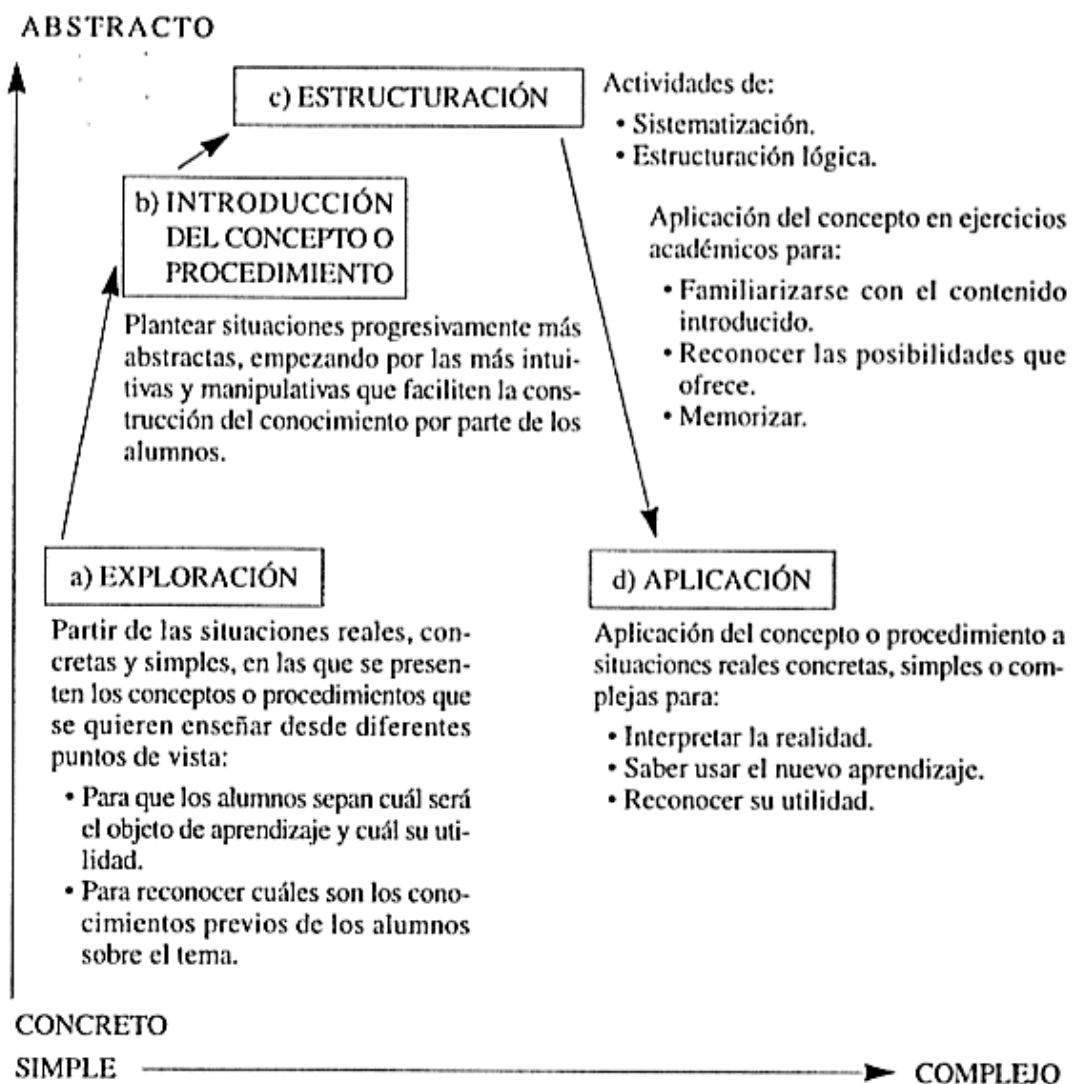


Figura 1. Fases del ciclo de aprendizaje y sus características (Jorba y Casellas, 1997).

Fase de aplicación

Se considera que, para conseguir que el aprendizaje sea significativo, se deben presentar actividades que permitan a los estudiantes poner en práctica y aplicar los conocimientos y herramientas aprendidas en la unidad de aprendizaje. Esta etapa también permite que el estudiante compare su punto de vista con el inicial para reconocer su progreso.

Uno de los problemas más importantes que tiene que afrontar el profesorado en su tarea docente es el hecho de que los alumnos tienen dificultades en hacer la transposición de los aprendizajes adquiridos a partir de manipulaciones y experiencias con ejemplos concretos. La búsqueda de anclajes en la estructura cognitiva de los estudiantes, que faciliten la transposición, es uno de los campos más importantes de la investigación didáctica; y el reto que se debe afrontar para encontrar respuesta al problema de la gran cantidad de contenidos que se pretende que los alumnos aprendan en las etapas de la escuela obligatoria (Jorba y Casellas, 1997).

En general, todos los modelos didácticos constructivistas insisten en considerar que, sin esta fase, es muy difícil que los estudiantes realicen un aprendizaje significativo; por ello es necesario que tengan la oportunidad de considerar los nuevos aprendizajes en toda una gama de situaciones, o a través de una serie variada de ejemplos, los cuales los acerquen a la vida profesional. Estas situaciones deberían ser progresivamente más complejas y relacionadas con situaciones cada vez más distantes de lo cotidiano.

DESARROLLO

Se solicitó a los alumnos que, como trabajo final para la asignatura de “Propedéutica Clínica”, diseñaran su propio interrogatorio. A continuación, se presentan las redes sistémicas de las diferentes partes del interrogatorio.

En la red sistémica presentada en la figura 2, se encuentran las categorías de “Referencial”; “Identificación del paciente”; “Datos de contacto” y “Actividades del paciente”. Estas son las partes básicas del aspecto de Datos generales.

Para la primera categoría que es el “Referencial”, únicamente tenemos la etiqueta de fecha, en donde sólo 16 alumnos la solicitaron en su interrogatorio. Este dato es básico, ya que permite saber cuándo inicia su tratamiento el paciente, así como su evolución.

En la siguiente categoría “Identificación del paciente”, se tienen tres etiquetas el nombre, que todos los alumnos incluyeron; la edad, que también fue incluida por todos; y finalmente, el sexo del paciente, dada por 15 alumnos. Las dos primeras etiquetas son datos fundamentales para saber cómo dirigirnos al paciente, mientras que la segunda y tercera etiquetas nos refiere a posibles motivos de consulta.

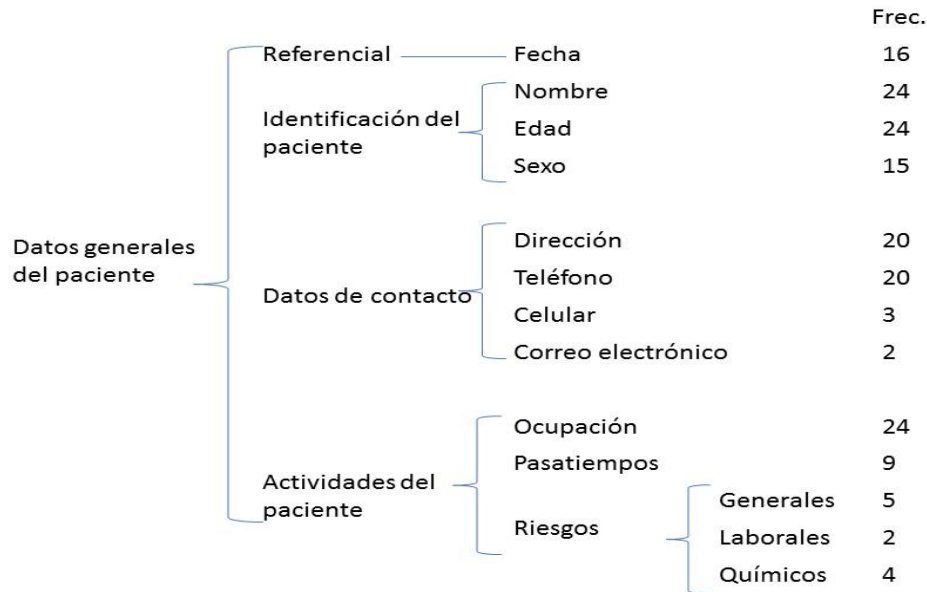


Figura 2. Red sistémica Datos generales del paciente.

Para la categoría de “Datos de contacto”: la dirección, el teléfono, el celular, y el correo electrónico. Estos datos son importantes para mantener una comunicación constante con el paciente, permite dar seguimiento a sus respectivos tratamientos, aclarar dudas sobre la aplicación de los mismos, así como la programación para la siguiente consulta. Es relevante observar que varios estudiantes no tomaron datos para poder contactar a su paciente; sólo 20 alumnos tomaron dirección y teléfono; 3 celular; y 2 correo electrónico, este último podría tener un bajo índice de presencia, debido a que es una categoría relativamente nueva, sin embargo, el creciente uso de comunicaciones digitales lo vuelve necesario.

La categoría final, “Actividades del paciente”, con etiquetas: ocupación, pasatiempos y riesgos, permite saber las necesidades visuales del paciente, en sus actividades cotidianas. Todos los alumnos tomaron en cuenta la ocupación, sin embargo, sólo 9 tuvieron presente los pasatiempos del paciente. Esto conllevó a que tan sólo 11 tomaran en cuenta los riesgos que implican sus actividades cotidianas en relación con su salud visual. Al mismo tiempo se puede observar que los riesgos sólo tomaron en cuenta tres rubros: generales, laborales y químicos; se ignoró el análisis de la ocupación, pasatiempos y riesgos que presenta cada paciente.

Para la red sistémica de “Motivos de consulta” (figura 3), tenemos por categorías: “Motivo de consulta”; “Síntomas” y “Evaluación Temporal”.

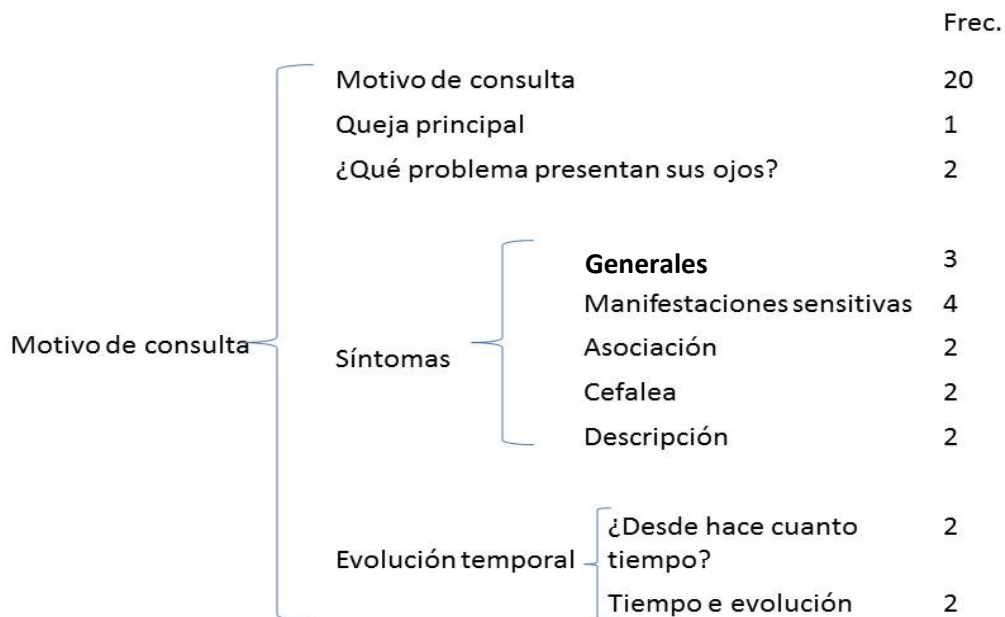


Figura 3. Red sistémica, Motivos de consulta.

Para la categoría que es “Motivo de consulta” (figura 3) tenemos las etiquetas de motivo de consulta, queja principal y ¿qué problema presentan sus ojos?, en donde 21 de los alumnos inician de manera correcta la anamnesis al preguntar el motivo de consulta o bien cuál es la queja principal por la que el paciente se presenta a consulta.

Sin embargo, cuando dos alumnos preguntan ¿qué problemas presentan sus ojos? no permite al paciente manifestar toda su problemática, ya que le hace saber que sólo puede proporcionar información específica a este órgano.

Es preocupante observar que un alumno no dio importancia a las necesidades del paciente y por lo tanto le faltarán bases para saber cómo debe actuar ante el mismo.

En la segunda categoría “Síntomas”, se tienen cinco etiquetas: “Síntomas generales”, en la que sólo tres alumnos preguntaron; “Manifestaciones sensitivas”, cuatro alumnos solicitaron que les especificaran su sintomatología, pidiendo que señalaran la región anatómica donde se llevaba a cabo; en “Asociación”, 2 alumnos preguntaron si podían asociar su sintomatología con algún evento más (lectura, cantidad de luz, tipo de luz artificial o solar); “Cefalea”, dos alumnos preguntaron si su sintomatología era la cefalea, pregunta importante para la relación de problemas visuales, siempre y cuando se especifique la zona exacta donde se manifiesta; y “Descripción”, dos alumnos solicitaron la descripción de su sintomatología (dolor, luces, etc.). Es importante conocer la sintomatología del paciente, ya que refuerza el motivo de consulta y al mismo tiempo nos da información si el problema es visual o es repercusión de una enfermedad sistémica.

En la categoría “Evolución temporal”, implica desde cuándo inicia la sintomatología, así como si se mantiene igual desde su primera manifestación, o ha aumentado o disminuido con el tiempo; y se presenta bajo las etiquetas “¿Desde hace cuánto tiempo?” y “Tiempo de evolución”; las cuales fueron realizadas por sólo dos alumnos cada una.

En la figura 4 se tiene la red para el aspecto “Refracción del paciente”, donde se observan las categorías de “Antecedentes refractivos”; “Síntomas” y “No preguntó nada”.

Antecedentes refractivos, que es nuestra primera categoría, tenemos las etiquetas: ¿ha utilizado lentes?; primera consulta; última graduación e historia visual, en donde sólo 20 alumnos de 24 la solicitaron en el interrogatorio, bajo estas diferentes etiquetas. Esta información es básica, ya que permite saber cuándo inicia el problema visual del paciente, cuál es la evolución del mismo, si ha recibido algún tipo de tratamiento, y si el mismo ha sido corregido con lentes o con lentes de contacto, así como poder formar un primer prediagnóstico (miopía, hipermetropía, astigmatismo, y/o presbicia).

La siguiente categoría “Síntomas” está dividida en dos etiquetas: “*principales*” y “*secundarios*”; las cuales fueron solicitadas para identificar si el problema es sólo visual o viene acompañado de problemas de visión binocular, percepción o habilidades visuales; lo que permite empezar a vislumbrar un segundo prediagnóstico.



Figura 4. Red sistémica para Refracción del paciente.

En la red sistémica presentada en la figura 5, se encuentran las categorías de “Padecimientos”; “Intervenciones”; “Síntomas” e “Historia ocular”. Es importante conocer las patologías oculares que padece o ha padecido el paciente, ya que el no conocer este dato puede dar un falso positivo en la refracción del paciente.



Figura 5. Red sistémica de Patologías oculares.

Para la primera categoría que es “Padecimientos”, se tienen las siguientes etiquetas: infecciones; traumatismos, y enfermedades oculares; donde 18 alumnos de 24 la solicitaron. Como se dijo anteriormente es importante conocer los padecimientos del paciente, pero debe hacerse de forma específica, ya que los efectos oculares son diferentes de acuerdo con su origen.

En la siguiente categoría “Intervenciones”, tenemos dos etiquetas el tratamiento de infecciones, condición que tres alumnos incluyeron; las que sirven para conocer qué tratamientos ha recibido el paciente y qué influencia han tenido sobre la salud visual. Es importante saber el tratamiento llevado a cabo, ya que está intrínsecamente relacionado con la frecuencia con que se presenta. Se debe tomar en cuenta si el paciente se auto medicó o si lleva a cabo las instrucciones dadas por el especialista. También es importante tomar en cuenta el periodo en que el paciente ha usado ciertos medicamentos, ya que estos pueden influir en su calidad visual tanto de forma temporal como permanente. La frecuencia también nos puede estar hablando de un padecimiento sistémico y que lo observado a nivel ocular sólo sean las secuelas del mismo.

Para la tercera categoría: “Cirugías oculares”: 11 alumnos preguntaron si alguna vez han tenido una cirugía oftálmica. Hoy día son muy comunes las cirugías refractivas, las cuales dependiendo de la técnica utilizada para “no usar lentes”, va

a ocasionar diferentes tipos de problemáticas. Así mismo, a las personas operadas de catarata se les corrige con un lente intraocular (LIO), lo que si no lleva una buena recuperación crea muchos problemas visuales.

Para la categoría de “Síntomas”, se presentaron dos etiquetas: ardor y molestias en general. Cuatro alumnos preguntan como síntoma principal si hay ardor y cuatro alumnos preguntan molestias generales.

Ambas preguntas están en lo correcto, sin embargo, deja fuera mucha sintomatologías que nos puede estar dando información sobre lo que está ocurriendo a nivel ocular y que puede llevar al alumno a no profundizar y no poder llegar a crear una relación entre lo que siente el paciente y su problemática.

En la categoría final: “Historia ocular”, 11 alumnos solicitan la historia ocular del paciente. Al ser una expresión ambigua, sobre todo para los pacientes nuevos o que no tienen instrucción médica biológica, por lo que se empiezan a mezclar problemas visuales y patológicos, pudiendo llevar al alumno inexperto a no lograr el objetivo de tener información valiosa para ayudar el paciente.

En la red sistémica presentada en la figura 6, se encuentran las categorías de “Alergias”; “Lugar y fecha de última visita al médico”; “Padecimientos específicos”; “Síndromes”; “Medicamentos” e “Historial médico”. Tener conocimiento de la salud general del paciente, así como de los tratamientos recibidos y las probables alergias, orientan a saber si la enfermedad sistémica que pudiera padecer tiene repercusiones en la salud visual y ocular, que se vean reflejadas en su refracción.

Para la primera categoría que es “Alergias”, únicamente 10 alumnos de 24 la solicitaron. Este dato es básico de tener en cuenta, ya que previene un posible choque anafiláctico al momento de aplicar sustancias de diagnóstico (fluoresceína) o de recetar un medicamento.

En la siguiente categoría “Lugar y fecha de última visita al médico”, dos alumnos consideran importante el lugar y la fecha de su última visita al médico por parte del paciente. Es importante saber cuándo fue el último chequeo que se tuvo con el médico general y qué diagnósticos le fueron dados; si hubo necesidad de realizar estudios (glucosa, colesterol, triglicéridos), o le hicieron pruebas de gabinete (toma de presión arterial). En cuanto al lugar, es importante cuando se sospecha que el paciente no tiene acceso a un médico con el material mínimo indispensable (serranías).

La categoría de “Padecimientos específicos”, está conformada por tres etiquetas “Comunes”, “Inusuales” y “Otros”. La etiqueta Comunes presenta tres sub-etiquetas: diabetes, hipertensión e hipertiroidismo. Cinco alumnos se enfocaron en preguntar sobre los niveles de glucosa que presenta el paciente, otros cinco consideran importante conocer cómo se encuentra la tensión arterial del paciente,

y tres alumnos indagan sobre un posible hipertiroidismo que pudiese presentar el paciente.

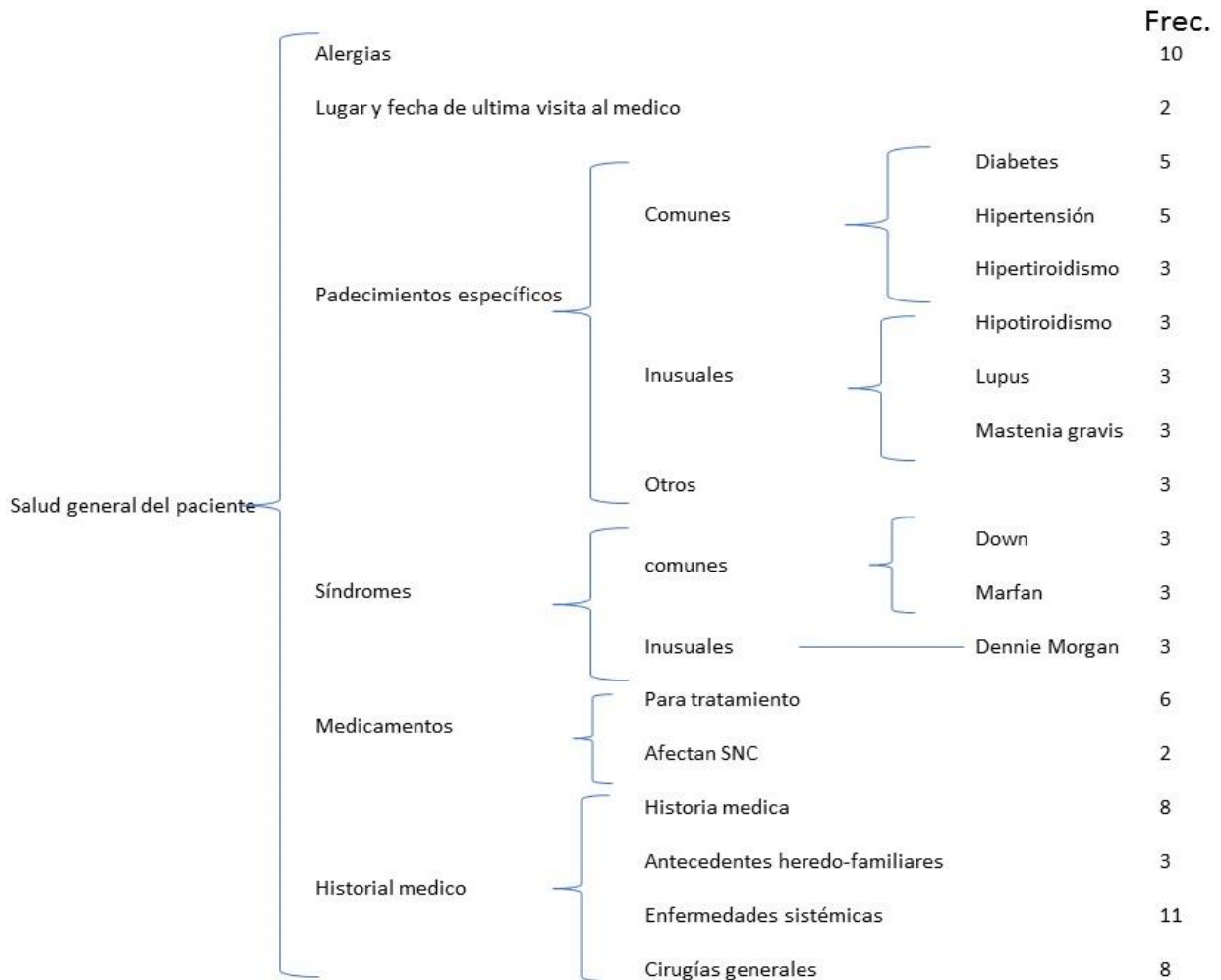


Figura 6. Red sistémica Salud general del paciente

Es importante conocer estos tres padecimientos, ya que su manifestación es la disminución de la agudeza visual, sin embargo, lo que realmente está ocurriendo es una degeneración a nivel de retina que puede provocar una ceguera irreversible, por lo que se debe estar atento, ya que se debe trabajar de manera interdisciplinaria con el médico oftalmólogo, el médico general, e incluso con el médico internista.

La etiqueta “Inusuales” está conformada por tres sub-etiquetas: hipotiroidismo, lupus, miastenia gravis. De las cuales tres alumnos preguntan sobre hipotiroidismo, tres más sobre lupus, y tres sobre miastenia gravis. Aunque las tres enfermedades sistémicas anteriores tienen repercusiones en la salud visual, su prevalencia en la

población es pequeña, por lo que difícilmente se tendrá un paciente con estas condiciones.

De la etiqueta “Otros”, sólo tres alumnos preguntan por otro tipo de patología sistémica que presente el paciente, sin embargo, al ser ambigua la pregunta, no es fácil de contestar.

De la siguiente categoría denominada “Síndromes”, se desprenden dos etiquetas: comunes e inusuales. De la etiqueta “comunes”, tres alumnos toman en cuenta el síndrome de Down y tres el síndrome de Marfan. Estos síndromes presentan problemas refractivos muy altos, por lo que es común que se presente este tipo de pacientes a consulta. Respecto a la etiqueta “inusuales”, tres alumnos se enfocan en el síndrome Dennie Morgan. Este síndrome no causa problemas visuales y se presenta en el recién nacido, con la característica de un doble pliegue en el párpado inferior, que indica diferentes tipos de alergias. Debido a la edad en que lo presentan los pacientes, es el médico pediatra el que hace el diagnóstico y la debida canalización.

En la categoría “Medicamentos”, se encuentran dos etiquetas: “Para tratamiento” y “Afecta el sistema nervioso central” (SNC). En la etiqueta “Para tratamiento”, seis alumnos preguntan qué tratamiento han recibido para su enfermedad o problema sistémico. Esta información es vital ya que se debe saber si el tratamiento sistémico está teniendo los resultados previstos y realmente tiene un problema refractivo, o si el tratamiento no causa los efectos esperados y crea un “problema visual” que realmente es sólo repercusión de la alteración sistémica. Respecto a la etiqueta “Afecta al Sistema Nervioso Central” (SNC), dos alumnos indagan sobre si el paciente utiliza medicamentos que lo afecten. Este tipo de medicamentos crea una visión borrosa, blefaroconjuntivitis y ojo rojo, entre otras; debido a que el ojo es una proyección directa del cerebro; sin embargo, esta pregunta debe estar relacionada directamente cuando se sospecha de problemas que afecten al SNC y debe realizarse con mucho tacto, ya que el paciente se puede sentir agredido.

La categoría final: “Historial Médico”, con etiquetas: “Historia médica”, “Antecedentes heredofamiliares”, “Enfermedades sistémicas” y “Cirugías generales”. De la etiqueta Historia médica, ocho alumnos engloban bajo este título todos los problemas de enfermedades sistémicas, sin embargo, por la falta de experiencia, se presenta un desorden, combinando diferentes síntomas y tratamientos en los pacientes con dos o más enfermedades en curso. Para la etiqueta “Antecedentes heredofamiliares”, tres alumnos los indagan. Como anteriormente se había dicho, es importante saber enfermedades a las que regularmente se es propenso por herencia, como: diabetes, hipertensión, etc.; pero muchas veces el paciente no comprende la terminología al preguntar si se presentan enfermedades heredofamiliares, de manera directa. De acuerdo con la etiqueta Enfermedades sistémicas, once alumnos exploran sobre ellas. Como en el rubro anterior, muchas veces el paciente no comprende la terminología al preguntar

si se presentan enfermedades sistémicas, lo que deja sin información muy valiosa al optometrista, pudiendo dar un tratamiento sesgado. Para la última etiqueta, denominada “Cirugías generales”, ocho alumnos muestran interés por saber si un paciente ha tenido algún tipo de cirugía, diferente al ocular. Esto es importante, ya que algunas cirugías tienen repercusión directa sobre el sistema visual, sin embargo, es importante conocer cuándo fue la cirugía, ya que, por lo general, después de cierto tiempo, estas dejan de afectar la visión.

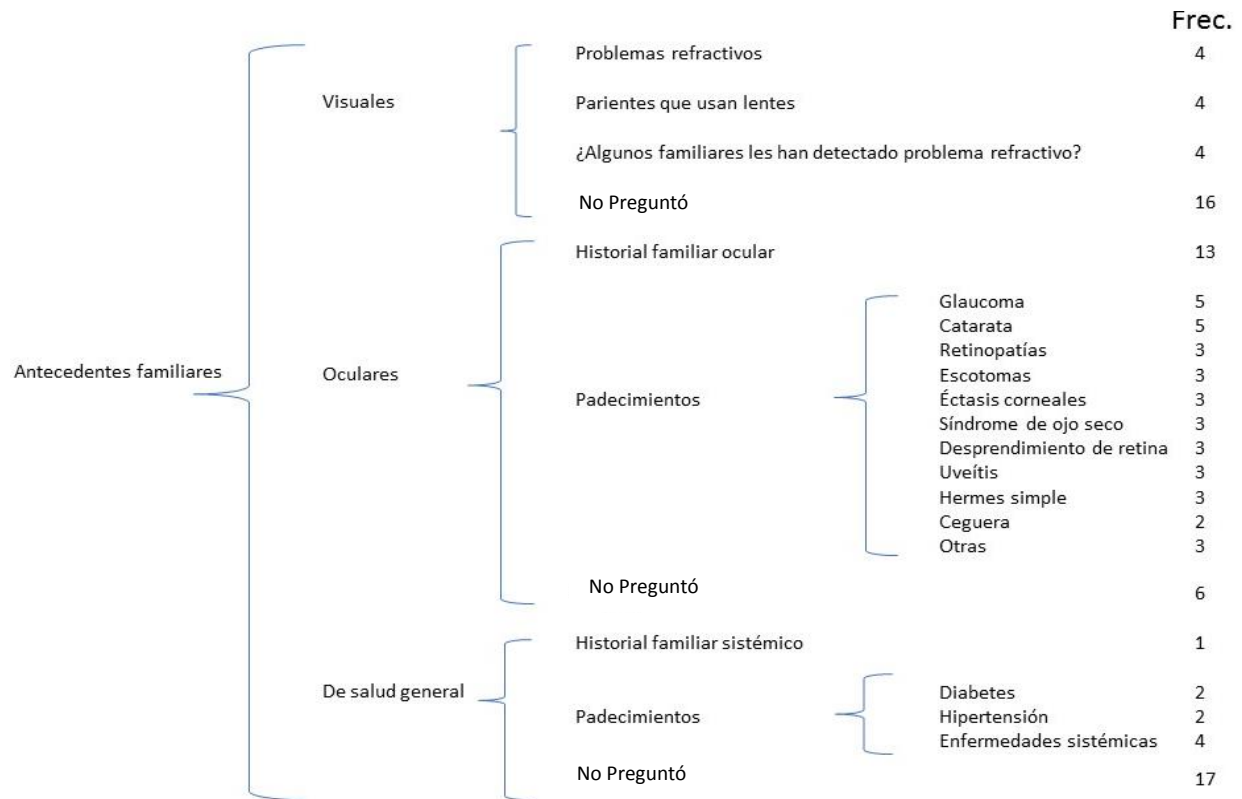


Figura 7. Red sistémica Antecedentes familiares.

En la red sistémica de Antecedentes familiares (figura 7), con categorías: “Visuales”, “Oculares” y “De salud general”; se tiene que, en la categoría “Visuales”, se tienen las etiquetas: “Problemas refractivos”; “Parientes que es usan lentes”; “¿A algunos familiares les han detectado problemas refractivos?” y “No preguntó”. Para cada una de las etiquetas, incluyeron preguntas: dos, dos y cuatro alumnos, respectivamente. Es importante la aclaración acerca de a qué familiares se refiere la interrogante, ya que, si no son parientes consanguíneos, la información no es relevante; es importante aclarar también a qué se refiere con problemas refractivos.

En la categoría “Oculares”, se tienen tres etiquetas: “Historial familiar ocular”; “Padecimientos” y “No preguntó”: se observó que sólo 18 alumnos incluyeron preguntas relacionadas con las etiquetas: “Historial familiar ocular” y “Padecimientos”. Es indispensable saber los antecedentes patológicos oculares de los familiares directos del paciente, ya que muchos son propicios de ser heredables como el glaucoma, la retinitis pigmentaria, y la acromatopsia (por ejemplo, el daltonismo), entre otros

Para la categoría final, “De la salud general”, la conforman las etiquetas: “Historial familiar sistémico”, “Padecimientos” y “No preguntó”. En el caso de la etiqueta “Historial familiar sistémico, un alumno realizó esta pregunta. Dada su poca experiencia, el hacer la pregunta de manera general puede suceder que no consiga toda la información que se requiere, ya que implica riesgos tanto en la salud general como en la salud visual del paciente. Para la etiqueta “Padecimientos”, seis alumnos preguntaron sobre la salud general de los familiares directos del paciente de forma desglosada:

Diabetes dos alumnos

Hipertensión dos alumnos

Enfermedades sistémicas cuatro alumnos

Las dos primeras son sumamente importantes, debido a la prevalencia de estas en la salud de la población de los habitantes de México y su influencia en la salud ocular y visual del paciente, por factores hereditarios.

Conclusiones

Se realizó una actividad en la clase de Propedéutica Clínica, en la Licenciatura en Optometría, la cual consistió en que el estudiante realizase su propia propuesta de interrogatorio para un examen Optométrico.

Encontramos que los estudiantes tienen problemas para la elección de información que requieren del paciente, esto se observa al analizar su propuesta de toma de datos, en la cual se omiten datos básicos, como la fecha, lo cual no permite realizar un adecuado seguimiento del caso. La falta de datos como edad o sexo, impide realizar un prediagnóstico diferencial acotado; o el no preguntar la ocupación y pasatiempos del paciente, lo cual les permitirá evaluar riesgos en su salud visual.

Por otra parte, encontramos que se toman datos que no son necesarios para el interrogatorio básico, por ejemplo, el preguntar síndromes de baja prevalencia en la población como fue: el síndrome de Dennie Morgan.

Resulta relevante mencionar que los estudiantes muestran dar mayor peso, en la consulta, a la patología sobre los aspectos refractivos, lo cual denota problemas de autoevaluación, al no poder distinguir que el propósito principal de un optometrista es la corrección de problemas refractivos.

Se recomienda para futuros cursos crear un manual de Propedéutica Clínica específica para el área optométrica, ya que se carece de libros para esta Licenciatura, con la finalidad de dar una guía al estudiante que le permita poder llegar a un prediagnóstico.

Referencias

- Ausubel, D., Novak, J. y Hanesian, H. (1988) Función y alcances de la psicología educativa. México: Trillas, p.34.
- Douglas, G., Nicol, F., & Robertson, C. (2009) Clinical examination. USA: Churchill Livingstone.
- Geardi, Kennedy, (2009) Toma de decisiones clínicas en medicina de urgencias y emergencias, Irlanda.
- Jinich, H. (2009) Síntomas y signos cardinales de las enfermedades. México: el manual moderno.
- Jorba, J. Y Casellas, E. (1997) La regulación y la autorregulación de los aprendizajes. España: Síntesis.
- Llanio, P. (2003) propedéutica clínica y semiología médica. La Habana, Cuba: Ciencias Médicas.
- Saidel, H. (2011) manual Mosby de exploración física. España: Elsevier.
- Sanmartí, Neus. (1993). Las redes sistémicas: construcción y aplicaciones. Documento de trabajo. Departamento de didáctica CCEE. Universidad Autónoma de Barcelona, España.
- Sousa, V; Driessnack, M.; Costa, I. Diseños de investigación cuantitativa. En: Revisión de diseños de investigación resaltantes para enfermería. Parte 1: Rev Latino-am Enfermagem, 2007, maio-junho; 15(3). Obtenida en Noviembre de 2017 de: http://www.scielo.br/pdf/rlae/v15n3/es_v15n3a22.pdf
- Valtueña, P. & Noguer-Balcells, J. (2011). Exploración clínica. España: Elsevier.
- Vygotsky, L. S. (2008). Pensamiento y lenguaje, (Teoría del desarrollo cultural de las funciones psíquicas), México: Quinto sol; pp.123-124.

Test de Orientación vocacional para estudiantes de Licenciatura en Física y Matemáticas en las especialidades de: Matemáticas y Matemática Educativa

Laura Madariaga Rivera⁹, Ríos Jarquín Diana Wendolyne¹⁰

Introducción

El presente proyecto de investigación radica principalmente en dar a conocer una problemática dentro de las escuelas de ciencias, y más aún, dentro de las que imparten las licenciaturas en Matemáticas. Se puede observar una falta de orientación vocacional, aunada a un decreciente interés hacia especialidades tal como la Matemática Educativa, en la población escolar.

Con el fin de atender dicho problema se elaboró un instrumento denominado “Test de orientación vocacional para estudiantes de Física y Matemáticas”, que sirva como guía para que los estudiantes de nivel superior aprendan a reconocer sus habilidades, aptitudes, actitudes e intereses, como base en la elección de una opción de las que ofrece su carrera. Se eligió la Escuela Superior de Física y Matemáticas (ESFM) del Instituto Politécnico Nacional, ya que una de las opciones que ofrece para la licenciatura, es la de Matemática Educativa.

El proceso metodológico del proyecto se realizó en cuatro fases: la primera, fue una indagación acerca de los perfiles disciplinares en áreas de afines a la física y la matemática, a partir de la cual se obtuvo una caracterización de perfiles de las áreas de: matemática pura, matemática aplicada y matemática educativa. Se analizaron perfiles de ingreso de universidades en Latinoamérica. Posteriormente la indagación se enfocó en las carreras o especialidades de Física, Matemáticas y Ciencias de la Educación, concluyendo así con una caracterización del perfil de ingreso por carrera o bien, por opción.

En la segunda fase, una vez clasificados cada uno de los rasgos del perfil de ingreso para cada especialidad, se inició la búsqueda bibliográfica para redactar cada una de las preguntas del instrumento. Dichas preguntas tienen la finalidad de evaluar las características del estudiante que corresponden a los perfiles de ingreso de las opciones mencionadas antes. Posteriormente, en la tercera fase del proyecto se procede al proceso de validación, que fue llevada a cabo por académicos expertos de las diferentes opciones de la propia institución.

Con base en la recopilación de datos y el análisis de los resultados de la validación, se diseñó un perfil que caracteriza los rasgos de un(a) estudiante de Matemática Educativa, para los alumnos de la Licenciatura en Física y Matemáticas.

⁹ Escuela Superior de Física y Matemáticas

¹⁰ Escuela Superior de Física y Matemáticas

Objetivo

Elaborar un instrumento que sirva como guía para que los estudiantes de nivel superior de la ESFM aprendan a reconocer sus habilidades, aptitudes, actitudes e intereses para la elección de una carrera profesional, o una opción de la misma.

Marco teórico

En la actualidad el sector educativo de nuestro país se encuentra sumergido en una gran cantidad de problemas políticos, económicos y socioculturales. Esto orienta la atención hacia el conocimiento de la génesis del Sistema Educativo de Nivel Superior. Entre ellos se consideró la fundación de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), cuyo fin principal es la divulgación de la ciencia y la cultura en el País. En la década de 1930 se fundó la institución llamada Instituto Politécnico Nacional (IPN), cuyo origen tuvo como objetivo principal dar respuesta a las necesidades del sector productivo del país, es decir, a la demanda laboral certificada y de prestigio de dicho sector, elevando así el nivel académico mexicano y creando tecnología pertinente para las necesidades del país.

Sin embargo con el paso del tiempo las necesidades del país han cambiado, y actualmente el sistema educativo nacional se encuentra en crisis, lo cual puede verse reflejado en los movimientos magisteriales (como el de Oaxaca y Chiapas), el fracaso escolar y la desvalorización de la docencia. Asimismo podemos hacer mención acerca de problemáticas más particulares tales como: la falta de orientación vocacional (Limon, Manzo, s.f.), la violencia presente en las escuelas, la discriminación, la exclusión en los ambientes escolares y la corrupción en el ámbito educativo (Bernhard, 1999).

Ante este conjunto de problemáticas, al hacer una introspección sobre las que acontecen en la Escuela Superior de Física y Matemáticas del IPN, resultó ser que una de las más importantes es la deserción escolar, pues actualmente el índice de eficiencia terminal en la Licenciatura en Física y Matemáticas es sumamente bajo (Pérez, 1992), así como la matrícula en la opción de Matemática Educativa.

Los resultados se presentan como un perfil de ingreso para la opción de Matemática Educativa en la Licenciatura en Física y Matemáticas, producto de la indagación acerca de los perfiles disciplinares del área de Didáctica y Matemáticas en diferentes instituciones de nivel superior tales como: ESFM, Universidad de Monterrey, ETAC, ITESO, UNAM, entre otras; y como una alternativa de propuesta que sirva como herramienta de orientación vocacional dentro de la misma institución.

Desarrollo

En primer lugar se presenta una caracterización de perfiles de las áreas de: matemática pura, matemática aplicada y matemática educativa, ya que para

elaborar un cuestionario de orientación vocacional adecuado, fue necesario hacer una caracterización de los perfiles de dichas opciones.

Debido a que matemática educativa es una disciplina científica relativamente nueva, fue crucial buscar perfiles acordes a algunas disciplinas como didáctica de las ciencias. A continuación se muestra un listado con los nombres de las instituciones que se tomaron como fuente de recuperación de estos datos:

- Universidad Humanitas
- Universidad de Monterrey
- Universidad de Xalapa
- ETAC
- Universidad Autónoma de Tlaxcala
- Universidad Autónoma de Sinaloa
- ITESO
- Universidad de Londres
- Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
- Observatorio Laboral
- Universidad Montemorelos
- Universidad Nacional Autónoma de México
- Instituto Politécnico Nacional
- Universidad Autónoma Metropolitana
- Universidad de Guadalajara
- Instituto Tecnológico Autónomo de México



Figura 1. Categorización de perfiles (elaboración propia)

En la figura 1 se presenta una categorización en general de los perfiles obtenidos del listado de instituciones educativas anteriormente mencionadas. En la categoría A se hace una clasificación de rasgos relativos a una característica genérica enfocada a la disciplina de la matemática pura; en la categoría B, se mencionan los rasgos genéricos enfocados a la disciplina de la matemática educativa; en la categoría C se encuentran descritas las características genéricas enfocadas a la disciplina de la matemática aplicada; en la categoría D, se tienen rasgos disciplinares de la matemática pura; la categoría E, especifica características disciplinares del área de Matemática aplicada; la categoría F describe rasgos disciplinares de la matemática educativa; la categoría G clasifica características genéricas de la matemática pura y aplicada; y finalmente la categoría H, considera rasgos genéricos de la matemática educativa.

Diseño del cuestionario

Una vez clasificados cada uno de los rasgos del perfil para cada especialidad, con el objeto de tener tres campos de clasificación, el primero, rasgos/características genéricas, que describen el perfil de un estudiante que cursa cualquier tipo de carrera profesional, dentro del cual se enlistan parte de las categorías anteriormente descritas, el segundo, habla del campo de rasgos disciplinares, en el cual se

categorizan los perfiles que son relativos a cada área particular de la matemática, ya sea pura, aplicada o educativa; el tercero, clasifica el campo de los rasgos genéricos enfocados a la disciplina, es decir, en éste se consideran de vital importancia las características que distinguen en esencia las áreas de MP, MA y ME, tal como se muestra en el figura 2.

RASGOS/CARACTERÍSTICAS GENÉRICAS

• Aprendizaje autónomo (UATX) • Ser disciplinado (ESFM) • Constancia en el trabajo (IPN) • Ser organizado con el tiempo (UAM) • Concentración por periodos largos (UNAM) • Habilidad para expresar ideas (UDG)	• Paciencia (UNAM) • Ser reflexivo y propositivo (UX) • Lectura y comprensión de textos científicos y sociales (UNAM) • Pensamiento crítico (UDG) • Facilidad de trabajo con equipo de cómputo (UDG)

CARACTERÍSTICAS DISCIPLINARES

MATEMÁTICA EDUCATIVA	MATEMÁTICA PURA	MATEMÁTICA APLICADA
• Tolerancia a la multiculturalidad (UATX) • Inclinación por las relaciones humanas (UX) • Interés por la docencia (UM) • Gusto por las matemáticas (UNAM) • Razonamiento gráfico y analítico (UDG)	• Abstracción (UNAM) • Gusto por las matemáticas (UNAM) • Traducir problemas al lenguaje matemático (UNAM) • Razonamiento gráfico y analítico (UDG)	• Gusto por las matemáticas (UNAM) • Traducir problemas al lenguaje matemático (UNAM) • Razonamiento gráfico y analítico (UDG)

CARACTERÍSTICAS/RASGOS GENÉRICOS ENFOCADOS A LA DISCIPLINA		
MATEMÁTICA EDUCATIVA	MATEMÁTICA PURA	MATEMÁTICA APLICADA
• Compromiso con la calidad en el servicio (UATX) • Disposición al trabajo en equipo (UMICH) • Inventiva (UNAM) • Imaginación creativa (UDG) • Tenacidad (UNAM) • Responsabilidad social (UATX) • *Vocación interdisciplinaria (ITAM) • Capacidad de encontrar analogía y modelar situaciones reales (ETAC) • Intuición, exploración, análisis, síntesis y evaluación de situaciones sociales o de la vida cotidiana (ETAC) • Mentalidad científica, inquisitiva e	• Inventiva (UNAM) • Imaginación creativa (UDG) • Tenacidad (UNAM) • Mentalidad científica, inquisitiva e independiente (ITAM) • Curiosidad científica (IPN) • Síntesis y análisis (UAM) • Observación (UDEM)	• Compromiso con la calidad en el servicio (ESFM) • Disposición al trabajo en equipo • Inventiva (UNAM) • Imaginación creativa (UDG) • Tenacidad (UNAM) • Responsabilidad social (UMICH) • *Vocación interdisciplinaria (ITAM) • Capacidad de encontrar analogía y modelar situaciones reales (Humanitas) • Intuición, exploración, análisis, síntesis y evaluación de situaciones sociales o de la vida cotidiana (UNAM) • Mentalidad científica, inquisitiva e independiente (ITAM)

independiente (ITAM)	• Curiosidad científica (IPN)
• Curiosidad científica (IPN)	• Síntesis y análisis (UAM)
• Síntesis y análisis (UM)	• Observación (Humanitas)
• Observación (AUS)	

Figura 2. Clasificación de perfiles para cada disciplina (elaboración propia).

Posteriormente se inicia la búsqueda en diversas fuentes para redactar cada una de las preguntas, que tendrán como fin, evaluar el tipo de rasgo que se requiere en cada área. En la Tabla 1 se menciona en la primer columna el número de pregunta, en la segunda, se escribirá la redacción de la pregunta que se espera conteste a un rasgo/característica de los campos que se describieron con anterioridad, luego en la columna de “Objetivos”, se escribe el rasgo a evaluar según la pregunta correspondiente, especificando también el campo o área donde se considera, es decir, si se trata de Matemáticas Puras (MP), Matemáticas Aplicadas (MA) o bien, Matemática Educativa (ME), a su vez, si pertenece a un rasgo, ya sea Genérico (G), Disciplinar (D), o Genérico enfocado en la disciplina (GD). En la siguiente columna de la derecha, se hace mención de la referencia correspondiente a cada pregunta escrita. Como ejemplo se muestran las filas correspondientes a dos preguntas.

Tabla 1. Test pre-validación (elaboración propia)

N/P	Pregunta	Objetivos	Referencia
1	Cuando ves una expresión matemática o un argumento, ¿te interesas por demostrar su validez? ¹¹	Grado de interés respecto a la argumentación matemática	Elegircarrera.net
	a) Nunca, me resulta aburrido.	(MP- D)	
	b) A veces, no tienen mucha dificultad para mí.		
	c) Regularmente, me resulta entretenido.	0 = a)	
	d) Siempre, es fácil y además me gusta.	1 = b) 2 = c)	

¹¹ documento obtenido de: <http://www.elegircarrera.net/Test/General.aspx>

		3 = d)	
2	De la asignatura Ecuaciones Diferenciales, ¿qué te gustaría más? (González, 2016)	a = Interés por ME=15	Resultado de validación a egresado de FM (MP)
	a) Conocer algún ejemplo aplicado para entenderlo y poder explicarlo a los demás	b = Interés por MA=10	
	b) Aplicarlas para averiguar la edad de objetos de materia orgánica.	c = Interés por MP=5	
	c) Demostrar el Teorema de Existencia y Unicidad	d =1	
	d) No me gusta esa asignatura.		

Para la evaluación de los resultados obtenidos de la aplicación del test se tomaron los siguientes criterios:

1. Las opciones que corresponden a respuestas específicas de cada especialidad, fueron escaladas como sigue: (ME=15, MA=10, MP=5, ND=1, donde ME: Matemática Educativa, MA: Matemática Aplicada, MP: Matemática Pura y ND: No Define).
2. En el caso de las preguntas de carácter disciplinario y genérico disciplinario: La escala va de 0-3

Ejemplo: Si la pregunta es disciplinaria de MP, el valor asignado para MP es 3, y para el resto (0-3), el caso es análogo en cualquiera de las otras especialidades.

Por lo tanto se obtuvo la siguiente escala:

- Matemáticas (079-106)
- Matemáticas Aplicadas (143-176)
- Matemáticas Educativas (234-246)
- Otro (---)

La información se presenta en la tabla 2; en ésta, se enumera cada una de las preguntas del test en una primer columna de “pregunta”, en las consecutivas columnas se escriben los valores que corresponden a cada una de las elecciones

de opción por cada pregunta, y que a su vez se les asigna un valor numérico, según los criterios descritos anteriormente.

Tabla 2. Tabla de puntuaciones para cada pregunta del test (Elaboración propia)

PREGUNTA	a	b	c	d
1	0	1	2	3
2	15	10	5	1
3	15	10	5	1
4	0	1	2	3
5	10	5	15	1
6	5	15	10	1
7	0	1	2	3
8	0	1	2	3
9	15	10	1	5
10	5	10	15	1
11	0	1	2	3
12	0	3	1	2
13	1	5	10	15
14	0	1	2	3
15	0	1	2	3
16	10	5	15	1
17	0	1	2	3
18	10	15	1	5
19	0	1	2	3
20	15	5	10	1
21	15	5	10	1
22	10	5	15	1
23	3	2	1	0
24	15	5	10	1
25	0	3	2	1

En última instancia, este instrumento se somete a una primera revisión, que forma parte de todo un proceso para optar por la mejor propuesta, y así iniciar el siguiente procedimiento: la validación.

Validación

En esta etapa, el test fue sometido a revisión por parte de profesores de cada especialidad, esto con el fin de validar los objetivos, y hacerlos coincidir con los

elementos obtenidos en la caracterización de los perfiles, es decir, modificar la estructura de las preguntas con el fin de obtener una respuesta deseada según el objetivo esperado por cada cuestionamiento.

A continuación se muestran en la tabla 3 algunas de las observaciones más sobresalientes que propiciaron modificaciones en la redacción y/o estructura del test. La tabla completa se puede observar en el Anexo 1.

- Profesor de Matemáticas (Línea de Matemática Pura)
- Profesor de Matemáticas (Línea de Matemática Pura)
- Profesor de Matemáticas (Línea de Matemática Educativa)
- Profesor de Matemáticas (Línea de Matemática Aplicada)
- Profesor de Física (Línea de Física Experimental)

Tabla 3. Ejemplo de observaciones más importantes en el proceso de validación (elaboración propia)

No. pregunta	Observaciones del docente
1	Puede que no se entienda “demostrar su validez” En b) debe decir <i>tiene dificultad para mi</i>
2	Reconstruir la respuesta a) para hacer más evidente la inclinación por ME. En b) el ejemplo, ¿tendrá sentido para el encuestado?
3	Definir si le interesa la docencia o la investigación Detectar un interés por lo aplicado o lo teórico La interpretación más usual sería que es la gráfica de un polinomio Me agradan los ejemplos gráficos, para aquellos con inteligencia visual El objetivo es detectar el nivel de abstracción de la percepción

Rediseño y Modificaciones

De acuerdo a las observaciones anteriores, se hizo un rediseño del instrumento. A continuación se muestra, en la tabla 4, un ejemplo de una de las preguntas previas y posteriores a la validación:

Tabla 4. Re-estructuración de preguntas del test en pre-validación y su correspondiente modificación (elaboración propia)

N/P	Pregunta PRE-Validación	Pregunta modificada
1	Cuando ves una expresión matemática o un argumento, ¿te interesas por demostrar su validez?	Cuando ves una expresión matemática o un argumento, ¿te interesas por demostrar su validez?
	a) Nunca, me resulta aburrido.	a) Nunca, me resulta aburrido.
	b) A veces, no tienen mucha dificultad para mí.	b) A veces, tienen mucha dificultad para mí.
	c) Regularmente, me resulta entretenido.	c) Regularmente, me resulta entretenido.
	d) Siempre, es fácil y además me gusta.	d) Siempre, es fácil y además me gusta.

Cuestionario final

El proceso posterior al análisis de la tabla anterior, se muestra en la tabla 5 siguiente, con el ejemplo de una pregunta que formará parte del cuestionario final.

Tabla 5. Estructura de pregunta para el test modificado en la Tabla 4. (Elaboración propia)

N/P	Pregunta	¿Cuál cree usted que es el objetivo?	Observaciones
1	Cuando ves una expresión matemática o un argumento, ¿te interesas por demostrar su validez?		
	a) Nunca, me resulta aburrido.		
	b) A veces, no tienen mucha dificultad para mí.		

- c) Regularmente, me resulta entretenido.
- d) Siempre, es fácil y además me gusta.

Conclusiones y/o posibles usos

Posteriormente a las fases descritas en el presente documento se llega a la culminación de la recopilación de datos, teniendo así la versión final de creación de la propuesta del instrumento presentada en el Anexo 2. Este instrumento está dirigido a estudiantes de tronco común de la ESFM, esto es, los que cursan materias a partir del cuarto semestre de la Licenciatura, con esto se pretende guiar a los alumnos hacia la toma de decisión lo más oportuna y viable posible.

Referencias

- Bernhard Jenschke, El rol preponderante de la orientación vocacional al final del siglo, Revista: Orientación y sociedad 1999 1: 78-94: Academic OneFile, [obtenido el 12 de septiembre del 2016 de: <http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/library?a=d&c=arti&d=Jpr2952>]
- González, D., (2016), Resultado de validación a egresado de la Licenciatura en Física y Matemáticas en la opción de matemática pura.
- Limón, A. & Manzo P. Y., Orientación Vocacional, (s.f.)
- Pérez, A. I., (1992), Comprender y transformar la enseñanza, p.94 Madrid: Morata
- Jenschke, B. El rol preponderante de la orientación vocacional al final del siglo, Revista: Orientación y sociedad 1999 1: 78-94: Academic OneFile, [obtenido el 12 de septiembre del 2016 de: <http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/library?a=d&c=arti&d=Jpr2952>]
- Universidad Humanitas, [obtenido de: <http://www.humanitas.edu.mx>]
- Universidad de Monterrey, [obtenido de: <http://www.udem.edu.mx>]
- Universidad de Xalapa, [obtenido de: <http://www.ux.edu.mx>]
- ETAC, [obtenido de: <http://www.etac.edu.mx>]
- Universidad Autónoma de Tlaxcala, [obtenido de: <http://www.uatx.mx>]
- Universidad Autónoma de Sinaloa, [obtenido de: <http://www.aus.edu.mx>]

ITESO, [obtenido de: <http://www.iteso.mx>]

Universidad de Londres, [obtenido de: <http://www.udelondres.com>]

Escuela Superior de Física y Matemáticas, [obtenido de: <http://www.esfm.ipn.mx>]

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, [obtenido de: <http://www.umich.mx>]

Observatorio Laboral, [obtenido de: <http://www.observatoriolaboral.gob.mx>]

Universidad Montemorelos, [obtenido de: <http://www.um.edu.mx>]

Universidad Autónoma de México, [obtenido de: <http://www.unam.mx>]

Instituto Politécnico Nacional, [obtenido de: <http://www.ipn.mx>]

Universidad Autónoma Metropolitana, [obtenido de: <http://www.uam.mx>]

Universidad de Guadalajara, [obtenido de: <http://www.udg.mx>]

Instituto Tecnológico Autónomo de México, [obtenido de: <http://www.itam.mx>]

Elegir carrera. “Test Vocacional”, documento en línea [obtenido el 18 de octubre de 2016 de: <http://www.elegircarrera.net/Test/General.aspx>]

“Test de orientación vocacional”, documento en línea [obtenido el 25 de octubre de 2016 de: <http://www.foremandalucia.es/.../descargas/cuestionarioPro.pdf>]

Anexo 1

- Profesor de Matemáticas (Línea de Matemática Pura)
- Profesor de Matemáticas (Línea de Matemática Pura)
- Profesor de Matemáticas (Línea de Matemática Educativa)
- Profesor de Matemáticas (Línea de Matemática Aplicada)
- Profesor de Física (Línea de Física Experimental)

Tabla 3. Observaciones más importantes en el proceso de validación (elaboración propia)

No. pregunta

Observaciones del docente

1

Puede que no se entienda “demostrar su validez”

- En b) debe decir *tiene dificultad para mi*
- 2 Reconstruir la respuesta a) para hacer más evidente la inclinación por ME.
- En b) el ejemplo, tendrá sentido para el encuestado?
- 3 Definir si le interesa la docencia o la investigación
- Detectar un interés por lo aplicado o lo teórico
- La interpretación más usual sería que es la gráfica de un polinomio
- Me agradan los ejemplos gráficos, para aquellos con inteligencia visual
- El objetivo es detectar el nivel de abstracción de la percepción
- 4 Definir abstracción, ayudaría al alumno. Lo que hacemos es leer y escribir algunos conceptos matemáticos o físicos
- 5 Interés del alumno por concretar alguna maestría, doctorado o alguna especialidad
- 6 Detectar interés por otras áreas diferentes de matemáticas
- Habilidades sociales, desafortunadamente marcan ciertas tendencias en las carreras
- Tal vez reformular a)
- 7 Averigua entre gusto por ayudar o gusto por enseñar
- 8 Aunque la programación no es una carrera en ESFM, existen algunos alumnos egresados con grandes habilidades en la programación. Creo que esta NO AYUDA a orientar
- 9 Si se trata de determinar el grado, habría que reformular los incisos a elegir
- 10 Parte de la confianza del alumno para hacerlo decidir
- 11 La mayoría de los estudiantes desconoce lo que son las didácticas de la matemática.
- A quienes les gusta la matemática educativa, aunque otros podrían responder c) o d) sólo para ser autodidactas
- Como están formuladas las respuestas, NO y SI No me queda claro qué trata de determinar

- 12 Muchos piensan que como ellos aprenden así es lo más fácil
Prefiero 24 que 23—
- 13 Buscar el interés por matemáticas teóricas, aplicadas o educativas.
Investigar si tiene cultura científica
Hábitos de estudio que marcan la tendencia del alumno hacia cierta carrera
- 14 Capacidad teórica y de abstracción
Sentido abstracto
- 15 El interés puede ser una cuestión moral y no de gusto
Conciencia social
Mejor poner PROBLEMAS
- 16 Títulos más comunes
Aquí podrían no opinar por no conocer de qué tratan los libros.
- 17 Se puede encontrar estudiantes que contesten que ninguna pero que les gusta estudiar alguna disciplina particular
¿Y matemáticas básicas? Criptografía
Pregunta d) más dirigida a matemáticas
- 18 Puede haber interés pero no hacer ninguna acción
- 19 Creo que la opción C no debería estar, todos somos creativos e imaginativos
- 20 A muchos les gusta, pero también es la manera más fácil de trabajo
La mayoría de mis conocidos y egresados realizamos esta actividad
- 21 Más que averiguar qué lectura se facilita más, es más bien qué lectura prefieres hacer
Tal vez cambiar los títulos por otros más sugerentes y explícitos
- 22 Interés en física experimental
¿Cuál prefieres hacer?

Analiza la formalidad y madurez que tiene el alumno en ciertas áreas

Mejorar redacción de la pregunta

- 23 Otra vez es, qué te gusta más. Porque la comprensión de un artículo depende del nivel. Bachelard, un filósofo de la ciencia, opina que la divulgación científica no es ciencia y piensa que la divulgación científica no ayuda en el aprendizaje de la ciencia.

Encontrar problemas de estudio

- 24 Una pregunta sobre la personalidad del encuestado

Que tan flexible resulta ser el alumno

Opinión moral

- 25 No estoy seguro parece interés en teorías aplicadas a física

No encuentro sentido a que si elijo alguno de los temas entonces tengo determinado perfil

- 26 Detectar un gusto por lo aplicado o lo educativo

Creo que no está bien hecha la pregunta, ¿cuáles inmigrantes?

No entiendo cuál es el objetivo

El objetivo es la opinión política

Anexo 2

Versión de la estructura final del test post-validación (elaboración propia)

1.- Cuando ves una expresión matemática o un argumento, ¿te interesas por demostrar su validez?

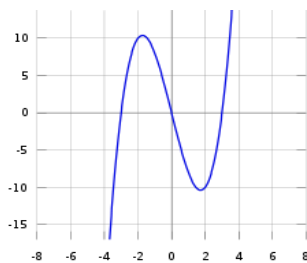
- a) Nunca, me resulta aburrido.
- b) A veces, tienen mucha dificultad para mí.
- c) Regularmente, me resulta entretenido.
- d) Siempre, es fácil y además me gusta.

2.- De la asignatura Ecuaciones Diferenciales, ¿qué te gustaría más?

- a) Comprender varios ejemplos para poder explicar el tema a alguien más.

- b) Aplicarlas, por ejemplo, para modelar fenómenos de otras áreas de la ciencia
- c) Demostrar el Teorema de Existencia y Unicidad
- d) No me gusta esa asignatura.

3.- De la siguiente gráfica, lo que más me interesa es:



- a) Profundizar en el tema de funciones.
- b) Descubrir qué fenómeno representa.
- c) Investigar la función que describe la gráfica.
- d) No me interesa el tema

4.- ¿Te consideras con la habilidad de abstraer conceptos?

- a) No, otras cosas se me dan mejor
- b) Un poco, en ocasiones necesito ayuda
- c) Sí, no me resulta complicado
- d) Sí, se me da de maravilla.

5.- De manera general, ¿te interesan los trabajos de investigación?

- a) Si, sobre todo si son de matemática aplicada.
- b) Sí, sobre todo si son de matemática abstracta.
- c) Sí, sobre todo cuando se trata de los problemas de la matemática en la educación.
- d) No me interesa.

6.- Cuando colabores con un equipo de trabajo, ¿qué te gustaría más?

- a) Comparar procedimientos o algoritmos.
- b) Compartir ideas.
- c) Colaborar con investigadores de diversas disciplinas.
- d) No me gusta.

7.- ¿Cuándo algún conocido tiene dudas en un problema de matemáticas, y tú sabes cómo resolverlo decides ayudarlo?

- a) No es algo que me guste hacer
- b) En ocasiones
- c) Le doy una explicación breve
- d) Le explico con gusto, hasta que lo comprende

8.- ¿Tienes la habilidad de adaptarte a distintos lenguajes de programación?

- a) No se me da muy bien.
- b) No, tardo mucho tiempo en aprender.
- c) Sí, un poco.
- d) Sí, con mucha facilidad.

9.- ¿Te gustaría aplicar tus conocimientos de matemáticas?

- a) Si, para poder profundizar en un tema y mejorar la enseñanza del mismo
- b) Si, en la tecnología y la industria.
- c) No me interesa.
- d) Si, sobre todo para resolver problemas teóricos

10.- Con tu experiencia adquirida en la escuela, lo que se te facilita más es....

- a) Solucionar problemas teóricos de matemáticas, en asignaturas específicas.
- b) Solucionar problemas del tipo práctico de matemáticas.
- c) Comprender y explicar problemas teóricos o prácticos de las matemáticas, para mejorar la enseñanza
- d) Resolver problemas experimentales

11.- ¿Te interesan los métodos de enseñanza en matemáticas?

- a) No, no me interesa
- b) Sólo de ciertos temas.

- c) En general, me interesaría conocerlos.
- d) Sí, para aprenderlos y poder usarlos para explicarle a alguien más.

12.- ¿Te gustaría inventar métodos de estudio y de enseñanza que hagan más fácil el aprendizaje de las matemáticas?

- a) No, no me interesa.
- b) Sí, me encantaría.
- c) No, me resulta problemático.
- d) Tal vez, no lo había considerado antes.

13.- ¿Te gusta profundizar en el análisis de un artículo?

- a) No, me aburre.
- b) Sí, me interesan los de contenido matemático teórico
- c) Sí, en especial de aplicaciones matemáticas
- d) Sí, solo si son de carácter didáctico

14.- ¿Te consideras una persona con inspiración, capaz de guiarte por tu propia intuición para hallar la solución de un problema matemático en sentido abstracto?

- a) No se me da
- b) No del todo, se me dificulta mucho.
- c) En ocasiones
- d) Sí, totalmente.

15.- ¿Te interesa meditar sobre la realidad social y te preocupan los problemas que a veces sufren ciertas personas?

- a) No me interesa en absoluto
- b) Me atrae un poco
- c) Me interesa mucho
- d) Me interesa bastante y trato de ayudar

16.- Además de los libros que utilizas en la escuela. ¿Cuál de los siguientes títulos podría ser más de tu agrado?

- a) Matemática Elegante: Problemas y Soluciones Detalladas, Zhúkov, A. V. et al.
- b) El fracaso de la matemática moderna: ¿por qué Juanito no sabe sumar?, Morris Kline

- c) Pensando en Java, Bruce Eckel
- d) No me gusta leer

17.- De las siguientes actividades, ¿cuál crees que disfrutarías más?...

- a) Trabajar en una empresa optimizando procesos de producción a gran escala
- a) Trabajar criptografía
- b) Investigar sobre problemas del aprendizaje en matemáticas
- c) Investigar sobre objetos astronómicos

18.- ¿Pertenececerías a alguna asociación de ayuda social?

- a) No, no está entre en mis planes
- b) No me molestaría hacerlo
- c) Es algo que pienso hacer más adelante
- d) Ya participo activamente en una

19.- ¿Te consideras una persona creativa e imaginativa?

- a) Sí, sobre todo cuando se trata de problemas de matemática aplicada
- b) Sí, sobre todo cuando analizo problemas de enseñanza-aprendizaje de la matemática
- c) No es algo que me caracterice
- d) Sí, sobre todo cuando realizo demostraciones.

20.- ¿Trabajarías en tus ratos libres como profesor particular?

- a) De ninguna manera.
- b) Sólo si necesitara urgentemente el dinero
- c) No tendría ningún problema en hacerlo
- d) Lo haría con gusto

21.- De los siguientes temas, ¿cuál preferirías comprender a fondo?

- a) Problemas comunes en el aprendizaje y la enseñanza de las matemáticas
- b) Construcción de los números racionales en términos de los números enteros
- c) Matemáticas para Administración y Economía

d) No me agrada leer

22.- De las siguientes opciones, la que preferirías redactar sería:

- a) Un trabajo de investigación experimental.
- b) El bosquejo de una demostración por construcción.
- c) El uso de datos para obtener el cálculo de probabilidades.
- d) No tengo la habilidad.

23.- Hay dos clases de individuos en este mundo; los que están a favor o en contra de la verdad

- a) Totalmente de acuerdo
- b) No muy de acuerdo
- c) No pienso que sea así
- d) No me interesa

24.- Selecciona la opción que más sea de tu interés:

- a) La escuela pitagórica, la música, la teoría de las proporciones y magnitudes inconmensurables
- b) La ecuación de clase y sus aplicaciones
- c) Estructuras algebraica: Teoría de grupos.
- d) Fortran, C++, C, flujos de efectivo a través del tiempo, estadística y probabilidad.

25.- ¿Te parecería conveniente que los inmigrantes pudieran participar en algunas elecciones?

- a) No es algo que les corresponde
- b) Me parece lo mejor
- c) Me es indiferente
- d) No me interesa

Actividades para superar obstáculos y preconceptos en Ondas Mecánicas

Alejandra Ibarra Morales¹², Leonor Pérez Trejo¹³, Luz María de Gpe. González Álvarez¹⁴

Introducción

Para el proceso de planeación y diseño de un curso es importante tener en cuenta los preconceptos y obstáculos conceptuales que presentan los alumnos. En este trabajo se presenta la aplicación de un conjunto de actividades que tienen la finalidad de propiciar una evolución conceptual en estudiantes, en algunos temas de ondas mecánicas, para el curso de Física II de la Licenciatura en Física y Matemáticas, en la Escuela Superior de Física y Matemáticas (ESFM) del Instituto Politécnico Nacional. Dichas actividades están distribuidas en cada una de las fases del ciclo de aprendizaje constructivista propuesto por Jorba y Casellas (1997).

El término preconceptos, o concepciones alternativas, es utilizado para hacer referencia a ideas preconcebidas, creencias no basadas en aspectos científicos, conceptos erróneos o mal entendidos, o una mezcla de conceptos. El origen de los preconceptos se compone de diferentes factores, por ejemplo experiencias físicas cotidianas; la influencia del lenguaje de la calle, oral y escrito, tanto de las personas con que normalmente nos relacionamos, como de los diferentes medios de comunicación (radio, televisión, cine, prensa, cómics, libros, etc.) con significados que pueden ser muy diferentes del científico; la existencia de errores conceptuales en algunos libros de texto; incluso que algunos profesores tengan los mismos preconceptos que sus alumnos (Carrascosa, 2005).

En la enseñanza de las ciencias es de suma importancia que los estudiantes tengan un alto nivel de comprensión de los conceptos científicos básicos, así como de un desarrollo de destrezas de pensamiento científico, ya que investigaciones recientes sugieren que de esto depende el rendimiento escolar (Pérez de Landazábal, y colaboradores, 2010). Sin embargo, no es suficiente con identificar los preconceptos, es necesario diseñar estrategias de enseñanza para que evolucionen en la medida de lo posible (Carrascosa, 2005).

Como parte fundamental de un curso, es imprescindible que el estudiante sea capaz de asociar los temas aprendidos de forma teórica a situaciones reales, incluso de la vida cotidiana. Esta tarea de aplicación de los conceptos muchas veces es omitida en los cursos, debido a condiciones de tiempo que apremian a continuar sin haber permitido que se realice una aplicación de las ideas vistas.

¹² Escuela Superior de Física y Matemáticas, Instituto Politécnico Nacional

¹³ Escuela Superior de Física y Matemáticas, Instituto Politécnico Nacional

¹⁴ Escuela Superior de Física y Matemáticas, Instituto Politécnico Nacional

Por otro lado, en la ESFM, el tema “Ondas Mecánicas” se aborda en una unidad de aprendizaje, llamada “Física II”, en el segundo semestre de la Licenciatura en Física y Matemáticas. Este tema es de singular importancia porque es el preámbulo para el estudio del electromagnetismo, la óptica y la mecánica cuántica, teorías que se abordan en varias unidades de aprendizaje a lo largo de la carrera.

En el presente trabajo se hace una propuesta con cuatro actividades, las cuales se construyeron con base en los preconceptos previamente encontrados, asociados al tema “Ondas Mecánicas”. La construcción de las actividades se basa en la idea de que el alumno nunca parte de cero, debido a que aprende autónomamente en su interacción con el medio (Ausbel, 1983). Los conocimientos previos se diferencian y coordinan con nuevos elementos, para configurar significados novedosos; de manera que la resolución de las actividades, además de ser autorregulada, requiere la utilización del pensamiento productivo y la construcción de un hallazgo intrapersonal novedoso (Piaget., 1981). Siguiendo la idea constructivista de Piaget, todas las actividades se proponen como experiencias de contradicción cognitiva a los preconceptos encontrados en la muestra.

El objetivo de este trabajo es mostrar actividades validadas para cada una de las etapas del ciclo de aprendizaje que propicien la evolución conceptual en los estudiantes, a partir de la identificación de las ideas previas y los preconceptos en el tema de ondas mecánicas.

Marco Teórico

El proceso de enseñanza tiene como objetivo la evolución de las ideas del alumno, y no solamente es un conjunto de técnicas para aprender conocimientos nuevos; por lo que la forma en que se diseñan y presentan las actividades de enseñanza-aprendizaje debe tener una lógica, a fin de que el estudiante pueda construir su conocimiento de las experiencias que generan dichas actividades. Esta lógica, en esta propuesta, se basa en el ciclo de aprendizaje propuesto por Jorba y Casellas (1997), el que está constituido por cuatro fases, que se pueden situar en un diagrama determinado por los ejes: Simple-Complejo y Concreto-Abstracto, como queda ilustrado en la Fig. 1

A continuación, se da una explicación de las características principales de cada una de las fases del ciclo mencionado:

Fase de exploración

Esta funge como punto de partida y es donde se plantean los objetivos y problemas que serán el tema de estudio, además de indagar las ideas previas que tiene el estudiante basadas en su experiencia y conocimientos previos, asociados a los tópicos que se estudiarán.

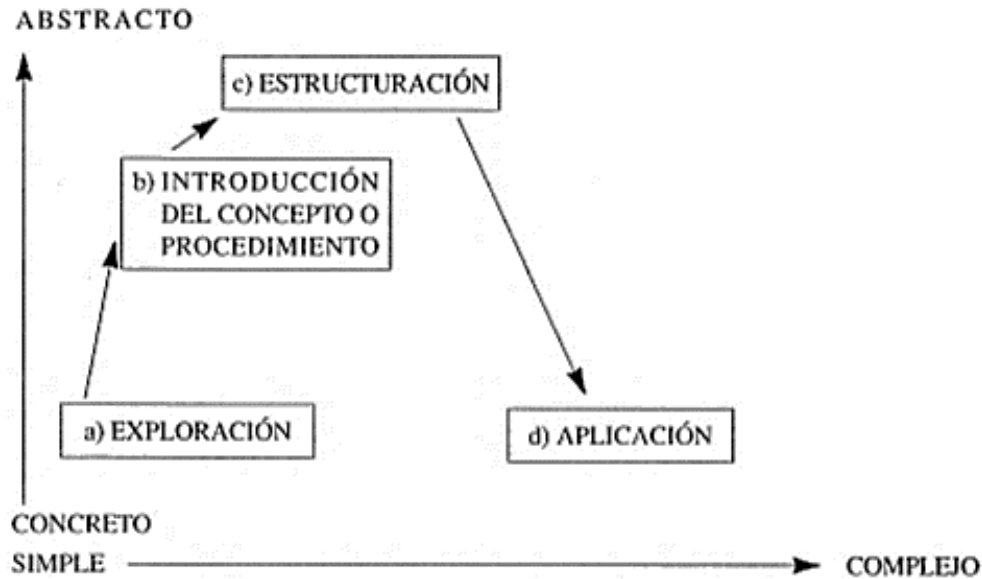


Figura 1 Ciclo de aprendizaje constructivista. (Imagen tomada de Jorba y Casellas, 1997, página 126).

Fase de introducción de los conceptos o procedimientos

En esta fase se realiza la introducción de ideas nuevas, conceptos, y metodologías que son necesarias para comprender el objeto de estudio; además, si se requiere, será en donde se trabaje la contrastación de las ideas previas con las nuevas, con lo cual puede provocarse un conflicto cognitivo que lleve al estudiante a enriquecer el perfil conceptual de las ideas principales del tema.

Fase de estructuración

Durante esta fase se espera que el alumno trabaje en el reconocimiento, comprensión y uso de los instrumentos formales de las diferentes disciplinas. Además de facilitar la comprensión más profunda de las ideas individuales a través de la comparación y del contraste (ibídem). En esta etapa también se relacionan los conceptos entre sí, y se fomenta la memorización, no por ser ésta el objetivo de aprendizaje, sino para agilizar el uso de las herramientas por parte del estudiante.

Fase de aplicación

En esta fase se brindará al alumno la oportunidad de que aplique lo aprendido en las otras fases, a situaciones nuevas y problemas diferentes a los ejemplos usados, además de problemas en contextos cercanos a las aplicaciones en el campo profesional.

Desarrollo

Para identificar los preconceptos que se consideraron para el diseño de las actividades, se aplicó un cuestionario abierto a alumnos de la Licenciatura en Física y Matemáticas del segundo y tercer semestre. Los resultados se enlistan a continuación (Ibarra, González, Pérez, 2016):

- El movimiento armónico es una onda.
- Las ondas mecánicas son una forma de energía.
- Las ondas mecánicas se transmiten en el vacío.
- Las ondas son propagaciones de algunas propiedades físicas.
- Las ondas celulares son un tipo específico de onda, y no ondas de radio.
- Las funciones trigonométricas son ondas.
- El sonido solo se produce cuando hay una colisión con el piso.
- Se necesita un observador para que los fenómenos ocurran.
- Los sólidos no transmiten ondas sonoras.
- Las ondas se clasifican en visibles e invisibles.
- Existen ondas de calor.
- El hilo no puede vibrar para transmitir la onda sonora.
- Las ondas transversales se mueven de arriba-abajo.
- Las ondas longitudinales se mueven de izquierda-derecha.
- El efecto Doppler solo ocurre en ondas acústicas.

Una vez identificados los preconceptos para ondas mecánicas se eligieron cuatro, para los cuales se diseñaron actividades y sus respectivas herramientas de evaluación, para propiciar el cambio conceptual y la reorganización de ideas.

Tabla 1. Tabla de especificaciones para actividades propuestas

Actividad	Preconcepto- Obstáculo	Herramienta de evaluación	Fase del ciclo de aprendizaje
Barquito	Las ondas son energía	Cuestionario de exploración	Exploración
<i>Slinky</i> con ejes coordenados	Confundir las características de movimiento transversal y longitudinal	Clasificación de los movimientos en el video “Soldados”	Ideas Nuevas

Diferenciador Semántico	Confusión entre los movimientos: armónico simple, oscilatorio, ondulatorio, y periódico	Cuestionario	Estructuración
Cuestionario abierto de ejemplos de efecto Doppler	El efecto Doppler solo se presenta en ondas acústicas	Cuestionario que acompaña estudio de los ejemplos	Análisis y síntesis.

Actividad Barquito

Para esta actividad se les proporcionó a los estudiantes una bandeja con agua y un barquito de papel; como instrucciones se les pidió que agitaran el agua y observaran lo que pasaba.

Una vez concluida la actividad se les realizó la pregunta: ¿Qué observaste?

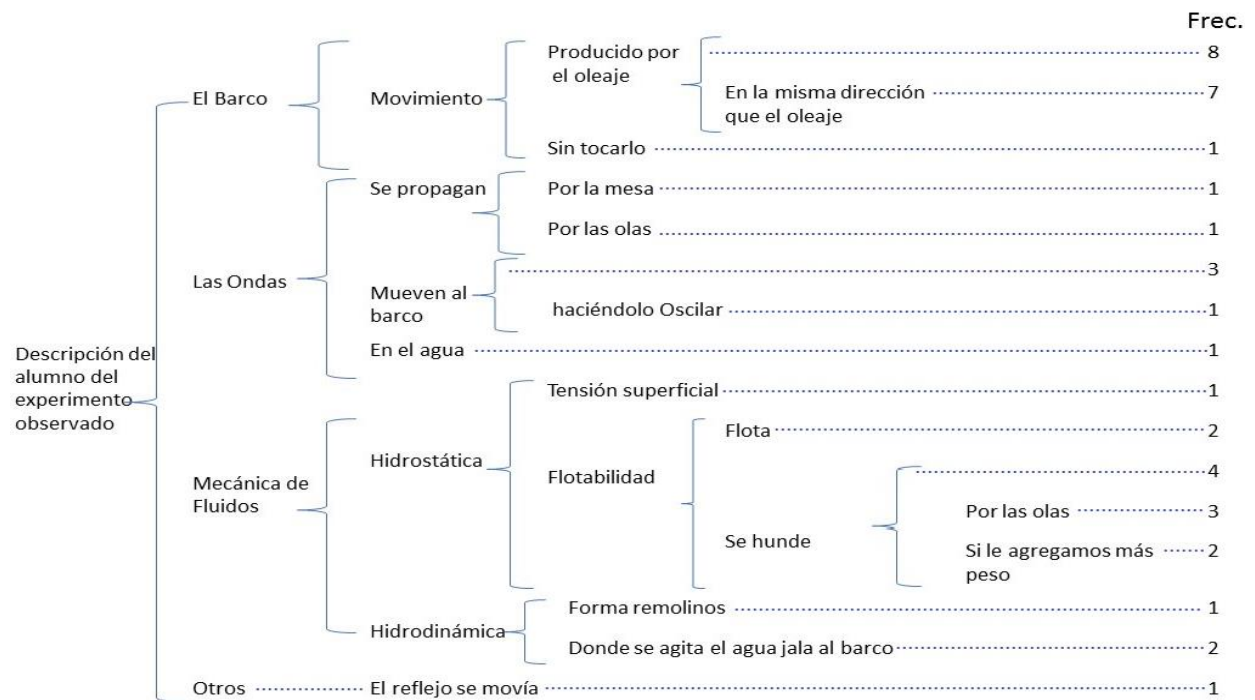


Figura 2. Ideas previas del alumno sobre propagación de ondas mecánicas observadas en la fase de exploración. La columna al extremo derecho representa la frecuencia de dicha respuesta.

En la red sistémica que se presenta en la figura 2, encontramos las ideas previas que tienen los estudiantes sobre la propagación de ondas mecánicas. En esta red se observa que los estudiantes reconocen dos principales objetos, uno que fue el barco, y otro que son las ondas; además de hablar de fenómenos asociados a mecánica de fluidos, que fue el tema visto en clases previo a ondas mecánicas.

Se observa que, para la categoría “El barco”, se tienen las etiquetas de su movimiento, el cual atribuyen al oleaje que generaron, y siete alumnos indican que este sigue la dirección del oleaje, además hubo quien mencionó que no necesitaba tocar el barco para que se moviese.

Para la segunda categoría, “las ondas”, se encuentran las etiquetas sobre su propagación, su interacción con el barco, y que se encuentran en el agua; para la primera etiqueta, un estudiante reconoce que estas se propagan por distintos medios como son la mesa y el agua; en la etiqueta de su interacción con el barco, cuatro estudiantes hablan de que son las responsables de mover al barco.

Para la tercera categoría: “Los fenómenos asociados con mecánica de fluidos”, se encontró que reportaron, en relación con la hidrostática: tensión superficial; y flotabilidad (donde además relacionan que el barco puede flotar o puede ser hundido por el oleaje o por exceso de peso). Con respecto a los temas de hidrodinámica, se obtuvieron: la formación de remolinos; o el que el agua jale al barco donde esta se agita. Finalmente tenemos una categoría en la que un estudiante hizo referencia al movimiento del reflejo, sin embargo, no lo asoció a objetos o fenómenos.

En una clase posterior se retomaron las respuestas de los estudiantes en una lluvia de ideas, donde los estudiantes concluyeron:

- Al crear oleaje el barquito se movía
- El barco se acercaba a las perturbaciones del agua
- Al golpear el recipiente se producían perturbaciones en la superficie del agua que movían al barco
- Se movía de acuerdo con las perturbaciones, pero tendía a retomar su posición original en el recipiente.
- Entre más rápido el oleaje se producía más movimiento.

Cabe resaltar que en esta actividad no surgió el concepto de energía, sin embargo, los estudiantes reconocieron que el movimiento del barquito era consecuencia de las ondas en el agua.

Actividad Slynkys con ejes coordenados

Para esta actividad se les proporcionó a los estudiantes un *Slinky* y un juego de ejes coordenados impresos. Las instrucciones consistieron en generar un tipo específico de ondas: transversales o longitudinales, en cierta dirección del eje coordenado. Como se ve en la figura 3, se solicitó a los estudiantes cambiar de dirección la onda que se generaba, con el objetivo de que asociara el tipo de onda con una dirección específica.

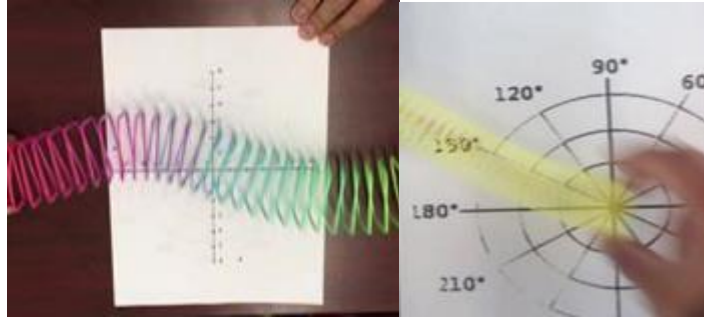


Figura 3. Actividad de *Slinky* con ejes coordenados realizada por los estudiantes. A la derecha tenemos una onda transversal en un eje X-Y y a la izquierda una onda longitudinal en un eje polar a 150° .

Actividad “Soldados”

La herramienta de evaluación correspondiente consistió en la observación de un video que se colocó en la página de Facebook de la clase (https://www.youtube.com/watch?v=x7ORA80Df3A&index=23&list=PLCXXxuQP06VnNij_hg077j9kwirBV8-Vt, 2014), dicho video consiste en soldados tailandeses realizando una coreografía en la cual realizan movimientos transversales y longitudinales. Una vez visto el video los estudiantes debían de clasificar los 16 movimientos realizados por los soldados.



Figura 4. Imagen del video de tarea, “50 soldados tailandeses fazem incrível coreografia em parada militar”

En la tabla 2 se registra el porcentaje de respuestas correctas dadas por los alumnos en la tarea descrita.

Tabla 2. Porcentajes de respuestas correctas dadas por los alumnos en la clasificación de los movimientos de los soldados.

Número de movimiento	Tipo de movimiento	Porcentaje de respuestas correctas
1	Transversal	95
2	Transversal	66
3	Longitudinal	95
4	Transversal	87
5	Transversal	95
6	Transversal	100
7	Transversal bidimensional	0
8	Transversal	41
9	Longitudinal	70

10	Transversal	50
11	Transversal	41
12	Transversal	62
13	Transversal	91
14	Transversal	54
15	Longitudinal	91
16	Longitudinal	58

Observamos que la mayoría de las respuestas son correctas. Se puede observar que todas las respuestas con respecto al movimiento número siete, fueron incorrectas. Esto se atribuyó a que, al ser un movimiento bidimensional, se pudo generar confusión.

Diferenciador semántico

Se pidió a los estudiantes que, de tarea, investigaran las características de los movimientos: Periódico, Armónico Simple, Osculatorio y Ondulatorio. En la clase se llenó una tabla (diferenciador semántico) con las ideas consensadas de los estudiantes.

Tabla 3. Diferenciador semántico de los estudiantes

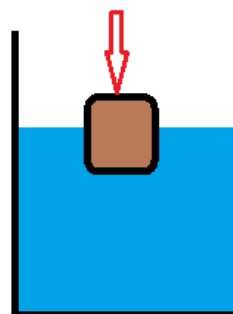
Movimiento Periódico	Movimiento Osculatorio	Movimiento Armónico simple	Movimiento Ondulatorio
-Se repite en intervalos de tiempo iguales -El objeto regresa a su posición inicial -Tiene un periodo T	-Es periódico -Se efectúa hacia adelante y hacia atrás (arriba y abajo) respecto a una posición de equilibrio -Tiene un periodo T, una frecuencia f, y una amplitud A	-Es periódico -Es Osculatorio -Tiene amplitud constante -No hay rozamiento -Se expresa mediante funciones armónicas: senos y cosenos -Existe una fuerza recuperadora que es	-La perturbación se mueve con una velocidad v -Las partículas del medio no se desplazan con la perturbación -Transporta energía de una región a otra.

		directamente proporcional desplazamiento	al	

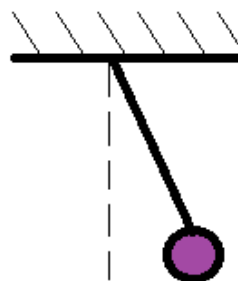
Cabe mencionar que al momento de llenar el diferenciador semántico, los alumnos reconocieron que una de las características de movimiento ondulatorio es que “las ondas transmiten energía”. Para poder justificar esto, lo ejemplificaron con la primera actividad, la del barquito, ya que este se movía gracias a la energía transmitida por el oleaje.

Una vez concluido el diferenciador semántico, se les proporcionó a los estudiantes un cuestionario en el cual debían de clasificar el tipo de movimiento que realizaba cada uno de los ejemplos dados que se muestran en la figura 5.

-
- 1 Un bloque de madera flotando en un balde de agua al que se le aplica momentáneamente una fuerza hacia abajo.



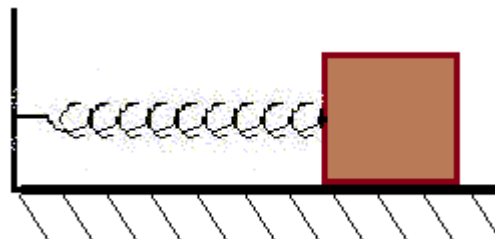
- 2 Un péndulo simple



- 3 Dos cuerdas unidas de diferente grosor, una de las cuales se perturba.



- 4 Un bloque unido a un resorte sobre una superficie con fricción



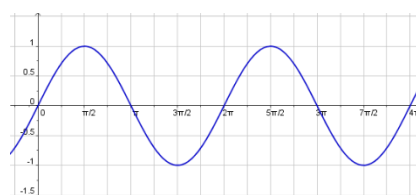
- 5 El sonido generado por un hombre gritando



- 6 Un bloque unido a un resorte sobre una superficie sin fricción



- 7 La grafica de la función $\sin(x)$



- 8 Un *slinky* que se agita arriba y abajo o de un lado a otro



- 9 Un celular que vibra



- 10 Un reloj analógico después de pasar 24 horas.



Figura 5. Cuestionario de clasificación de movimientos.

En la Tabla 4 se observan los porcentajes de respuestas correctas, dadas por los alumnos, para la clasificación de ejemplos del cuestionario. Observamos que ningún estudiante pudo identificar el caso G, una función seno, correctamente, ya que la siguieron clasificando como algún tipo de movimiento físico y no como una función trigonométrica, por lo que podemos concluir que no se superó el preconceito de confundir expresiones matemáticas con fenómenos físicos. Para la siguiente respuesta, con menor porcentaje, tenemos el inciso A con un 4%, este era un Movimiento armónico simple, ya que no se daba el dato de viscosidad en el agua, por lo que se podía ver como un movimiento sin fricción, la mayoría de los

estudiantes lo clasificaron como oscilatorio, esta respuesta es correcta para un el caso no idealizado.

Tabla 4. Porcentajes de respuestas correctas para el cuestionario de clasificación de ejemplos.

Inciso	Respuesta	Porcentaje de respuestas correctas (%)
A	M.A.S	4
B	M.A.S	34
C	Ondulatorio	86
D	Oscilatorio	69
E	Ondulatorio	73
F	M.A.S	91
G	Función trigonométrica	0
H	Ondulatorio	26
I	Oscilatorio	26
J	Periódico	91

Cuestionario abierto sobre efecto Doppler

Se proporcionó a los estudiantes una serie de tres textos, los cuales venían acompañados de un cuestionario que les permitió reflexionar sobre diferentes situaciones en las que se observa el efecto Doppler, y concluir que este es un fenómeno propio de las ondas, tanto mecánicas como electromagnéticas, y no solo de las ondas sonoras.

A continuación se presentan los textos y el cuestionario proporcionado a los estudiantes:

Instrucciones: Lee con cuidado los siguientes cuatro textos, luego contesta las preguntas usando lo que aprendiste de dichos textos.

1. El insecto en el estanque (Hewitt, 2008)

En un estanque con agua tenemos un insecto, el cual agita sus patas con una frecuencia determinada, en el agua. Se producen ondas que forman una imagen de círculos concéntricos.

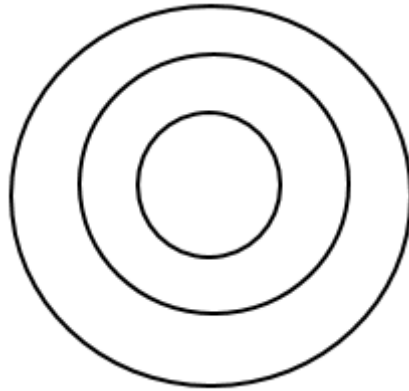


Figura 6. Insecto estático moviendo sus patas

En el mismo estanque hay otro insecto, el cual agita sus patas con la misma frecuencia que el insecto 1, pero este se desplaza hacia la derecha con cierta velocidad; en el agua tenemos la siguiente imagen.

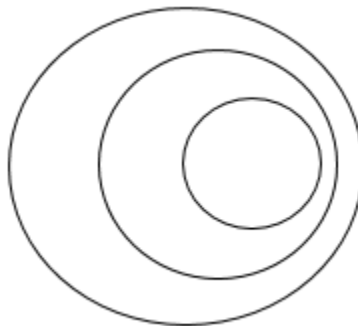


Figura 7. Insecto con velocidad constante comiendo sus patas

2.- El efecto Doppler y la ambulancia

(<http://cienciaconpaciencia.blogspot.mx/2007/06/el-efecto-doppler-y-la-ambulancia-que.html>)

Consideremos por ejemplo una ambulancia a 28 m/s. Vamos a imaginar que la sirena de la ambulancia tiene dos notas, una es conocida popularmente como *bi* y la otra como *ro* (el tradicional birobibiro), y para facilitar aún más la situación vamos a pensar que las ambulancias producen el sonido “bi”, paran un segundo y después producen el sonido “ro”, paran otro segundo y vuelven a empezar: bi, 1

segundo – ro, 1 segundo, bi... Ahora entonces, será muy fácil darse cuenta que las notas bi y ro, se van a distribuir igual en el espacio por delante que por detrás de la ambulancia: por delante de la ambulancia los sonidos estarán separados por los 332 metros que recorre el sonido bi, en el segundo antes de que se produzca el sonido ro, menos los 28 metros que ha recorrido la ambulancia, es decir 304 metros los separan; así que si yo me sitúo por delante de la ambulancia y estoy quieto, oiré el sonido bi y el ro separados en el tiempo menos de un segundo, porque el sonido va a recorrer invariablemente esos 332 metros en un segundo (por lo tanto 0.91 segundos en recorrer ese 304 metros). Sin embargo, si el observador se sitúa por detrás de la ambulancia la distancia que habrá entre ambos sonidos serán los 332 metros que recorre el sonido, más los 28 que recorre la ambulancia, o sea, 360 metros, es decir, oiré el sonido ro 1 segundo después de haber oído el sonido bi.

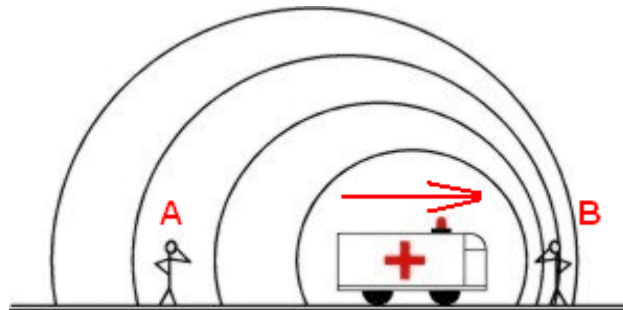


Figura 8. Ambulancia y observadores.

3.- Las galaxias rojas o azules

(<http://www.batanga.com/curiosidades/4424/efecto-doppler-desplazamiento-hacia-el-rojo-y-el-azul>)

Imaginemos que un astrónomo quiere saber si un objeto celeste o una galaxia se acerca o se aleja de nosotros. En el caso de la luz, que se compone de siete colores, cada color del espectro tiene un valor diferente de frecuencia: los colores extremos son el azul y el rojo.

Los objetos celestes emiten luz y cuando estos objetos se acercan, al analizar su espectro, los máximos y mínimos de su onda se acercan entre sí respectivamente reduciendo su longitud de onda, comprimiéndola, lo que aumenta su frecuencia y su energía, por lo que el color azul se vuelve más intenso y el rojo más débil; los colores intermedios se intensifican a medida que se acercan hacia el azul.

Como la velocidad de la luz es constante para todos los observadores que se mueven a distintas velocidades, los máximos y mínimos de la onda se acercan, haciendo que nos lleguen más ondas por segundo. Los fotones recorren menos distancia y como resultado

pierden menos energía al alcanzar al observador al cual se acercan, en este caso el astrónomo en tierra. Esto se le conoce con el nombre de **desplazamiento hacia el azul**. Como resultado la estrella o galaxia se estaría acercando a nosotros.

Las preguntas que se plantearon para la reflexión de los estudiantes, a partir de los textos, son:

¿Qué tipo de ondas se presentan en los fenómenos de los textos 1, 2, y 3?

¿Cómo se llama al fenómeno físico que se presenta en el texto 2?

¿Qué características describen a este fenómeno físico?

¿Qué relación hay entre el fenómeno del texto 2 y el fenómeno descritos en el texto 1?

¿Qué relación hay entre el fenómeno del texto 2 y el fenómeno descritos en el texto 3?

¿Qué relación hay entre los fenómenos mostrados en los textos anteriores y el problema del examen?

El problema del examen fue:

Las olas del mar se mueven hacia la playa con una velocidad de 8.9 m/s y con una separación entre cresta y cresta de 15 m. Nos encontramos en un bote anclado junto a la costa. (a) ¿Cuál es la frecuencia de las olas del mar? (b) Se eleva el ancla y nos movemos hacia el mar con una velocidad de 15 m/s, ¿qué frecuencia de olas se observará entonces?

Se analizaron las respuestas de los estudiantes para el cuestionario, y se realizaron redes sistémicas, de las preguntas más significativas.

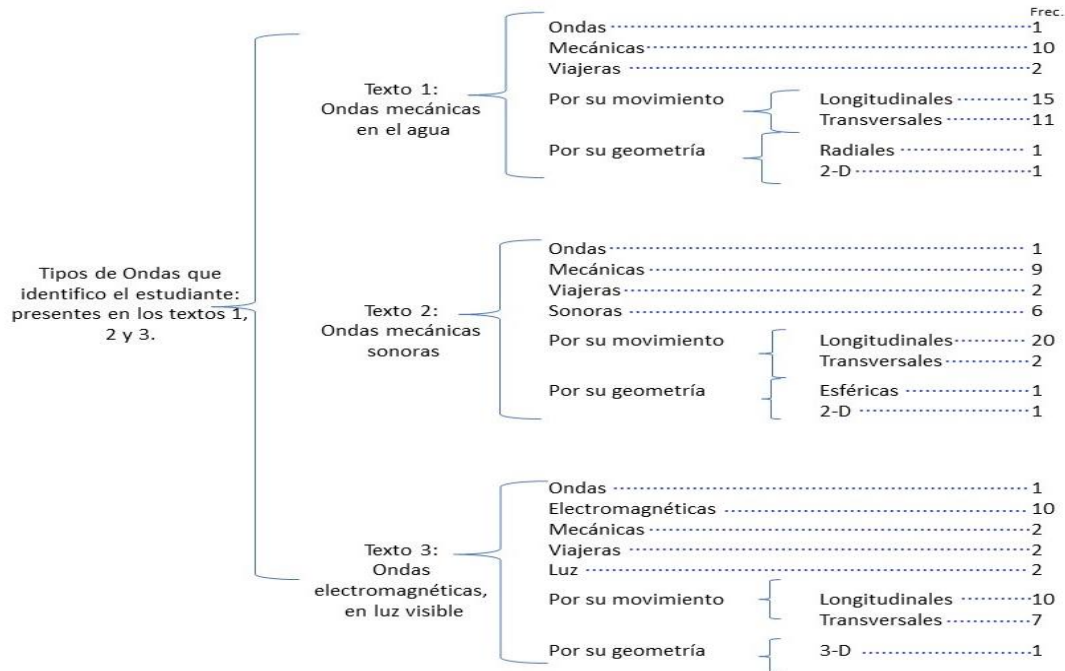


Figura 9. Red sistémica de la respuesta de la primera pregunta del cuestionario. ¿Qué tipo de ondas se presentan en los fenómenos de los textos 1, 2, y 3?

En la red sistémica observada en la figura 9, encontramos los tipos de onda identificados por los estudiantes para los fenómenos descritos en los tres diferentes textos que se les proporcionaron. En esta red se observa que los estudiantes reconocen: ondas mecánicas, ondas electromagnéticas, los movimientos y la geometría de éstas.

Se observa que para la categoría del “Texto 1”, el cual describe ondas mecánicas producidas por un insecto en el agua, tenemos las etiquetas de Ondas; “Ondas mecánicas”; “Ondas viajeras”; “Por su movimiento (distinguiendo entre ondas longitudinales y transversales)”; por su geometría: en dos dimensiones (2-D) y de tipo radial. Aunque la mayoría de los estudiantes las clasificó por su tipo de movimiento, y atribuyeron que el movimiento es una onda longitudinal o transversal, en realidad el movimiento presente en este texto es al mismo tiempo de los dos tipos.

Para la categoría del “Texto 2”, el cual describe las ondas producidas por una ambulancia en movimiento, tenemos las etiquetas de Ondas; Mecánicas; Viajeras; Sonoras; Por su movimiento (que incluye longitudinales y transversales); “Por su geometría”: esféricas y bidimensionales (2-D) en dos direcciones y de tipo radial. Para esta última etiqueta la categoría de dos direcciones es incorrecta ya que las

ondas sonoras son ondas tridimensionales. Aunque esta confusión puede atribuirse a que el diagrama de ondas sonoras suele representarla en dos dimensiones.

Para la categoría del texto 3, el cual describe las ondas producidas por la luz visible emitida por las galaxias, tenemos las etiquetas de Ondas; Electromagnéticas; Mecánicas (lo cual es incorrecto); Viajeras; Luz; Por su movimiento (incluye longitudinales y transversales), y finalmente por su geometría donde se distinguió que son ondas tridimensionales.

Tipo de fenómeno físico presente en el texto 2 efecto Doppler en ondas sonoras	Frec.	
	Efecto Doppler	32
	Frecuencia aparente y real	2
	Velocidades relativas	1
	El problema del bote que venía en el examen	1

Figura 10 Red sistémica para la segunda pregunta del cuestionario: ¿Cómo se llama al fenómeno físico que se presenta en el texto 2?

En esta Red se presenta el nombre del fenómeno que identifican los estudiantes para el texto 2, el cual describe el efecto Doppler en ondas sonoras de una ambulancia en movimiento. Encontramos las categorías de Efecto Doppler, lo cual fue respondido por casi todos los estudiantes (32 alumnos). Para las siguientes categorías tenemos Frecuencia aparente y real; Velocidades relativas, las cuales son congruentes también con el efecto Doppler, y finalmente encontramos la categoría El problema del bote que venía en el examen.

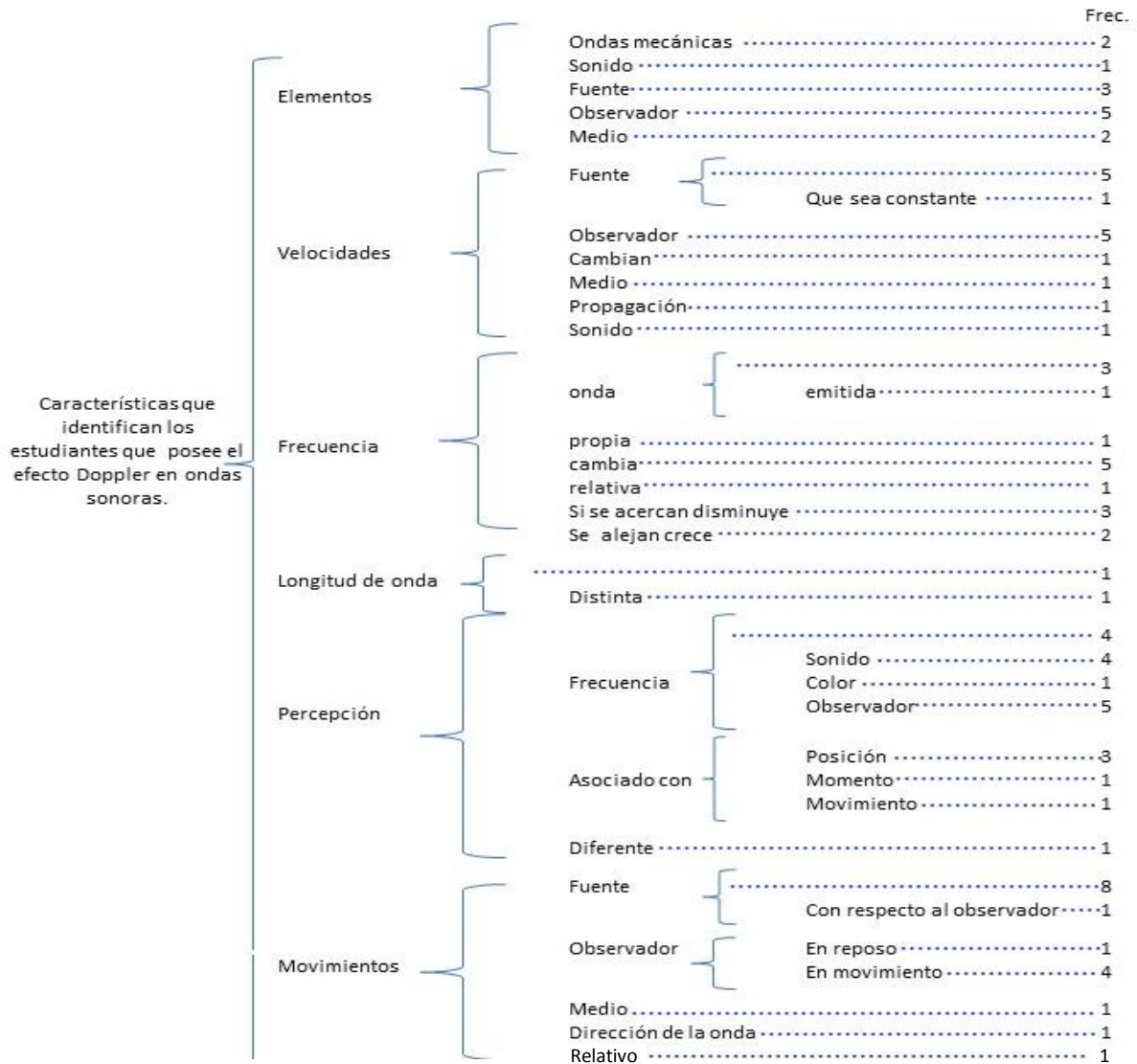


Figura 11 Red Sistémica para la tercera pregunta del cuestionario. ¿Qué características describen a este fenómeno físico? El fenómeno físico es el Efecto Doppler en ondas mecánicas, específicamente en ondas sonoras.

En la Figura 11 observamos la red sistémica que describe las características que identifican los estudiantes en el efecto Doppler en ondas sonoras, para una ambulancia en movimiento. En esta red se observa, en las categorías: Elementos, que los estudiantes reconocen que participan en el fenómeno, en la que se encuentran las etiquetas: ondas mecánicas, sonido, fuente, observador y medio. Resulta interesante que algunos alumnos mencionan al observador, pero no a la fuente. El hablar del medio puede ser un indicador de que se está excluyendo el efecto Doppler de las ondas electromagnéticas.

Velocidades, los alumnos identifican que la fuente debe tener una, y en particular un alumno nos menciona que esta velocidad debe ser constante; las demás etiquetas son: observador, aunque para esta no se especifica ninguna característica a diferencia del anterior; Cambian, Medio; Propagación y Sonido, este último también nos señala una exclusión de las demás observaciones que pueden existir del efecto Doppler en otro tipo de ondas. Frecuencia; Longitud de la onda; Percepción de la onda; y Movimientos (diversos objetos moviéndose).

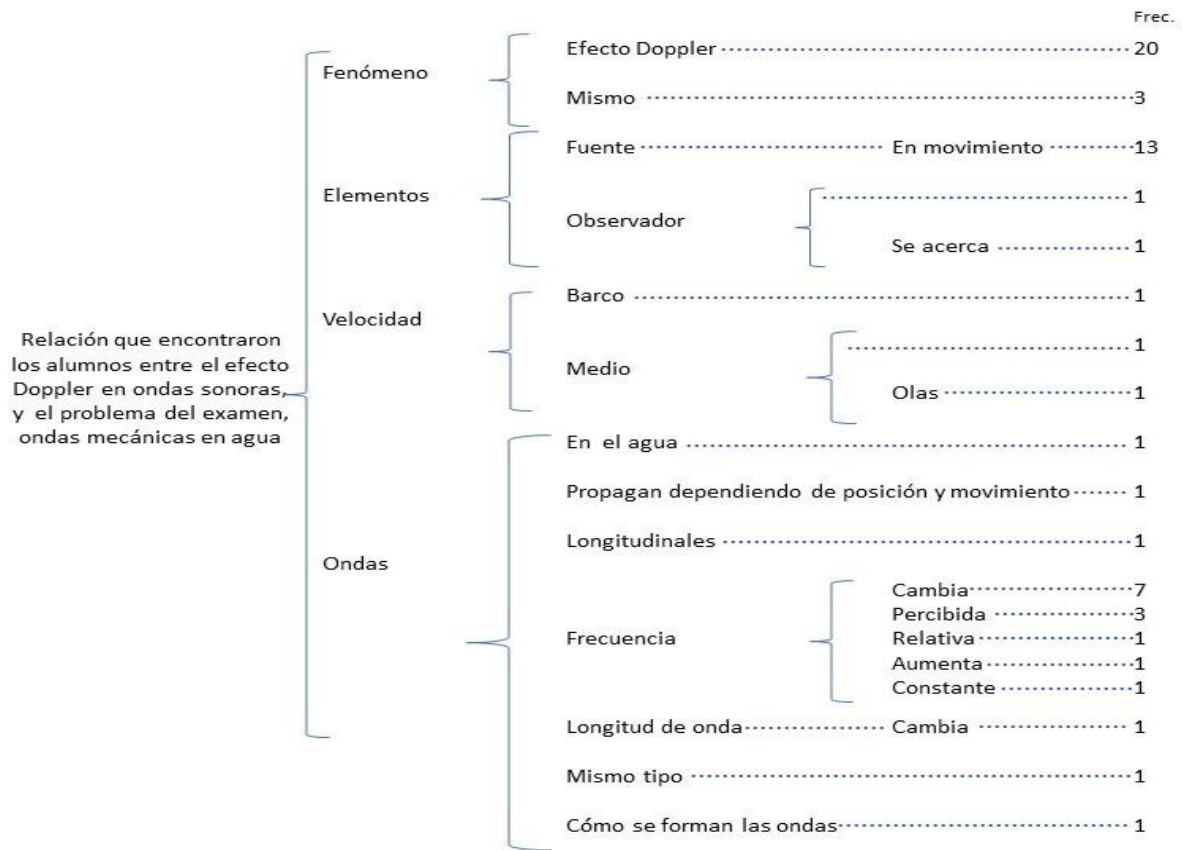


Figura 12. Red sistémica de la pregunta seis de cuestionario; ¿Qué relación hay entre los fenómenos mostrados en los textos anteriores y el problema del examen?

Para la pregunta ¿Qué relación hay entre los fenómenos mostrados en los textos anteriores y el problema del examen? tenemos la red sistémica de la figura 12, donde se encuentran las categorías: Fenómeno, Elementos, Velocidad y Ondas.

En la categoría Fenómeno, se tienen las etiquetas: efecto Doppler y mismo, con lo que nos indican que en ambos problemas fue el mismo fenómeno e identifican cual es. Esta identificación no se observa en el examen, ya que la mayoría de los estudiantes no dieron una respuesta haciendo uso de ecuaciones ni análisis asociados al efecto Doppler, y los que lo hicieron consideraron la velocidad de la

onda como la velocidad del sonido, aunque en el problema del examen trata de ondas en agua. Quienes no lo identificaron como efecto Doppler, lo resolvieron como un problema de velocidades relativas.

Como segunda categoría tenemos Elementos, donde identifican dos principales: fuente y observador, en este último encontramos la subetiqueta de en movimiento. Esto se refiere al segundo inciso del problema del examen, donde el barco lleva anclas, y se mueve.

La Categoría de Velocidad cuenta con dos etiquetas: barco y medio; esto indicaría que los alumnos solo se referían a los elementos del problema del examen, aunque el identificar que es relevante la velocidad del medio podría indicar que en esta reflexión retrospectiva sí identifican que la velocidad que debían usar era la del medio (oleaje) y no la del sonido.

La última categoría: Ondas, tiene las etiquetas: en el agua (lo cual es congruente tanto con el problema del examen, de un barco con respecto al oleaje); propagan dependiendo de posición y movimiento; longitudinales (lo cual no es completamente correcto, ya que en el problema del examen las ondas son tanto longitudinales como transversales simultáneamente); frecuencia (donde identifican lo que cambia, que depende de cómo es percibida, que hay frecuencias relativas, un caso identificó que esta aumenta, y otro caso que es constante); longitud de onda (cambiante, que es una característica percibida en el efecto Doppler). Mismo tipo (nos refiere a que el estudiante no tomó en cuenta todos los textos para responder, ya que uno de los casos es de ondas electromagnéticas), y cómo se forman las ondas.

Conclusiones

Para propiciar la evolución de los preconceptos del tema, se realizaron cuatro actividades, una para cada preconcepto, que se aplicaron en las fases del ciclo de aprendizaje: Exploración, Nuevas Ideas, Estructuración y Aplicación. Los preconceptos abordados son: las ondas son energía; confundir las características de movimiento transversal y longitudinal; confusión entre movimiento armónico simple, movimiento ondulatorio, movimiento periódico y movimiento oscilatorio; el efecto Doppler solo se presenta en ondas acústicas.

Los preconceptos no evolucionan con una sola actividad; sin embargo, la secuencia didáctica fue efectiva, ya que las actividades secuenciadas con base en el ciclo de aprendizaje propiciaron en conjunto una evolución conceptual. Los casos más significativos que encontramos son: el caso de la actividad del barquito, aplicada en la etapa de exploración, y con la que se pretendía abordar el preconcepto de que las ondas son energía, cumplió su objetivo hasta la realización del diferenciador semántico, correspondiente a la etapa de estructuración. El otro caso fue el cuestionario abierto de Efecto Doppler, donde los alumnos mostraron evolución del

preconcepto, pero fue necesario motivar una visión retrospectiva para que identificaran que este fenómeno no es exclusivo de las ondas sonoras.

Por otro lado, se observó en la etapa final del estudio la prevalencia del preconcepto de identificar una función trigonométrica, en este caso el seno, como una onda. Aunque las actividades no fueron encaminadas a superar ese preconcepto en particular, se considera importante diseñar una actividad para la evolución del mismo.

Referencias

- García, A.; Estrada, J.C.; Mendoza, E. A.; Mendoza, J.L; Díaz, J. A.; y Ramírez, M. H.; La detección de conceptos erróneos en la clase de física mediante una estrategia del estilo de aprendizaje 1 del 4MAT en alumnos del nivel medio superior, *Lat. Am. J. Phys. Educ.* Vol. 4, Suppl. 1, Nov. 2010, 1041-1043.
- Lara-Barragán A., Un modelo de enseñanza neuropedagógico de las Leyes de Newton para la Net Gen, *Lat. Am. J. Phys. Educ.* Vol. 5, No. 2, June 2011, 526-536.
- Lara-Barragán A., Acerca de la enseñanza-aprendizaje de los conceptos de Fuerza y Trabajo, *Lat. Am. J. Phys. Educ.* Vol. 2, No. 3, Sept. 2008, 253-258.
- Téllez F., López C., Secuencias didácticas ABP para principios de la Dinámica y leyes de Newton en bachillerato, *Lat. Am. J. Phys. Educ.* Vol. 7, No. 1, March 2013, 47-57.
- Ausubel, D.P. et al. (1983), *Psicología Educativa*. Trillas, México.
- C. J Linder, Understanding sound: so what is the problem?, *PhpEduc* 27 1, 1992, 258-264.
- Schenoni G. y Stipcich M., Análisis del desempeño de alumnos de ingeniería en relación a competencias científicas, durante la resolución grupal de un problema de física básica, *Lat. Am. J. Phys. Educ.* Vol. 7, No. 2, June 2013, 284-290.
- Ibarra A., González L. y Pérez L. Los preconceptos sobre ondas en estudiantes universitarios, *Contribuciones a la ciencia en México Volumen 2*, 2016.
- Carrascosa J., El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte I). Análisis sobre las causas que la originan y/o mantienen, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* (2005a), Vol. 2, Nº 2, pp. 183-208.

- Carrascosa J., El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte II). El cambio de concepciones alternativas, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* (2005b), Vol. 2, Nº 3, pp. 388-402
- Guillaron J., Méndez L., Lourenço A., Costa G., Hernández A, Evaluación de las representaciones de los conceptos de peso y masa de los alumnos de enseñanza media en São Carlos y región (Brasil) y en la provincia de Santiago de Cuba (Cuba), *Lat. Am. J. Phys. Educ.* Vol. 6, No. 4, Dec. 2012, 639-647.
- Ostrander J., Wave function modelling of a pendulum-spring system exhibiting simple harmonic motion, *Phys. Educ.* 51, (2016) 1-6.
- Jorba J. y Casellas E., (1997), *La regulación y la autorregulación de los aprendizajes*, Síntesis, España.
- Bellomonte L., Fazio C., Sperandeo-Mineo R. y Tarantino G., Pedagogical models of surface mechanical wave propagation in various materials, *Eur. J. Phys.* 25 (2004) 745–753.
- Pérez de Landazábal, J. Benegas, J. S. Cabrera, R. Espejo, A. Macías, J. Otero, S. Seballos, G. Zavala, Comprensión de conceptos básicos de la Física por alumnos que acceden a la universidad en España e Iberoamérica: limitaciones y propuestas de mejora, *Lat. Am. J. Phys. Educ.* Vol. 4, No. 3, Sept. 2010, 655-668.
- Ramírez M., González G., Miranda I., Detección y análisis de errores conceptuales en estudiantes de física de nivel universitario utilizando el sistema 4MAT, *Lat. Am. J. Phys. Educ.* Vol. 3, No. 1, Jan. 2009, 93-101 México. 2º d.), p. 490. núm. 2, pp. 44-47
- Piaget, J., *La teoría de Piaget, Infancia y Aprendizaje*. Vol. 4, Issue sup2, 1981. Published Online: 29 Apr 2014
- Bhathal R., Sharma and M., Mendez A., Educational analysis of a first year engineering physics experiment on standing waves: based on the ACELL approach, *Eur. J. Phys.* 31 (2010) 23–35
- Rhoads T., Roedel R., The Wave Concept Inventory - A Cognitive Instrument Based on Bloom's Taxonomy, 29th ASEE IEEE Frontiers in Education Conference, Nov 1999 San Juan. Puerto Rico, 13c1-14 – 13c1-18.

Abaco sexagesimal como herramienta para el aprendizaje de aritmética de grados, minutos y segundos.

Oscar Ivan Torres Mena¹⁵, Alejandra Ibarra Morales¹

Introducción

En los planes de estudio del Nivel Medio Básico se encuentran operaciones con ángulos, como lo son la suma y resta de grados, minutos y segundos. Este tipo de operaciones resulta difícil para una parte de la población estudiantil, ya que hasta ese momento de su vida han trabajado en su mayoría solo con un sistema base 10, y el sistema usado para la medida de ángulos es sexagesimal, es decir, base 60.

En este trabajo se propone el uso de un ábaco sexagesimal como instrumento para la enseñanza de este sistema. Con el uso de esta herramienta se busca que el aprendizaje de nuevos sistemas de numeración (en particular el sexagesimal) queden dentro de la Zona de Desarrollo Próximo (ZDP), de tal manera que el conocimiento sea accesible para el estudiante, y la interiorización del método llevado a cabo para el uso del ábaco favorezca la comprensión de la agrupación y el valor posicional en este sistema.

En la medición del tiempo no se observan los mismos problemas que en la aritmética de ángulos, debido a que en la primera solo se suele leer una cantidad sin operar con ella. Se estima que entre los aspectos que generan estos problemas figuran los siguientes:

- El conocimiento de la base 10 es insuficiente. El estudiante sabe realizar operaciones base 10 por una mecanización de los algoritmos, más que por una comprensión del proceso que está realizando.
- Regularmente para operar en base 60 se combinan dos sistemas de numeración. Se usan base 10 y base 60 para operar, lo cual le resulta confuso.

En conjunto estos dos aspectos repercuten en que el estudiante no pueda, o tenga dificultades para usar el sistema base 60. Se propone por ello el uso de un ábaco como herramienta, primero base 10 para una rápida comprensión del uso del sistema de numeración “cotidiano” y posteriormente en sistema sexagesimal.

Objetivos

Desarrollar una herramienta que facilite el aprendizaje de sistemas de numeración diferentes al de base 10, en particular en sistema sexagesimal, como apoyo al aprendizaje de la suma y resta de grados en el nivel medio superior.

¹⁵ ESFM-IPN. Av. Instituto Politécnico Nacional Edificio 9, U.P.A.L.M. Depto. de Física, Col. San Pedro Zacatenco, C.P. 07738, CDMX, México.

Marco Teórico

El ábaco es una herramienta que sirve para realizar operaciones aritméticas, en la cual es de suma importancia el valor posicional. Esto se enseña desde los primeros años del nivel básico, cuando se aprende que 10 unidades equivalen a 1 decena, 10 decenas a 1 centena y así sucesivamente con las unidades de millar, decenas de millar, etc. Aunque existen diversos tipos de ábacos, el más común en México es el ábaco europeo, donde las bolas corren sobre líneas horizontales y cada línea tiene 10 bolas. La capacidad de conteo de cifras del ábaco es igual al número de líneas con las que cuenta, por ejemplo, el ábaco de la Figura 1 tiene 10 líneas de 10 bolas cada una, con lo cual una capacidad de conteo de 10 cifras en base 10. (Calculino, 2017). En la Figura 1 se muestra una fotografía de un ábaco europeo (lo llamaremos solo “ábaco”).

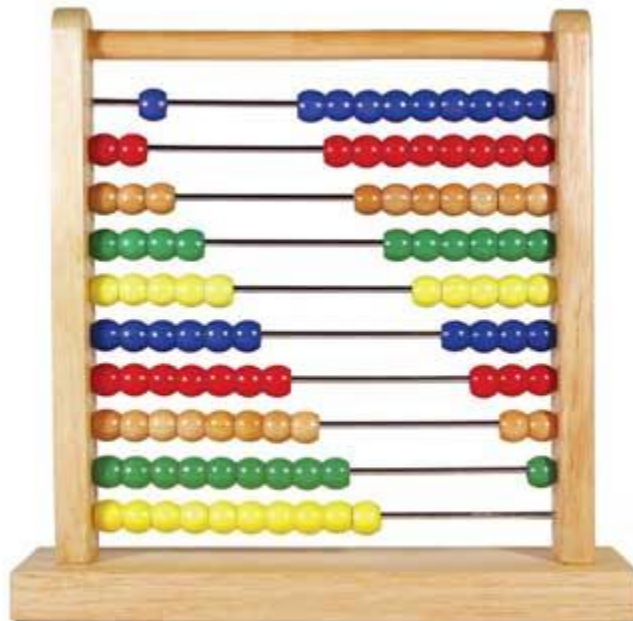


Figura 1. Ábaco europeo
(Imagen extraída del sitio web del Colegio Colombo Británico, 2017)

Vygotsky (1989) explica en su teoría sociocultural que el papel de los adultos, en este caso el profesor, es la dirección y organización del aprendizaje del estudiante. Esta orientación resulta más efectiva cuando ocurre dentro de la ZDP, que entendemos como la brecha entre lo que los estudiantes son capaces de hacer y comprender y lo que está fuera de su alcance. Para que el estudiante interiorice un conocimiento, es preciso que dicho conocimiento quede dentro de su ZDP (figura 2).



Figura 2. Zona de desarrollo próximo de Vygotsky.
(Imagen extraída del sitio web Cuadro comparativo,
<http://cuadrocomparativo.org/cuadros-sinopticos-sobre-zona-de-desarrollo-proximo>)

Cuando los nuevos conocimientos están demasiado lejos de la experiencia previa del estudiante, este no puede asimilarlos e interiorizarlos. Un ejemplo de ello es el trabajo de García-García (2014) sobre la solución de problemas en un contexto Nuus Savi, en el cual se nos habla de las dificultades que se observan en los niños de sexto de primaria para aprender, dado que las clases no se dan en su lengua materna.

Debido a que, en ocasiones los estudiantes de nivel medio superior muestran no comprender el funcionamiento del sistema base 10, que es el usado en la vida cotidiana, para poder aprender el uso del sistema sexagesimal no basta con poner un par de ejemplos en el pizarrón. Se han de realizar varios pasos intermedios hasta lograr el aprendizaje del mismo. Es más fácil que el estudiante aprenda el correcto funcionamiento del sistema usado típicamente, que es el decimal. Para ello se usa primero el ábaco base 10 y posteriormente el base 60. De esta manera cada nuevo paso queda al alcance del aprendizaje del estudiante, hasta que logre aprender a usar el sistema base 60.

Desarrollo

El ábaco propuesto (Figura 3) consiste de tres líneas horizontales, con 60 cuentas cada una, aunque en la última se pueden agregar más. Este ábaco ha de servir para hacer cuentas con grados, minutos y segundos sin decimales.

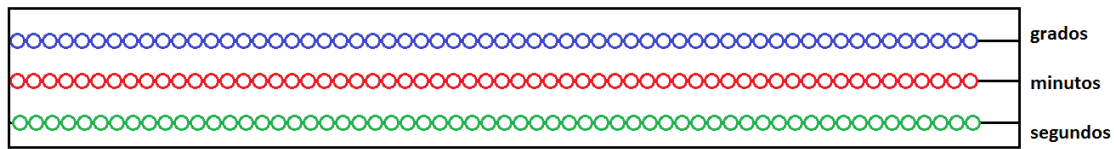


Figura 3. Diagrama del ábaco propuesto

Para explicar el uso del ábaco en base 60 se sugiere presentar al estudiante las siguientes instrucciones.

Este es un ábaco europeo, en el cual se organizan las bolas de forma horizontal. Aunque la mayoría de los ábacos que has visto son compuestos por filas de 10 bolas, este tiene 60, lo que te ayudará a realizar operaciones en el sistema sexagesimal. Los distintos colores sirven para distinguir las jerarquías posicionales.

Cada bola tiene el valor de 1. Según la línea en la que se encuentre, corresponderá a segundos si está ubicada en la línea inferior; minutos si está en la intermedia; o grados si está en la superior. Esto es análogo al ábaco de base diez, en el cual cada nivel corresponde a unidades, decenas y centenas.

Para **sumar con el ábaco**, se inicia colocando todas las bolas hacia la izquierda, e ir moviendo las bolas hacia la derecha, de este modo estarán organizadas poder calcular el total.

Se da el siguiente ejemplo de suma ($30' + 75''$) y conversión de grados a minutos. Para hacer más entendible el ejemplo se hará uso de figuras, en las cuales las cuentas rojas son los segundos, las amarillas los minutos y finalmente las azules las horas.

Para ello se toma el ábaco y se recorren en la línea de los segundos 75 cuentas a la derecha, y 30 cuentas a la derecha en la línea de los minutos. esto para colocar la cantidad inicial. Cuando se lleguen a 60 cuentas en la línea de los segundos se acabarán las cuentas y faltaran segundos por colocar en la cantidad inicial.

Figura 4a). Correspondiente a $60''$.

Así que se recorren las 60 cuentas de los segundos a la izquierda y se recorre una cuenta de minuto a la derecha.



Figura 4b). Correspondiente a 1'. Esta figura es equivalente a la anterior ya que $(1' = 60'')$

Este “intercambio” nos permite tener dos configuraciones, con exactamente el mismo número, ya que $1' = 60''$. Y ahora se recorren otras 15 cuentas de segundo a la derecha, quedando 1 cuenta en minutos y 15 en segundos $(1' + 15'' = 60'' + 15'' = 75'')$.



Figura 4c). Correspondiente a $75'' = 1' 15''$.

Y ahora solo basta mover otras 30 cuentas de minutos a la derecha y ya se tiene la cantidad inicial.



Figura 4d). Correspondiente a $30' 75'' = 31' 15''$

Ahora se desean restar 50 segundos ($50''$) a 30 minutos con 75 segundos ($30' 75''$), para ello se comienzan a mover a la izquierda las cuentas de los segundos, cuando apenas se hallan movido 15, estas se acabarán, por lo cual será necesario “hacer un intercambio”.



Figura 4e). Correspondiente a $31' 15'' - 15'' = 31'$

Para hacer ese intercambio, similarmente que cuando se colocaron los $75''$, se mueven una cuenta de los minutos a la izquierda y las 60 cuentas de segundos a la derecha.

Figura 4f). Correspondiente a $31' = 30' + 60''$

Para continuar restando, aún faltaran $35''$ por lo que se recorren 35 cuentas de segundos a la izquierda.

Figura 4e). Correspondiente a $30' 25''$, que es el resultado final.

A continuación, en la Tabla I, se presentan las especificaciones de las preguntas disparadoras que se proponen para que acompañen al estudiante en el proceso de comprensión del proceso.

Tabla I. Preguntas disparadoras

Pregunta	Objetivo
¿Por qué el sistema que usamos es base 10?	Que el estudiante analice que la razón de tener un sistema base 10 es consecuencia de la naturalidad que presenta este sistema, al tener el ser humano diez dedos.
¿Qué reglas tiene el sistema sexagesimal?	Interiorizar que los distintos sistemas numéricos usados tienen las mismas reglas de asociación y multiplicación.
¿Qué otra base usas en tu vida cotidiana?	Identificar que, aunque parezcan lejanos, estamos en contacto con diversos sistemas de numeración además del decimal, como son el sexagesimal para el conteo del tiempo o el binario en los dispositivos electrónicos. Esta última pregunta nos lleva a que el estudiante observe algunas aplicaciones de otros sistemas de numeración.

Conclusiones y/o posibles usos

El uso del ábaco presentado en este trabajo se sugiere principalmente para su uso en el nivel medio superior, como herramienta en el aprendizaje de suma y resta de ángulos expresados en base sexagesimal, es decir, en grados, minutos y segundos.

Aunque la elaboración y uso de herramientas similares no queda reducida solo a la base sexagesimal.

Referencias

Calculino. Obtenido el 18 de septiembre de 2017 de:

http://www.calculino.com/es/escuela/abaco_informacion.html

Colegio Colombo Britanico. Obtenido de Aula Taller de Matemáticas, el 18 de septiembre de 2017: <http://aulatallercb.weebly.com/aacutebaco.html>

Cuadro Comparativo. Obtenido el 18 de septiembre de 2017 de: <http://cuadrocomparativo.org/cuadros-sinopticos-sobre-zona-de-desarrollo-proximo>)

García J., Navarro C. y Rodríguez F., Los problemas en un contexto Nuú Savi. Un estudio de casos con niños de sexto grado de primaria. Educación Matemática Vol. 26. Núm. 1, abril de 2014.

Regader B., La teoría sociocultural de Lev Vygotsky, Obtenido de Psicología y Mente, el 18 de septiembre de 2017:

<https://psicologiaymente.net/desarrollo/teoria-sociocultural-lev-vygotsky>

Vygotsky, L. S. (1989). “El Desarrollo de los Procesos Psicológicos Superiores”. Barcelona: Crítica. (Publicado originalmente en 1931).

Una manera más para tratar de solventar obstáculos en el aprendizaje de la trigonometría plana sin recurrir a métodos tradicionales

José Hardi Romero Mendoza¹⁶, Luz María de Guadalupe González Álvarez¹⁷

Introducción

Este trabajo tiene por objetivo presentar una propuesta didáctica orientada al desarrollo de los conceptos básicos de la trigonometría, así como sus identidades básicas, a través de conceptos geométricos, con ayuda del profesor en rol de guía. Al mismo tiempo se busca desarrollar la responsabilidad de los estudiantes; que adquieran o mejoren, las habilidades de trabajo en equipo; y alentar su espíritu de indagación a través de la experimentación directa con los instrumentos físicos y matemáticos que se les otorguen.

El tema fue elegido debido a la importancia que tiene la trigonometría en el desarrollo de áreas científicas; la flexibilidad de corroboración de resultados a través de aplicaciones en ambientes cotidianos; y la poca importancia que se le suele dar al curso de trigonometría plana, al restringir las actividades de aprendizaje al uso de recursos mecanicistas. Dicha restricción trae consigo problemas con otros cursos, ya que la mecanización de las matemáticas, sin reflexión, genera una gran dificultad para relacionar la trigonometría con aplicaciones en el ámbito real y trae consigo un bajo desempeño del alumno en áreas como la física o el cálculo, las cuales son indispensables para el desarrollo del alumno en las ciencias.

Para elaborar la propuesta didáctica se utilizó un enfoque pedagógico cognitivo. En tal ambiente se busca orientar al alumnado a razonar e inferir los conceptos que debe aprender tras cada actividad, e intuir los conceptos subsiguientes con ayuda del trabajo colaborativo y el profesor. Por otra parte, se pretende también llevar a los alumnos a través de una didáctica constructivista, desde conocimientos simples y concretos, hasta conocimientos más complejos y abstractos, en un ciclo de aprendizaje. En este ciclo se buscará que hagan uso de las diferentes formas de representación de los objetos estudiados, solventando de esta manera los problemas y desarrollando las habilidades ya mencionados.

Esta propuesta didáctica, anteriormente mencionada, se encuentra organizada de tal manera que cada una de las secciones cuenta con una conexión directa con las anteriores y posteriores. A su vez, en cada una de ellas se puede encontrar un conjunto de preguntas que llevan a los alumnos a pensar sobre las actividades o situaciones que se plantean, y una serie de trabajos individuales o en trabajo colaborativo, pensados para intentar solventar las dificultades de aprendizaje comunes en la trigonometría, y aquellas que surjan en el transcurso. También se presentan, en algunas de las actividades: datos curiosos, referencias directas a los

¹⁶ Escuela Superior de Física y Matemáticas del IPN

¹⁷ Escuela Superior de Física y Matemáticas del IPN

alumnos y profesor, e ilustraciones que pueden ayudar a la comprensión y a la adquisición firme de los conocimientos.

Objetivos

El objetivo de este trabajo es presentar una secuencia didáctica que ayude al alumnado a desarrollar los conceptos básicos de la trigonometría, así como sus identidades básicas, y algunas aportaciones transversales, a través de conceptos geométricos, con ayuda del profesor en rol de guía.

Marco teórico

Importancia de la trigonometría en las ciencias

Bien es sabido que a niveles superiores de educación, las matemáticas juegan un papel muy importante. “El nivel matemático que haya alcanzado una disciplina cualquiera es una medida de su estado de desarrollo y de su confiabilidad” (Zeledón, s.f.). Así pues, hoy día no existe disciplina alguna en la cual las matemáticas no estén presentes. En particular, la trigonometría forma parte de las piedras angulares en el estudio de la física y las diversas ramas de la ingeniería, debido a la facilidad que brinda en el análisis de problemas para su solución en el ámbito científico, la comprensión que otorga en el estudio del comportamiento de fenómenos que se esté estudiando; y así como la utilización de la misma para la solución a problemas de la vida real (Roumieu, 2014).

Sin embargo, uno de los grandes problemas que se presenta en la trigonometría es su nivel de abstracción, no siempre adecuado al nivel escolar en el cual se enseña; y la poca importancia que parece prestársele en nivel bachillerato, pese a su gran uso posterior. Es hasta el nivel superior donde el alumnado debe valerse de sus capacidades para comprender la aplicación de la trigonometría en temas que parecieran no tener relación con la misma, y no es de extrañarse que, pese a parecer evidente su aplicación en determinados problemas, no suelen pensar en ella, sino que requieren mediación.

Problemática en el aprendizaje

Se pueden observar las principales causas del déficit del aprendizaje en la trigonometría, entre las cuales podemos mencionar: uso de diversos tipos de notación; nivel de abstracción; uso del concepto de función; forma en la que se definen las funciones trigonométricas, sin explicar el motivo de su definición; y el corto tiempo en el que se pretende que el alumnado conciba toda una gama de nueva información abstracta, como lo plantea la Secretaría de Educación Pública en el programa académico (S. E. P., 2016) con la enseñanza de las seis funciones trigonométricas en una sola unidad, definiendo las mismas de tal manera que parecieran no tener un génesis.

Por otra parte podemos encontrar que no existen otras dificultades, además de las mencionadas, en el aprendizaje de la trigonometría por parte el alumnado, se puede encontrar toda una gama de ellas (Medina, 2010), que pareciera poco importante, ya que se suele dar por hecho que son cuestiones que el alumnado ya domina sin problemas. Uno de los problemas y es la excesiva mecanización que se utiliza para la enseñanza de la trigonometría. Estos se ve reflejado en los diversos libros de educación media superior en los cuales es difícil encontrar una unidad didáctica que trate la definición de las funciones trigonométricas y sus aplicaciones de una manera constructiva.

Propuesta didáctica

La propuesta didáctica que se presenta está pensada como un intento de solventar los problemas anteriormente mencionados, a través de una didáctica constructivista, que incluye una etapa de aprendizaje significativo y otra de mecanización, cuando ya se ha trabajado en la construcción de las ideas. Se toma en cuenta la zona de desarrollo próximo, y se utiliza la pedagogía del trabajo (Trilla, y otros, 2007), los modelos de representación de J. Bruner y la estructuración de los aprendizajes (Jorba & Casellas, 1997).

Desarrollo

A continuación se presentan algunas de las actividades de aprendizaje que forman parte de la propuesta didáctica:

Actividad.- Relaciones entre lados de triángulos semejantes

En una hoja de papel, dibuja una serie de al menos 5 triángulos rectángulos que contengan un ángulo de 30° , de tamaños diversos. Mide todos los lados (hipotenusa, cateto opuesto al ángulo de 30° y cateto que forma dicho ángulo). Después calcula los cocientes de cada uno de los catetos, entre la hipotenusa, para los diferentes triángulos, y compara los resultados. Escribe el resultado de la comparación.

Actividad. – Descubrimiento del Seno y Coseno.

Herramientas:

- Hoja de papel
- Lápiz
- Regla
- Compás
- Transportador

Sobre una hoja de papel traza un plano cartesiano y, con la ayuda de un compás, un círculo cuyo centro esté en el origen.

Dibuja un radio con inclinación esté entre 0° y 90° . Del punto de intersección del radio con el perímetro del círculo, dibuja una perpendicular al eje de las abscisas.

Da nombre a cada uno de los lados del triángulo formado, así como a los vértices y ángulos. El dibujo realizado deberá quedar similar a la siguiente figura:

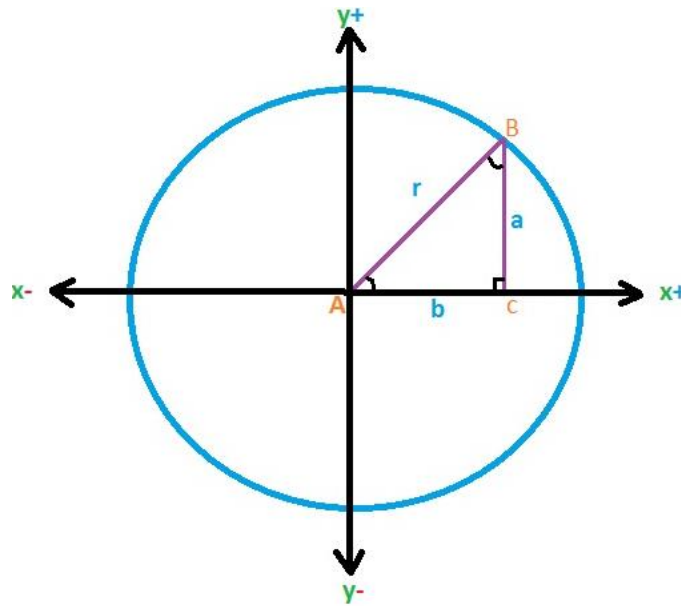


Figura 1- Ejemplo de dibujo para la actividad “Descubrimiento del seno y coseno”.

Del curso de Geometría, se sabe que un segmento de arco se puede obtener mediante la siguiente formula:

$$\text{Arco} = r\theta$$

Es decir, se puede obtener el valor de un segmento de arco sabiendo solo el radio y el ángulo correspondiente de apertura. Y por ello es que el perímetro está dado por:

$$P = 2\pi r$$

Que se obtiene tras sustituir solamente θ por 2π , que corresponde al total de grados en radianes de un círculo.

Por otra parte se puede saber cuánto vale un ángulo, si se sabe el valor del arco y el radio, y basta solo despejar θ para obtener:

$$\text{Arco}/r = \theta$$

De acuerdo con la figura 1:

- De manera análoga ¿Podría haber un método para obtener el lado 'a' solo con el radio y el ángulo de apertura que está justo al frente del lado 'a'? ¿Cómo?
- ¿Una vez obtenida la longitud de ese lado, se podría saber cuánto vale el lado 'b'? ¿Cómo?

Cuanto más cercano a 0° sea el ángulo de inclinación del radio, menor será el lado 'a', el cual crecerá hasta un valor máximo, cuando el ángulo sea aproxime a 90° .

Imagina que el radio del círculo que hemos dibujado anteriormente, tiene como dimensión la unidad. Entonces, cada ángulo tendría asociado un valor de 'a', y se dice que 'a' está en función de θ . Esto se puede representar como $S(\theta)$. Si el radio tiene un valor diferente de 1, se tendría que dividir 'a' entre el valor del radio, para llegar a los mismos valores de $S(\theta)$ para cada ángulo.

- Tomando en cuenta la función $S(\theta)$, y utilizando sólo dos lados del triángulo para definirla, ¿Cómo obtendrías el lado opuesto de los ángulos A y B? Escribe la igualdad correspondiente.

De manera similar trabaja ahora con una función $C(\theta)$, la cual podría obtenerse como resultado el cateto adyacente de algún ángulo.

- ¿Cómo obtendrías el lado opuesto adyacente de los ángulos A y B? Escribe la igualdad correspondiente.

De ahora en adelante llamaremos Seno a la función $S(\theta)$ y Coseno a la función $C(\theta)$.

- Ahora, corresponde dar las posibles definiciones generales de éstas dos funciones, haciendo uso de notación matemática y de palabras, ten en cuenta que el radio del círculo también es la hipotenusa del triángulo sobre el que se trabajó.
- ¿Estas definiciones son correctas para cualquier radio? ¿Por qué?

Observa y concluye si es posible utilizar las definiciones obtenidas para un radio cualquiera. Para ello, dibuja nuevamente un triángulo rectángulo dentro un círculo con un radio distinto de la unidad, sobre el mismo cuadrante, y que el ángulo A sea de 15° . Posteriormente llena la siguiente tabla utilizando la definición dada para tus funciones, compárala con los datos obtenidos de tus compañeros y responde las preguntas.

Catetos	Valor medido	
a		
b		
Hipotenusa (r)		
Razones	Definición	Valor calculado
Seno (15°)		
Coseno (15°)		
Seno (75°)		
Coseno (75°)		

- ¿Tus compañeros obtuvieron las mismas mediciones para los catetos y la hipotenusa?
- ¿Y para las razones?

- ¿Por qué crees que se obtienen esos resultados, para triángulos con diferente medida de lados?
- ¿Pueden las funciones encontradas aplicarse a algún otro tipo de triángulo? ¿Por qué?
- Resume lo que has aprendido con ésta actividad.

DATO CURIOSO

¿Sabías qué...

La fuente del nombre “seno” proviene la palabra en latín “sinus”, que puede traducirse como “hueco” o “cavidad”, que hacen referencia a la “concavidad” que se genera con un determinado ángulo.

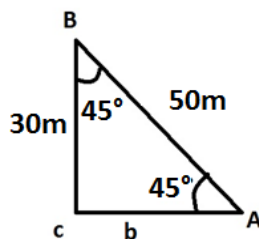
Por otra parte “coseno” puede leerse como una abreviatura de dos palabras, “co” y “seno”, donde la primera se refiere a “complemento”, es decir, coseno puede leerse como “complemento del seno” ya que las funciones seno y coseno difieren, siendo el valor del seno de uno, igual al coseno del otro (Colegio n° 3 "Exodo Jujeño", 2016).

Actividad 3.- ¿Cuándo usar seno y coseno?

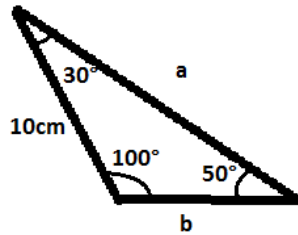
Herramientas:

- Lápiz.
- Papel.
- Calculadora científica.

1.- En seguida se muestra un triángulo con algunos datos de medidas de sus lados y ángulos. Calcula el cateto restante con ayuda de las dos funciones aprendidas y comprueba tu resultado haciendo uso del teorema de Pitágoras.



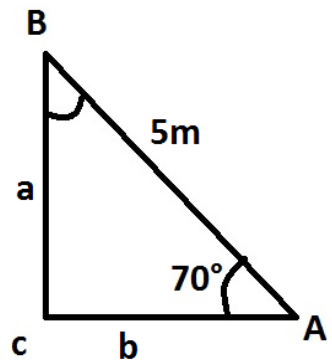
2.-Dibuja en tu cuaderno un triángulo con las siguientes características y responde las preguntas.



- Con lo que has aprendido hasta ahora ¿Puedes obtener el valor de los lados restantes?
- ¿La función $\text{Sen}(50^\circ)$ es igual a $10/a$, y el $\text{Cos}(50^\circ)=b/a$? ¿Por qué?
- Mide cada uno de los lados y sustituye las variables de $\text{Sen}(50^\circ) = 10/a$ y $\text{Cos}(50^\circ)=b/a$. Comprueba los resultados evaluando $\text{Sen}(50^\circ)$ y $\text{Cos}(50^\circ)$ en su calculadora.
- ¿Tu respuesta anterior fue acertada?

3- Con ayuda de la ilustración presentada completa la tabla siguiente.

Nombre del Angulo	Medida del ángulo	Seno	Coseno	Cateto a	Cateto b
A					
B					



4.- Un bombero ha colocado una escalera apoyada sobre una pared, formando un triángulo rectángulo cuya base mide 30 cm y su altura es de 40 cm. El bombero dice que ha colocado la escalera de tal modo que, el ángulo que se forma en el suelo es de exactamente 38° . Muestra al bombero por qué ése ángulo no puede ser 38° exactos.

5.-Discute con tus compañeros las siguientes preguntas y argumenten sus respuestas.

- ¿Conocen algún método por el cual puedas obtener los ángulos de un triángulo si sabes solo el valor de sus lados? ¿Hay restricciones en cuanto al tipo de triángulo al que es aplicable?
- ¿Por medio de alguna de las funciones seno o coseno se puede obtener nuevamente el ángulo al que se evalúa? ¿Cómo?
- ¿Crees que haya más funciones parecidas a las que ya has aprendido hasta ahora? Es decir, funciones que involucren solo las componentes de un triángulo rectángulo. Explica tu respuesta.

Conclusiones y/o posibles usos

Con ésta secuencia didáctica se espera que el alumnado desarrolle sus habilidades de trabajo en equipo, de análisis y su independencia en el estudio, para favorecer que obtenga un aprendizaje significativo, de manera que no tenga que memorizar todos los conceptos y resultados del curso, sino solo aquellos conceptos básicos e ideas básicas que le permitan poder replicar las herramientas de la trigonometría en algún momento dado.

Referencias

- Colegio n° 3 "Exodo Jujeño". (2016). <http://colegion3.wixsite.com>. Obtenido de ¿te animás a aplicar razones trigonométricas?: <http://colegion3.wixsite.com/razontrigonometrica/inicio>
- Jorba, J., & Casellas, E. (1997). La regulación y la autoregulación de los aprendizajes (Vol. 1). Vallehermoso, Madrid, España: SINTESIS.
- Medina, F. J. (11 de 2010). Unidad didáctica: Trigonometría. Granada, España.
- Roumieu, S. M. (2014). La importancia de las funciones en la formulación de modelos matemáticos utilizando tecnología: implementación del modelo 1 a 1. Buenos Aires, Argentina.
- S. E. P. (2016). Dirección General del Bachillerato. Recuperado el 21 de febrero de 2017, de <http://www.dgb.sep.gob.mx>
- Trilla, J., Cano, E., Carretero, M., Escofet, A., Fairstein, G., Fernandez, J. A., Vila, I. (2007). El legado pedagógico del siglo XX para la escuela del siglo XXI. España: Graó.
- Upegui, G. A. (2012). Aproximación a la enseñanza de las razones trigonométricas a través del trabajo experimental en matemáticas en el grado décimo. Santiago de Cali.
- Zeledón, D. E. (s.f.). Uso de la Geometría y la Trigonometría en la solución de problemas físicos. Costa Rica.

**Propuesta con enfoque didáctico constructivista para el estudio
del concepto de una función y algunas de sus
características a nivel medio superior**

Daniela Andrés Estrada¹⁸

Introducción

Dentro del programa de estudios de la licenciatura en física y matemáticas de la Escuela Superior de Física y Matemáticas, existe la opción Matemáticas educativas. Una de las asignaturas impartidas dentro de esta opción es Didáctica General. Como trabajo final de esta materia, se eligió un tema dentro del programa académico de algún nivel del sistema educativo mexicano y se realizó una propuesta didáctica para su enseñanza-aprendizaje.

El interés por el tema para realizar este trabajo, resultó principalmente de la observación personal de varias dificultades que aparecían en compañeros durante el estudio de una función, entre las cuales, por mencionar alguna, se encuentra la confusión sobre la naturaleza matemática de una función y sus formas de representación. Esto no sólo provoca problemas en la materia de matemáticas, sino también en otras ramas de estudio, puesto que, frecuentemente se recurre a funciones para modelar múltiples fenómenos propios de diversas disciplinas como la física, la química, y la economía.

Tomando en cuenta la experiencia propia a lo largo de mi formación académica, la decisión fue realizar una propuesta que apoye a los alumnos de nivel medio superior, quienes presenten obstáculos en la comprensión del concepto de función, orientándolos a que recurran a la indagación personal, que favorecerá al mismo tiempo el desarrollo de la competencia investigativa necesaria para estructurar un pensamiento crítico, reflexivo y creativo, y para emprender proyectos personales y laborales.

Para iniciar el diseño de la propuesta didáctica, se indagó sobre los obstáculos a los cuales los estudiantes se enfrentan a lo largo de su formación académica, para aprender matemáticas. Los principales problemas que resaltaron, fueron: la incompreensión del concepto de función, así como de las nociones que lo rodean; confusiones entre las formas de representación de una función; y la falta de aprovechamiento de la información que cada una de ellas aporta. Fue por esto que el tema elegido para el trabajo se concentró en la enseñanza de la función.

Con el fin de aportar material que pueda ayudar a superar tales obstáculos, se pensó y redactó una serie de actividades de aprendizaje y evaluación aplicables en la enseñanza del concepto de función, creadas con base en el ciclo de aprendizaje

¹⁸ Escuela Superior de Física y Matemáticas

para la enseñanza de las ciencias, es decir, considerando las fases de: exploración, introducción de conceptos, estructuración y aplicación del conocimiento aprendido.

Además, para la creación de dichas actividades, se tomaron en cuenta los intereses, experiencias y entorno de los alumnos, con la intención de generar así una motivación que propicie la indagación personal, y se implementó el aprendizaje transversal recurriendo a otras disciplinas que pudieran aportar algo al desarrollo de la competencia investigativa en cuanto a la valorización de fuentes de información, temas de interés social y demás.

Objetivos

El objetivo de la propuesta didáctica es que, al finalizar el curso, el alumno sea capaz de describir el comportamiento de una función, utilizando diferentes formas de representación, determinando si se trata de una función continua o discontinua, creciente o decreciente, indicando la ubicación de los puntos extremos correspondientes a la función, teniendo claros los conceptos de manera intuitiva y en algunos casos formal.

Marco teórico

Después de hacer un análisis de algunas teorías del aprendizaje, se optó por el constructivismo, dado que propone que se parta de las ideas de los alumnos (Ausubel, 1963, citado por Rodríguez, 2014, p. 166) y se proponen criterios de secuenciación de actividades para propiciar la evolución de dichas ideas.

En varios trabajos (Ríos, D., González, L. y Lee, E, 2017), se evidencia que el alumno intenta expresarse en términos matemáticos, así como aplicarlos, sin embargo, esto no significa que entienda tales expresiones y aplicaciones. Se han estudiado dificultades que los alumnos de nivel medio superior encuentran durante el aprendizaje de este tópico y que surgen debido al tipo de enseñanza que prioriza memorizar conceptos, métodos y demás. La teoría que entonces se tomó en cuenta para el desarrollo de este trabajo, como ya se mencionó, fue el constructivismo, ya que ésta se interesa en la comprensión y en la construcción de los conocimientos que el estudiante adquiere, por sobre la acumulación de los mismos sin realmente comprender lo que son, en lo que pueden ser aplicados y cómo es que se representan.

Para ciertas actividades se tomó en cuenta el aprendizaje por descubrimiento (Bruner, 1962-1966 citado por Guilar 2009, pág. 238), el cual se rige en un análisis inductivo, mientras que para otras, fue el aprendizaje por recepción según Ausubel, regido por el análisis deductivo, el que se tomó en cuenta. La razón de la utilización

de estos dos tipos de aprendizaje fue la complejidad de los conceptos o propiedades tratados.

La secuenciación de las actividades fue realizada de acuerdo al ciclo de aprendizaje (Jorba y Casellas, 1997, p. 125-141), conformado por las etapas de: exploración, introducción de conceptos y métodos, estructuración y aplicación; dentro del cual se incluyó el uso de las formas de representación enactiva, icónica y simbólica (Bruner, 1963) así como la zona de desarrollo próximo (Vigotski, 1931).

En la etapa de exploración, lo más importante, según Ausubel (1963, citado por Rodríguez, 2014, p. 166) es averiguar lo que los alumnos saben y dominan para después, a partir de eso, seguir adquiriendo y construyendo nuevo conocimiento pasando a la zona de desarrollo potencial ((Vigotski, 1931). En la etapa de introducción de ideas nuevas, es importante considerar los estadios de representación de Bruner (1963), ya que al tratarse de un tema con un nivel de abstracción relativamente alto, conviene comenzar con actividades que se pudieran palpar, pasar posteriormente al estadio icónico, cuando ya puede esquematizar en su mente, para llegar a la abstracción progresivamente. El estadio simbólico se aborda en el trabajo hasta la etapa de estructuración, donde se trabaja la formalización de los conceptos en un lenguaje matemático que da lugar a una mejor comunicación de ideas acerca del concepto.

Hay acciones que favorecen el aprendizaje del cálculo (Ferrini-Mundi y K. G. Graham, 1991, citados por Penalva y Sánchez, 1994, pág. 26), como enriquecer las concreciones de los conceptos, mejorar los ejemplos y contra-ejemplos, mayor reflexión sobre los conceptos, usar herramientas digitales, tener en cuenta que no todos los conceptos pueden ser graficados de forma sencilla, secuenciar los contenidos de forma coherente para el alumno, promover la participación activa del estudiante y saber qué material es el adecuado para cada nivel escolar. Varias de las cuales se trataron en el desarrollo de la presente secuencia didáctica.

Por otra parte, en varias de las actividades propuestas se incluyó la intención que se deseó dar al trabajo, la cual fue promover la indagación personal por parte del alumno para desarrollar la competencia investigativa (Espinoza, 2013). Para esto fue primordial utilizar contenidos transversales. Estos son temas que no están relacionados directamente con una de las asignaturas de los programas escolares, sino que se trabaja en varias de ellas, por los profesores al mismo tiempo que enseña (Acosta, 2002).

Entre los objetivos de la transversalidad están:

- Construir y fortalecer conocimiento que permita analizar críticamente aspectos de la sociedad.
- Desarrollar actitudes de democracia, respeto con el medio ambiente, responsabilidad, tolerancia, participación, activas y solidarias.

- Generar actitudes de implicación personal en la búsqueda de alternativas justas.

Los cuales fueron tratados en este trabajo, de acuerdo con la intención que se expresó antes. En efecto, promover la indagación personal entre los alumnos, les lleva a desarrollar un pensamiento crítico y a implicarse en los temas que afectan a la sociedad. Es por esto que varios de los ejemplos exhibidos se seleccionaron pensando en la intención de provocar impacto en el alumno para que de esta forma, comenzara a surgir una motivación intrínseca. Dichos ejemplos se presentaron con un contexto de interés para el alumno, ya sea porque éste podría adentrarse fácilmente en él dada la cercanía a su entorno, o por tratar problemas de índole social y que, por lo tanto, le conciernen. Además, las actividades que se implementaron para valorar fuentes de información dan estrategias que pueden ser usadas en un futuro como parte del desarrollo del criterio personal argumentado.

Desarrollo

Para estructurar el trabajo, se tomó como guía el programa de estudios del área de ingeniería y ciencias físico matemáticas de un instituto público reconocido en México y lo planteado en el marco teórico.

Considerando que es importante saber qué conocimientos poseen los alumnos para seguir ampliando tal repertorio, la secuencia didáctica se comenzó con actividades que indagaran, tanto los gustos de los alumnos, como los conocimientos que ya tienen y su mecanización. Entre estas actividades se encuentran las siguientes:

Actividad de conocimiento de los intereses de los alumnos

Para conocer a los alumnos y posteriormente poder elegir temas para el proyecto final, se busca conocer sus intereses mediante la adaptación de una actividad comúnmente aplicada en la enseñanza de idiomas y que se aplica para revisar vocabulario, estructuras gramaticales y demás. La actividad consiste en colocar las sillas correspondientes a cada alumno formando un círculo en el aula. Un primer participante, en este caso el profesor, enunciará una actividad, interés, gustos,... con la que considere que algunos de los demás participantes se identificarán, éstos deberán levantarse de su lugar y, al igual que el profesor, buscar un nuevo asiento. Aquel que quede de pie deberá dar un nuevo enunciado y así sucesivamente. El profesor pondrá atención en las preguntas realizadas para así poder comenzar a pensar en la creación de equipos para el proyecto final así como en los posibles temas por los que sus alumnos se interesarán.

Actividad ¿Sólo sé que no sé nada?

La intención es saber cuáles son los conocimientos previos del alumno así como su forma de trabajo.

Para ver cuáles son los conceptos previos que los alumnos tienen, concernientes al estudio de ecuaciones e inecuaciones, temas importantes para iniciar el aprendizaje de los nuevos conceptos que nos llevarán al estudio formal del cálculo diferencial, se sugiere realizar un KPSI como el que se muestra a continuación y así tener también una mejor noción de las dificultades que los alumnos tienen hasta este momento.

🤔 ¿Sólo sé que
no sé nada? 🤔

- 😞 No, ni siquiera recuerdo haberlo visto en clase
- 🤔 Recuerdo únicamente que lo vimos en clase
- 😊 Conozco los conceptos
- 😄 Sí, conozco los conceptos y podría explicarlos

Utilizando las categorías anteriores, marque con una **X** en el recuadro que corresponda a su nivel de conocimiento de acuerdo a su respuesta a lo preguntado.

¿Sé...	😞	🤔	😊	😄
Diferenciar una ecuación de una inecuación?				
Encontrar soluciones de una ecuación?				
Encontrar soluciones de una inecuación?				
Representar una ecuación por medio de un gráfico?				
Representar una inecuación por medio de un gráfico?				

En esta actividad, además de que el profesor tenga noción de aquello relevante que sus alumnos poseen para continuar su aprendizaje, se pretende que el alumno haga conciencia sobre lo que sabe y lo que no y, por consiguiente, piense en darle solución a esa falta de conocimiento.

Como el hecho de tener una respuesta cerrada a cuestiones sobre si conocen y comprenden o no ciertos conceptos, y si saben aplicarlos, no garantiza que así lo sea, por ello se implementan otras actividades como la presentada a continuación, la cual hace uso de los instrumentos Q-sort y de la parrilla de evaluación. Así, el alumno desarrolla igualmente su competencia crítica.

Representando ecuaciones e inecuaciones

Con el fin de continuar la exploración de los conceptos que los alumnos ya han adquirido en precedentes unidades matemáticas, se considera necesario conocer las representaciones gráficas que estos tienen de algunas ecuaciones e inecuaciones. Para esto, se plantearán los problemas que se muestran a continuación.

Sean las ecuaciones

$$y_1 = -7x + 8(-4x - 5)$$

y

$$y_2 = -5x - 10$$

¿Para qué valores de x se cumple $y_1 < y_2$? Es decir, mediante una gráfica determinar para qué valores de x se tiene

$$-7x + 8(-4x - 5) < -5x - 10$$

Una vez resuelto el problema, podrá observarse el rigor que los alumnos tienen al realizar gráficas y resolver problemas, aportando a los alumnos una nueva forma de resolución de problemas, que es la propuesta por Polya. Se sugiere la elaboración de una parrilla de criterios de evaluación por parte de los alumnos en la que se tome en cuenta la resolución de problemas según el método de Polya, dentro de los criterios de evaluación, los cuales se resaltan por el color verde de la tabla I. La especificación de cada criterio de evaluación, se muestran en la tabla II; y los criterios de calificación, para asignar puntos a cada criterio, en la tabla III.

Tabla I. Parrilla de criterios de evaluación (elaboración propia)

Alumno	Criterios de evaluación									Σ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
A										
B										
C										
D										
E										
F										
Σ										

Tabla II. Nomenclatura de la tabla I (elaboración propia)

Número de criterio de evaluación	Criterio de evaluación
1	Se entendió el problema
2	Se trazó un plan
3	Se ejecutó el plan
4	Se comprobó resultado
5	Se eligió una escala para la gráfica
6	Se precisaron las literales en los ejes de la gráfica
7	Se indicó el sentido de los ejes de la gráfica
8	La respuesta a la pregunta planteada es correcta

Tabla III. Puntaje de los criterios de calificación (elaboración propia)

Criterios de calificación	Puntaje
No lo hizo o es incorrecto	0
Es parcialmente correcto	1
Es correcto	2

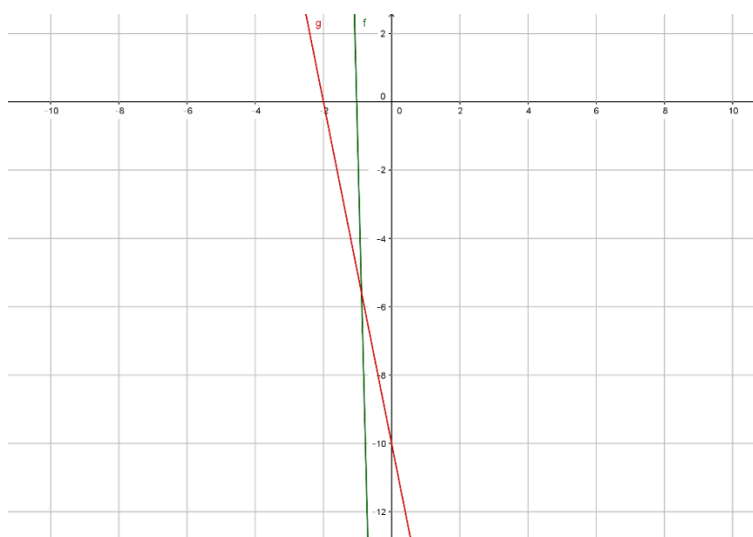


Figura 1. Representación gráfica correspondiente al problema planteado (elaboración propia)

Otros problemas por plantear pueden ser los siguientes:

- Graficar el sistema $y = 3x$ y $x + 2y = 5$. ¿Cuántas soluciones tiene este sistema?
- ¿Cuántas soluciones existen para el sistema $y - 0.5x = 7$ y $2y = x - 3$?

Los cuales pueden ser evaluados con los mismos criterios que el problema anterior. De esta forma, tanto como profesor, como alumnos podrán observar las deficiencias que existen al realizar gráficas, lo que promueve la autorregulación del aprendizaje, mientras que hay un repaso del uso de ecuaciones e inecuaciones y la introducción de un método.

Una vez llevadas a cabo estas actividades, se busca ahora introducir los nuevos conceptos, siempre buscando el interés del alumno y generando una motivación intrínseca al relacionar ejemplos con contextos no ajenos a los alumnos como lo pretende hacer la propuesta siguiente

Paso de ecuaciones e inecuaciones a funciones

Para comprender la relación entre ecuaciones y funciones, respetando siempre la zona de desarrollo próxima del estudiante, se comienza por plantear un problema en el que el punto de partida son las ecuaciones e inecuaciones y correspondencias, introduciendo así el objeto matemático: función.

1. El salario mínimo actual es de 80.04¹⁹ pesos, que corresponde a un aumento del salario mínimo oficial del 3.9% con respecto al del año 2016. ¿Cuál fue el salario mínimo en el año 2016? ¿De qué forma aumenta el salario en los últimos 10 años?

¹⁹ Datos según la página

http://www.sat.gob.mx/informacion_fiscal/tablas_indicadores/Paginas/salarios_minimos.aspx

Tabla III. Salario mínimo correspondiente a los años 1993 a 2017 según SAT
(elaboración propia)

Tiempo (años)	Salario mínimo (\$)
1996	26.45
1998	30.2
1999	34.45
2000	37.9
2001	40.35
2002	42.15
2003	43.65
2004	45.24
2005	46.8
2006	48.67
2007	50.57
2008	52.59
2009	54.8
2010	57.46
2011	59.82
2012	62.33
2012	62.33
2013	64.76
2014	67.29
2015	70.1
2016	73.04
2017	80.04

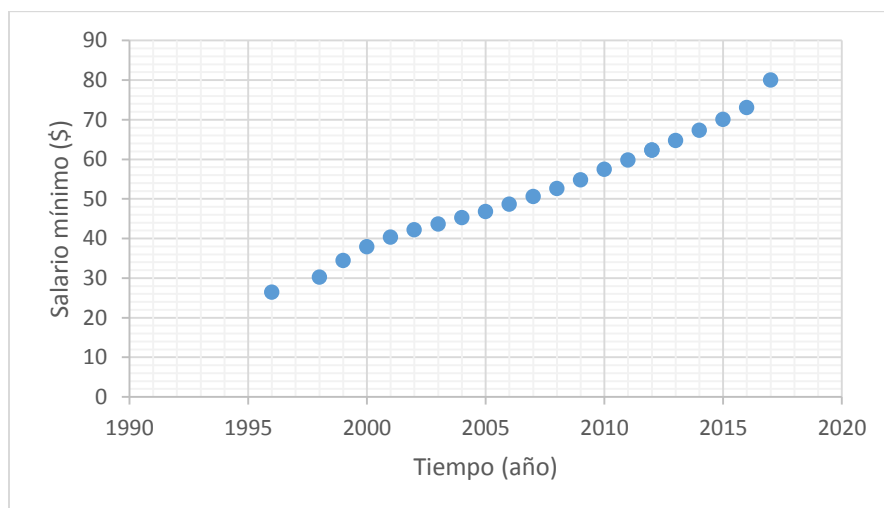


Figura 2. Variación del salario mínimo en función del tiempo

Suponiendo que fue la primera y última vez que el salario mínimo tuvo un incremento del 3.9% con respecto al año precedente y que se retomará lo acostumbrado del 1.blablaba%, ¿Podrías decir cuál sería el salario mínimo en los años 2018, 2019, 2020, 2025, 2030, 2040, 2050? Se sugiere realizar una tabla como la siguiente

Tabla IV. Estimación del salario mínimo correspondiente a los años 2017 a 2040 (elaboración propia)

Tiempo (año)	Salario mínimo mensual (\$)
2017	80.04
2018	
2019	
2020	
2025	
2030	
2040	

Se observa que el salario mínimo aumenta conforme pasan los años, es decir, el salario mínimo depende del tiempo. Se puede decir que está en función del tiempo y se puede modelar entonces por una función f que depende de un valor x , donde x corresponde al tiempo y $f(x)$ a su imagen bajo f .

- Hoy en día, el aumento del precio de la gasolina ha generado disgusto entre la población mexicana. Según la Profeco, el precio de la gasolina magna que es aquella con menor a 92 octanos está alrededor de \$15.98²⁰. Este precio es resultado del aumento

Tabla V. Precio de gasolina magna correspondiente a los años 2010 a 2017²¹ (elaboración propia)

Tiempo (año)	Precio (\$)	Diferencia de precio con respecto al año precedente (\$)
2010	8.36	-
2011	9.32	0.96
2012	10.36	1.04
2013	11.58	1.22
2014	12.86	1.28
2015	13.57	0.71
2016	13.98	0.41

²⁰ El precio depende de cada región. El precio aquí presentado es el correspondiente a la delegación Gustavo A. Madero según la página

<http://www.cre.gob.mx/gasolinas/Consulta/GasolinasyDiesel/GasolinasActual.html> (cf. Anexos).

²¹ Tabla con respecto a INPC

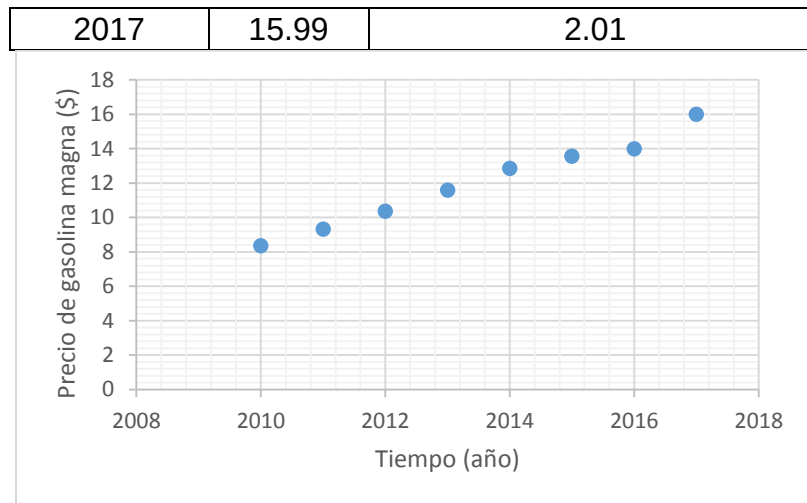


Figura 3. Incremento del precio de la gasolina magna en función del tiempo (elaboración propia)

Se observa que en el año 2017, el aumento del precio ha sido el mayor en los años presentados en la tabla 8. Calculando el porcentaje respectivo, este aumento corresponde a un 14.4%.

Supóngase que la gasolina seguirá aumentando su precio de tal forma que cada vez se aumente el doble de lo que se aumenta cada año por cada litro. ¿Podrías determinar el precio de la gasolina en los años 2018, 2019, 2020, 2025, 2030, 2040? Se sugiere realizar una tabla como la anterior.

Tabla VI. Estimación del precio de gasolina magna correspondiente a los años 2017 a 2040 (elaboración propia)

Tiempo (año)	Precio de la gasolina (\$)
2017	80.04
2018	
2019	
2020	
2025	
2030	
2040	

Realiza una gráfica en la que se muestre la relación entre el tiempo y el salario mínimo y la gasolina y responde las siguientes preguntas.

- ¿En qué año las curvas se encuentran? ¿Qué interpretas con esto?
- ¿Qué ocurre, considerando el intervalo después de que ocurre lo anterior?
- ¿Por qué crees que sea importante hacer estimaciones?

- ¿Cuál es la relación de las funciones con estimaciones?
- ¿Consideras entonces el estudio de funciones importante?

Con esto se desea que el alumno comience a ver la importancia de las funciones y entonces que se interese por ellas.

Los alumnos pueden haber entendido cómo es que se comporta una función, pero no dónde es que puede encontrarse y cómo se aplica. Dar ejemplos donde se traten problemas sociales puede llamar la atención del alumno y generar una motivación intrínseca. El aprendizaje por descubrimiento fue elemental para esta actividad propuesta.

Importancia del estudio de funciones

Para conocer los preconceptos que los alumnos poseen, con respecto al tema de funciones, se propone la actividad siguiente, que al mismo tiempo dará lugar a próximas definiciones y estudio de nuevos conceptos. En esta actividad se pretende también introducir la importancia del estudio de funciones, planteando una posible aplicación en la vida actual. Se presentará a los alumnos el vídeo del siguiente link https://www.youtube.com/watch?v=6Cy_2ZsOBf4 precisando la fuente de dicho video (Canal de YouTube de Muy Interesante) en el cuál se muestra el incremento de la temperatura de la tierra a lo largo de varios años. Tratándose de un tema actual y que nos afecta a todos, se pretende que esto llame la atención y que llegue a impactar al alumnado. Para comenzar a relacionarlo con el estudio de las funciones, se presentará la gráfica de la figura 6 que muestra la estimación del crecimiento de la temperatura en función del tiempo. Esta gráfica fue extraída de la siguiente página <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs/>, donde es posible efectuar acercamientos para poder ver con más detalle los valores correspondientes al intervalo del tiempo 2008-2020. Se pedirá a los alumnos que describan lo que observan en la gráfica. Para apoyarlos, se les podrá plantear alguna o todas las preguntas que a continuación se formulan.

- ¿Qué tipo de figura se muestra en la imagen?
- ¿Qué datos podemos observar?
- ¿Algún depende de otro?
- ¿Cuál sería la variable independiente y la variable dependiente?
- ¿Qué comportamiento tiene la curva observada? ¿Crece? ¿Disminuye?
- ¿En algún momento se corta la curva?
- ¿Hay algún valor máximo para la variable dependiente? ¿Y para la independiente? Si los hay, ¿Qué valores son?
- ¿Hay algún valor mínimo para la variable dependiente? ¿Y para la independiente? Si los hay, ¿Qué valores son?
- ¿Qué pasará con la variable dependiente cuando el valor de la variable independiente aumente de forma exagerada?

Después de haber precisado cada uno de estos puntos, se propondrá hacer una búsqueda sobre la resistencia de temperatura de especies animales o vegetales, para determinar en qué año se extinguirían a causa de la temperatura, así como de otros datos que den, por ejemplo, el nivel del mar según la temperatura, que provoque inundaciones en ciudades o países hasta su desaparición del mapa.

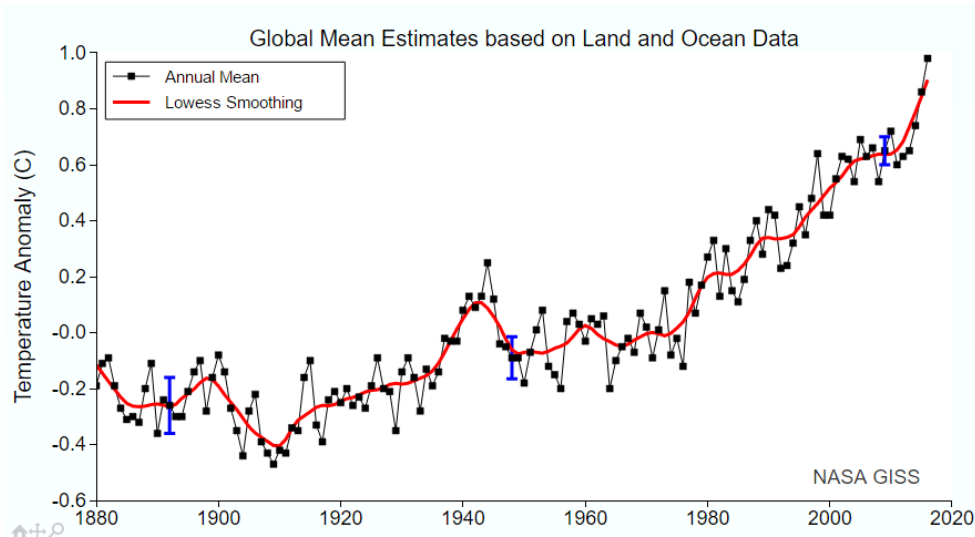


Figura 4. Estimaciones mundiales y regionales basadas en datos terrestres y marinos²²

Una vez teniendo la noción de función comprendida, con apoyo de las actividades anteriores, se siguió a definir formalmente los conceptos relacionados con tal concepto. Para esto, no se optó por el método común en el que el profesor expone directamente la definición de función, sino que se deja que los alumnos la construyan a partir de lo precedentemente visto, además de aquello que conocen fuera del ámbito matemático y que los haga pensar en el tema tratado, como lo indica la teoría constructivista, esto ayuda a eliminar confusiones en caso de existir diferencias entre vocabulario que utilizamos para la vida diaria y el matemático, o bien apoyará justamente la comprensión cuando haya similitud de significados. Las tablas de diferenciador semántico u otras construidas, permiten analizar todo esto.

Definiendo una función

Para que el alumno contribuya con la construcción de la definición de función y tenga clara la definición de función, se le pedirá que diga las palabras en las que piensa inmediatamente cuando se le presenta tal término, entre las posibles ideas que el alumno puede dar están las siguientes:

- Función: relación, regla, variables, dependencia, expresión numérica, de cine, trigonométrica

²² Extraído de la página oficial de la NASA <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs/>

Después de haber anotado todas las palabras se les pedirá propongan una definición formal del concepto función tomando en cuenta en el contexto en el que se está elaborando, es decir, en un ámbito matemático, de esta forma, varias ideas enlistadas serán excluidas para redactar tal definición.

El profesor podrá guiarlos realizando algunas de las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es la naturaleza del concepto?
- ¿Qué otros elementos intervienen?
- ¿Es importante precisar más características de tales elementos?

Una posible propuesta definición es la siguiente:

Una función es una regla de correspondencia que asocia a cada objeto en un conjunto un solo valor de un segundo conjunto.

Después de que los mismos alumnos hayan propuesto sus definiciones, el profesor procederá a dar una definición con términos adaptados al lenguaje matemático, resultando así la siguiente definición:

*Una **función f** es una **regla de correspondencia** que asocia a cada objeto x en un conjunto llamado **dominio**, un **solo valor $f(x)$** , llamado **imagen de x bajo f** , de un segundo conjunto. El conjunto que contienen todos los valores así obtenidos se denomina **rango de la función**.²³*

Representando una función

Ahora que ya se tiene la definición de una función, se debe continuar con el estudio de sus características, pero antes, se deben tratar las diferentes representaciones que existen de una función. Como ya se han dado ejemplos, los alumnos podrán dar por sí mismos algunas de ellas. Se espera que por lo menos mencionen la forma gráfica. Al haber dado un tiempo razonable para que los estudiantes piensen, se les introducirán las cuatro posibles maneras de representar una función:

- Verbalmente (por una descripción en palabras)
- Numéricamente (por una tabla de valores)
- Visualmente (por una gráfica)
- Algebraicamente (por una fórmula explícita)

Pero, una vez mencionadas, se pedirá a los alumnos escriban cómo creen que sea cada una de ellas.

El profesor recordará los ejemplos que ya se han visto y pedirá que tomen en cuenta la definición. Se creará una pequeña tabla en el pizarrón como la tabla 10, en la cual

²³ Definición de Purcell, E., Varberg, D. & Rigdon, S. (2007). *Cálculo diferencial e integral*. México: PEARSON EDUCACIÓN.

los alumnos escribirán las ideas que tuvieron con respecto a cada forma de representación.

Tabla VII. Formas de representación de una función y sus características (elaboración propia)

Forma de representación	Verbal	Numérica	Visual	Algebraica
Características	Verbos • Estar en función de • Depender de • Variar con respecto a	Tabla	Gráfica	Variable dependiente
	Variable dependiente	Unidades	Ejes	Variable independiente
	Variable independiente	Variables	Escala	Expresión
		Valores numéricos	Variables	
			Unidades	

Para reforzar lo visto en esta actividad se pide que lleven ejemplos de funciones sin precisar la forma de representación deseada. Para guiar un poco esta tarea y que tengan un ejemplo en cuanto a la representación verbal, se pedirá investiguen la definición de música, lo cual está altamente relacionado con el tema de funciones. Sin mencionar esto último, se pretende que alumno vea la relación que existe entre el tiempo y los sonidos por sí mismo y que de esta forma tenga una mejor idea de lo que se pide con respecto a los ejemplos pedidos como tarea.

En clase se justificará por equipos la elección de los ejemplos aportados y se verá si se trata o no de una función justificando siempre las opiniones.

Función f vs imagen de un elemento aplicando f

Una de las grandes confusiones sobre el concepto de función es la naturaleza matemática de una función f y la imagen de un elemento bajo la función f . Se pedirá entonces a los alumnos realicen un diferenciador semántico individualmente. Después de unos minutos, el profesor llenará el siguiente cuadro con la participación de la clase entera.

Tabla VIII. Diferenciador semántico: función vs imagen de elemento bajo una función (elaboración propia)

Característica	Concepto	
	Función	Imagen de x bajo f
Notación común	f	$f(x)$
Naturaleza	Regla de correspondencia entre elementos de su dominio y contradominio	Elemento en el contradominio de una función f

En todos los casos, el profesor funge el papel de guía y en caso de que los alumnos se alejen del tema o cometan errores, éste les proporcionará apoyo por medio de preguntas.

Continuando con los conceptos de dominio y contradominio de una función, se sabe que las dificultades en la comprensión aumentan, es por eso que en esta actividad se guía mucho al alumno por medio de preguntas e igualmente se recurre al modo de representación enactivo del que habla Bruner, para que de esta forma, la comprensión de la abstracción se obtenga progresivamente como ya se había mencionado.

¿Función o no función? He ahí el dilema.

Con el fin de dar una primera explicación del cómo se define una función haciendo hincapié en los conceptos de dominio y rango de una función, se hará uso de m número de esferas, por ejemplo, bolas de unicel, de varios tamaños, pudiendo tener algunas del mismo, y una caja de cartón.

Se pedirá a los alumnos que utilizando dichos materiales, intenten representar una función. Se propondrá perforar la caja con tijeras para realizar dicha representación.

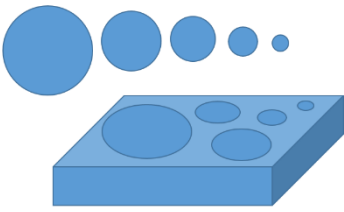
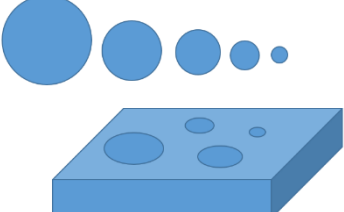
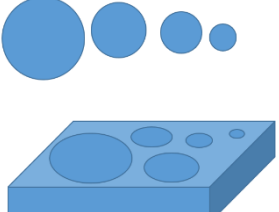
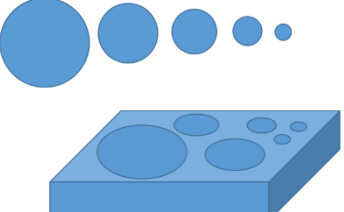
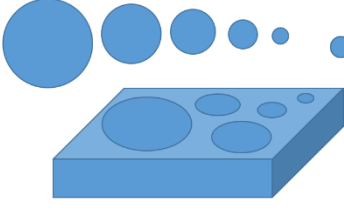
Se pretende que los alumnos perforen la caja con n número de hoyos buscando que las esferas de unicel con las que se cuentan puedan ser introducidas en la caja de tal forma que el del diámetro de la perforación circular, coincida con el de la esfera de unicel. Según el análisis de los alumnos para obtener una función, se tendrán casos en los que se tenga un resultado correcto, pero es posible que algunos obtengan casos en los que no logró lo esperado. Se verá entonces el por qué el resultado fue incorrecto, para lo cual, los estudiantes responderán las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es el dominio de la función?
- ¿Cuál es el rango de la función?
- ¿Cuál es la relación entre los elementos del dominio y los elementos del rango?
- ¿Qué ocurre si cortamos una de las esferas? (En esta última pregunta, se introducirá el concepto de números enteros y reales.)

En caso de que todos los equipos hayan logrado presentar una función, el profesor expondrá con el material utilizado los casos en que eso no hubiera sido posible y hará las preguntas anteriores a los alumnos. Se hará una pequeña observación sobre la noción de funciones suprayectivas, inyectivas y biyectivas aprovechando la representación de las funciones propuestas por cada equipo.

En la tabla de a continuación, se muestran casos relacionados con la actividad precedente en los que se tienen ejemplos de funciones y no funciones.

Tabla IX. Ejemplos de funciones y no funciones según la actividad con caja perforada y esferas (elaboración propia)

Función	No función
 Función biyectiva	 Un elemento no tiene imagen
 Función inyectiva	 Un elemento tiene dos imágenes
 Función suprayectiva	

Para la definición formal de estos nuevos conceptos, se propone llevarla a cabo de la misma forma que para la definición de función, es decir, que sean los alumnos quienes la construyan con apoyo del profesor. De igual manera, se formalizaron los conceptos de variación de una función, creciente o decreciente, de continuidad y de puntos extremos.

A pesar de sugerir que el concepto se construya a partir de lo que el alumno sabe, esto no se limita a que el alumno no aprenda cosas por sí mismo con anterioridad. Se sugiere entonces motivarlos a indagar por su propia cuenta, pero no sin analizar antes cómo es que esto puede realizarse de una forma correcta. Es aquí donde el

aprendizaje transversal tiene un peso mayor en el trabajo. Se proponen actividades no propias de la matemática que instruyan a los alumnos en la indagación como la búsqueda de información en medios confiables. Ciertas actividades de esta propuesta didáctica están dedicadas a esto.

Indagación previa a clases

Con el fin de despertar el gusto por la indagación personal, se pedirá a los alumnos buscar información sobre los temas que se verán en la clase posterior, comenzando con el concepto de cálculo investigando su significado y un poco de historia en la bibliografía presentada por el profesor, posteriormente en medios de divulgación, buscar ejemplos de funciones en cualquiera de sus formas de representación que se mencionaron en la actividad 3 de enseñanza.

Se preguntará a los alumnos cuáles son los medios que comúnmente usan para obtener información sobre algún tema en particular.

Se preguntará también qué es lo que creen que caracteriza una página confiable y una no confiable para realizar una tabla con criterios de selección como la que se muestra a continuación.

Tabla X. Indicadores y criterios para reconocer un sitio web confiable y no confiable (elaboración propia)

Indicadores	Criterios	
	Sitios confiables	Sitios no confiables
Autoría de los materiales	Adscripción del autor Información sobre el autor Medio de contacto (e-mail) Logotipo de la organización Declaración de principios y propósitos del sitio de internet	Ausencia de autor
Actualización del sitio web	Fecha de creación Fecha de actualización Información actual y actualizada	Fecha de actualización muy antigua Información no actualizada
Contenido	Objetividad Correcta ortografía Sin errores gramaticales Referencias a otras fuentes	Faltas de ortografía Errores gramaticales Sin referencias
Accesibilidad	Diseño compatible con diferentes navegadores y resoluciones de pantalla Versiones alternativas de visualización Cumplimiento normativa WAI Versión en otros idiomas	Diseño no compatibles con muchos navegadores

Funcionalidad	Existencia de enlaces actualizados	Enlaces incorrectos Enlaces obsoletos Enlaces inexistentes
Diseño	Estructura lógica Presentación funcional, elegante, atractiva Combinación de colores armoniosa Tipografía textual adecuada Homogeneidad de estilo y formato	Tipografía no adecuada al contenido Heterogeneidad de colores

Tabla XI. Lista de sitios confiables y no confiables para consulta de información (elaboración propia)

Sitios	
Confiables	No confiables
➤ Motores de búsqueda ○ Google académico ○ RefSeek ➤ Base de datos ○ Redalyc ○ ERIC ○ ScienceDirect ➤ Bibliotecas en línea ○ Scielo ○ Galicia ○ Biblioteca Digital Mundial ○ Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes ➤ Diccionarios en línea ○ RAE ➤ De organizaciones gubernamentales (.org)	➤ Wikis ○ Wikipedia ➤ Blogs

Una vez definido cada uno de los conceptos, llega el momento de aplicarlos, y es por medio de ejemplos que esto realiza. La etapa alcanza hasta aquí es la de estructuración, en la que los alumnos ya pueden aplicar el nuevo conocimiento adquirido y seguir descubriendo aún más como nuevos teoremas. Un ejemplo de las actividades que involucran esto es la siguiente:

Médico de funciones

Para operar con funciones e introducir entonces teoremas y leyes sin comprendiendo su origen, inicialmente, se preguntará a los alumnos qué es lo que creen que pase al sumar, restar, multiplicar y dividir funciones.

Se procederá después poniendo diversos ejemplos de funciones f y g para así operar con ellas y ver qué es lo que sucede al evaluar las funciones en diferentes valores de x .

$$f(x) = x^2$$

$$f(x) = \sqrt{x}$$

$$f(x) = e^x$$

$$f(x) = \log x$$

$$f(x) = x$$

$$f(x) = 4$$

$$f(x) = x^2 + x$$

Por equipos trataran un par de funciones que deseen seleccionar de las anteriores, evaluándolas para los valores que se muestran en la siguiente tabla. Se recomienda llenar la tabla.

Tabla XII. Operaciones de funciones (elaboración propia)

x	$f_1(x)$	$f_2(x)$	$f_1(x) + f_2(x)$	$(f_1 + f_2)(x)$	$f_1(x) - f_2(x)$	$(f_1 - f_2)(x)$	$f_1(x) \cdot f_2(x)$	$(f_1 \cdot f_2)(x)$	$\frac{f_1(x)}{f_2(x)}$	$\left(\frac{f_1}{f_2}\right)(x)$
-50										
-25										
-5										
-4										
-3										
0										
7										
10										
30										

Posteriormente, se intercambiarán las tablas por equipo y se responderá la siguiente pregunta: ¿Qué podemos deducir a partir de la tabla?

Otro instrumento que puede ser utilizado en la etapa de estructuración es el mapa conceptual. A continuación se muestra una parte del propuesto en la secuencia didáctica.

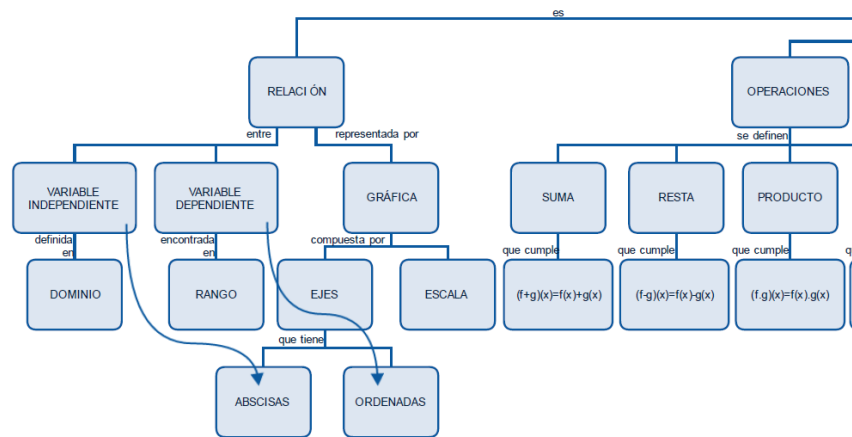


Figura 5. Parte de mapa conceptual ejemplo (elaboración propia)

Finalmente, para culminar con el programa correspondiente a esta secuencia, se toma en cuenta la etapa de aplicación según el ciclo de aprendizaje de Driver-Jorba, en la que el alumno aplica el conocimiento adquirido en una situación que no hace hincapié en la mecanización de lo aprendido sino en la comprensión. Es así que se propone un proyecto final

Proyecto final

Para aplicar todos los conceptos vistos en la unidad didáctica, se pedirá a los alumnos un trabajo final que consta en hacer uso de la fotografía. Después de haber visto la noción, definición y ejemplos de función, se propondrá a los alumnos la elaboración de un proyecto final por equipos. Según los intereses de los alumnos observados hasta el momento por el profesor, éste propondrá equipos de trabajo. El proyecto consistirá en mostrar inicialmente, por medio de una fotografía, un ejemplo de función que pueda ser observado en el entorno del estudiante de tal forma que quede evidenciados los intereses de cada alumno. Con esto y lo observado en la actividad 1, el profesor conformará los equipos de tal forma que los integrantes de cada equipo tengan intereses comunes. Ahora, cada equipo seleccionará una fotografía con la cual deseen continuar el trabajo. Pero antes de la elección, se precisará el objetivo del trabajo y algunos criterios que deberá contener el trabajo, los cuales se muestran a continuación en la tabla 17.

De esta forma se aplicarán los conceptos propios del tema matemático trabajado, pero también pondrán en práctica las aportaciones que se hicieron al desarrollo de la competencia investigativa.

Tabla XIII. Indicadores y criterio para la evaluación del trabajo final (elaboración propia)

Indicador	Criterios	Porcentaje
Introducción	• Justificación (problemática)	20%
Objetivo	• Uso de verbos activos	20%
Desarrollo	• Modelar la situación creciente/decreciente máximos y mínimos continua/discontinua	40%
Conclusión	• Recapitulación breve	5%
	• Apertura a otros problemas	10%
Referencias	• Respeto del formato elegido • Referencias válidas	5%
Anexos	-	-
		100%

Una vez que hayan tenido una idea sobre el tema, se planteará al profesor para discutir la motivación para el proyecto. Se pedirá propongan una función que se relacione con su fotografía, se pedirá el estudio fundamentado de dicha función y se resolverán preguntas propuestas por el profesor después de haber analizado los temas seleccionados. Se evaluará utilizando una parrilla de evaluación.

Tabla XIV. Parrilla de criterios de evaluación correspondiente al trabajo final (elaboración propia)

Criterios de evaluación						
Equipo	1	2	3	4	5	Σ
A						
B						
C						
D						
E						
Σ						

Tabla XV. Puntaje de los criterios de calificación (elaboración propia)

Criterio de calificación	Puntaje
No lo hizo o es incorrecto	0
Es parcialmente correcto	1

Es correcto	2

Tabla XVI. Nomenclatura de la tabla XV (elaboración propia)

Número de criterio de evaluación	Criterio de evaluación
1	Determinar variables
2	Determinar relación entre variables: propuesta de función
3	Modelo
4	Trazado de gráfica: Escala, ejes, valores, nombre de curva,
5	Ubicación de puntos extremos (x,y)

Conclusiones y/o posibles usos

El conocer los obstáculos que los alumnos tienen al estudiar ciertos temas permite mejorar la elaboración de un plan de clase por parte del docente, de tal forma que mejore la calidad de la enseñanza y del aprendizaje por parte del alumno. El haber optado por una didáctica constructivista favoreció la implementación de la intención del trabajo que fue el propiciar la indagación personal de los alumnos. Me quedó claro lo enriquecedor que resulta ser apoyarse en el aprendizaje transversal ya que el alumno puede tener mayor interés y que pueda formarse en diferentes ámbitos además del académico, por ejemplo, el sociocultural.

Queda mucho por profundizar del trabajo así como llegar a garantizar la confiabilidad y validez de cada una de las actividades, tanto internas y, ¿Por qué no?, externas en caso de lograr obtener las primeras y difundir la propuesta didáctica. Las demostraciones no fueron tratadas en este trabajo debido a que introducir los preconceptos para el estudio formal del cálculo diferencial e interpretarlos de forma correcta es muy basto. Esto no implica que los contenidos posteriores no sean importantes, sino que es necesario tener buenas bases para seguir aprendiendo.

Referencias

- Acosta, R. (2002). *“Inserción del eje transversal responsabilidad social en los planes de estudio de la Universidad Metropolitana”*. España: ANALES. Vol. 2, N° 2 (Nueva Serie): 51-71.
- Alayo, F. (1989). *“Funciones gráficas”*, SUMA, 4, pp. 39-42.

- Guilar M. (2009). *Las ideas de Bruner: "de la revolución cognitiva" a la "revolución cultural"*, Venezuela: Educere, vol. 13, núm. 44, enero-marzo, 2009, pp. 235-241.
- Jorba J. Casellas E. (1997). *"La regulación y autorregulación de los aprendizajes"*, España: Editorial Síntesis.
- James, S. (2012). *"Cálculo de una variable. Trascendentes tempranas"*, México: CENGAGE Learning.
- Liern, V. (1994). *"La música y sus materiales: una ayuda para las clases de matemáticas"*, SUMA, 14-15, pp. 60-64.
- Penalva C. & Sánchez J. (1994), *"Problemática de la enseñanza de conceptos del cálculo"*, España, SUMA, 14-15, pp. 25-26.
- Polya, G. (1965). *"Cómo plantear y resolver problemas"*, México: Trillas.
- Purcell, E., Varberg, D. & Rigdon, S. (2007). *"Cálculo diferencial e integral"*, México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Ríos, D., González, L. & Lee, E. (2017). *"Estudio transversal de la noción de función en estudiantes de Física y Matemáticas: un estudio de las dificultades comunes (tesis de grado)"*. Escuela Superior de Física y Matemáticas, Ciudad de México, México.
- Rocha y cols. (2007). *"Matemáticas para la vida 3."*, México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Rodríguez, M. (2014) *Análisis y evaluación de la docencia universitaria mediada con tecnología* (Tesis doctoral, Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad Autónoma de Barcelona) Obtenida en noviembre de 2017 de: <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/286076/mrb1de1.pdf;sequence=1>
- Saidel, H. (2011) manual Mosby de exploración física. España: Elsevier.
- Vall, C. & Deulofeu J. (febrero 2000). *"Las ideas de los alumnos respecto de la dependencia funcional entre variables"*, SUMA, 33, pp. 73-81.
- Vygotsky, L. S. (1989). *"El Desarrollo de los Procesos Psicológicos Superiores"*. Barcelona: Crítica. (Publicado originalmente en 1931).
- Zill, D. G. (2011). *"MATEMÁTICAS 1. Cálculo diferencial"*, México: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES.

Aceleración constante y caída libre con un enfoque hacia personas con ceguera o baja visión. Nivel Superior.

Baltazar Fernández Oralia²⁴

Introducción

En la bibliografía especializada se puede observar una carencia de investigaciones acerca de la atención de alumnos con ceguera o baja visión en clases de ciencia de nivel universitario. Para los alumnos con esta característica, que ingresan a una licenciatura, se ven incrementadas las dificultades en el primer curso de física con respecto a los conceptos y las ecuaciones. Ante este problema, se plantea la necesidad de elaborar un curso cuyo objetivo sea subsanar estas dificultades, mediante el uso de una estrategia inclusiva de aprendizaje.

Teniendo esto en mente, se ha elaborado una unidad didáctica para el tema “Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado y caída libre”, con actividades que pueden realizar personas con ceguera o baja visión, sin separarlas del resto del grupo. La estrategia consiste en aproximar a los alumnos al proceso de investigación científica, a través de actividades seriadas con base en la zona de desarrollo próximo (Vygotsky, 2008), de manera que se favorezca la comprensión conceptual y la resolución de problemas heurísticos (Polya, 1965).

El tiempo requerido para cubrir la unidad didáctica del tema mencionado es de 1 mes, basado en el plan de estudios del curso de Física I de la Escuela Superior de Física y Matemáticas. La presentación de la unidad didáctica se ha dividido en cuatro apartados: en el primero, se exponen los conceptos de aceleración y de caída libre que se necesitarán; en el segundo, se enumeran las actividades que contempla la unidad y la etapa de la unidad a la que corresponden; en el tercero, el objetivo de cada actividad, la duración y su ubicación en el ciclo de aprendizaje; por último, en el cuarto, se encuentran las actividades con la teoría didáctica en la cual se basa y las instrucciones con las cuales se les presentará a los alumnos.

Objetivos

Mediante esta propuesta se pretende ofrecer a los profesores una forma de trabajo que favorezca la atención a la diversidad, para el caso de personas con ceguera o baja visión. Para ello se presenta una unidad didáctica del tema “aceleración y caída libre”, en la que se usan medios auditivos y se involucra el sentido del tacto, en la realización de actividades que involucren las competencias investigativas; así como la realización de trabajo colaborativo dentro y fuera del aula, que propicie la inclusión de las personas con necesidades especiales.

²⁴ Escuela Superior de Física y Matemáticas del Instituto Politécnico Nacional

Marco teórico

De acuerdo con Almeida (2015), la enseñanza centrada en el alumno y que propicia su autonomía, hace necesaria la atención a la diversidad, ya que ésta tiene implicaciones en cómo se aprende, así como en la adaptación escolar entre alumnos, profesores y currículum; debido a que los apoyos requeridos dependen de las actitudes y aptitudes de cada persona. En grupos diversos, quienes difieren más del promedio tienden al aislamiento por las dificultades para tener una comunicación efectiva con los demás.

Algunos tipos de diversidad que puede haber en el aula son: de intereses y motivación; de niveles y ritmos de aprendizaje; de género; de agudeza visual y auditiva.

La atención a la diversidad es muy importante porque “muchas veces se piensa que la atención a los alumnos con dificultades es tarea para distintos tipos de “especialistas”. Esta tendencia conlleva, como ya se detectó en algunos países, que haya más alumnos en aulas de educación especial que en las clases normales. (Sanmartí, 2002)

Ciclo del Aprendizaje

Para elaborar una secuencia de actividades de aprendizaje, Jorba y Casellas (1997), propusieron unos criterios que se pueden representar de manera gráfica en un ciclo de aprendizaje. Lo presentan en cuatro fases: exploración, en la que se verificarán los conocimientos previos que tienen los alumnos; introducción de nuevas ideas, para introducir conceptos nuevos al alumno; en la estructuración el alumno analiza, formaliza, mecaniza, y relaciona entre sí los conceptos; finalmente, en la aplicación utilizan los conceptos aprendidos y se elabora una síntesis de los contenidos.

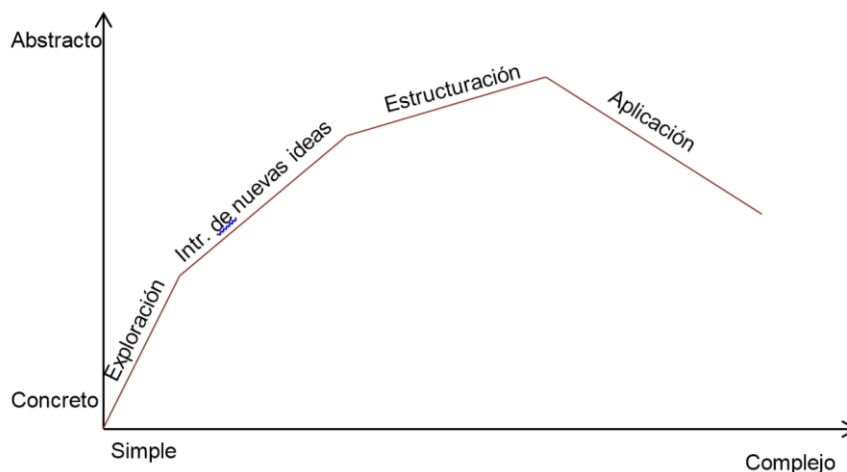


Figura 1. Ciclo del aprendizaje (Jorba y Casellas, 1997).

Desarrollo

Para atender a la diversidad, se elaboraron actividades de aprendizaje en las que se incluye el uso de elementos auditivos y táctiles, organizadas en una secuencia ordenada de acuerdo con los criterios que se establecen en el ciclo de aprendizaje. Dichas actividades se muestran en la tabla 1. En la primera columna se presentan los nombres de cada una de las fases del ciclo de aprendizaje; en la segunda, el nombre con el que se conoce el tipo de actividad que realizarán los alumnos; en la tercera el objetivo que se persigue en cada actividad; y en la cuarta el tiempo estimado para su realización.

Incluir en el objetivo de la tabla la forma como atenderás a la diversidad, es decir, los elementos que apoyaran a los alumnos con ceguera o baja visión.

Tabla 1. Instrumentos propuestos para la unidad didáctica.

Fase del ciclo de aprendizaje	Actividades	Objetivo específico en el que se incluye atención a la diversidad	Tiempo estimado
Exploración	Q-sort	Explorar los conocimientos previos acerca de la aceleración.	40 minutos
Introducción de nuevas ideas	Ejercicios prácticos	Utilizar materiales y equipo de laboratorio.	50 minutos
	Experiencia vicaria	Las ideas preestablecidas pueden ser modificadas y los resultados contrarios a estas ideas, si son validados, pueden hacer cambiar estas ideas.	15 minutos
	Problema heurístico	Deducir la aceleración instantánea mediante el uso de gráficas.	30 minutos
	Diferenciador semántico	Comprender las diferencias entre caída libre y caída.	40 minutos
Estructuración	Ejercicios de lápiz y papel 1	Mecanizar los conceptos de Aceleración.	20 minutos
	Ejercicios vivenciales	Comprensión del concepto de aceleración.	20 minutos
	Ejercicios de lápiz y papel 2	Mecanizar los conceptos de Aceleración constante	2 horas

Fase del ciclo de aprendizaje	Actividades	Objetivo específico en el que se incluye atención a la diversidad	Tiempo estimado
	Video	Observar una prueba experimental de lo dicho por Galileo Galilei.	20 minutos
	Lista de ejercicios 3	Mecanizar los conceptos de Caída libre.	1 hora
	Debate	Comprensión del trasfondo ético en la toma de decisiones en una investigación.	45 minutos
Aplicación	Mapa conceptual	Relacionar todos los conceptos vistos en el curso.	1 hora
	Investigación práctica	Estimular la creatividad para obtención de datos de un sistema físico real y su interpretación física.	6 horas

A continuación se presentan algunas de las actividades propuestas: (una muestra de la forma como se atenderá a las personas con ceguera...)

Q-sort

Es un instrumento que sirve al profesor para detectar dificultades en el aprendizaje de sus alumnos. En esta actividad se plantea un problema, los alumnos propondrán una solución en una hoja en anonimato. Posteriormente se reúnen las soluciones y se publican en lugares visibles del aula, para que todos los alumnos puedan acercarse a observar las soluciones de los demás, y jerarquizarlas utilizando como criterio su cercanía con la solución mejor.

Su utilidad radica en que el alumno puede comparar sus ideas con las de otras personas que dan soluciones más cercanas a lo que él puede hacer, lo que ayuda a detectar sus errores y poder corregirlos. Del análisis del Q-sort resuelto por los alumnos, se puede encontrar el problema raíz que tienen la mayoría o un grupo de alumnos, para regular el aprendizaje. (Jorba y Casellas, 1997)

El Q-sort que se propone en esta unidad didáctica es el siguiente:

Indicaciones orales: “Tienen 10 minutos para resolverlo. No le pongan su nombre, esto no repercutirá en su calificación.”

Un automóvil se encuentra en movimiento y de repente su aceleración se vuelve cero. ¿Qué sucede con el movimiento del automóvil después de esto?

Cuando los alumnos terminen de contestar, se les pedirá que peguen alrededor del salón sus respuestas. Posteriormente se les indicará que deben ordenar las respuestas de la mejor a la menos correcta, asignándole el número uno a la mejor respuesta. Esta actividad la pueden realizar en 10 minutos. En el pizarrón anotarán el orden de las respuestas y analizarán si la mayoría identificó la misma respuesta como la mejor o no. Los alumnos irán explicando en voz alta, al pasar frente a cada una de las respuestas obtenidas; esto incrementará las oportunidades de comprensión de cada una, al usar dos órganos de los sentidos (ojos y oídos), además de brindar el apoyo a quienes no pueden leerlo.

Problema heurístico

Orton (1990, citado por Juidías y Rodríguez, 2007) menciona que la resolución de problemas propicia la combinación de reglas, técnicas, destrezas y conceptos para dar solución a una situación nueva. Marina (2013) distingue los problemas cuya solución requiere algo más que el uso de un algoritmo, y por ello los procedimientos usados son informales, azarosos e inventivos.

A los problemas heurísticos se les pueden dar diferentes enfoques, los cuales dependen de los objetivos que tenga el profesor. En este caso, es para introducir una nueva idea: los alumnos, por un método gráfico, deducirán la expresión de la aceleración como la derivada de la velocidad respecto al tiempo.

La propuesta del problema heurístico se basa en las ideas que Polya (1965), en el que presenta que la resolución a este tipo de problemas se realiza en cuatro etapas:

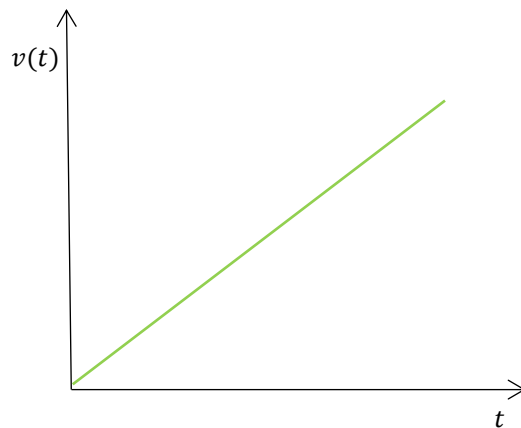
- I. Comprender el problema
- II. Concebir un plan
- III. Ejecutar el plan
- IV. Examinar la solución obtenida.

El profesor puede guiar a los alumnos por medio de preguntas o sugerencias, para que ellos resuelvan por sí mismos los problemas, lo que requiere que éstos se ubiquen en la zona de desarrollo próximo de los alumnos (Vygotsky, 2008); esto asegura que puedan llegar a una solución, pero que también obtengan conocimiento nuevo. En la etapa de comprender el problema, se espera que interpreten la información que aporta. Es conveniente que comparen el problema nuevo con los anteriores de los mismos temas, para encontrar la similitud con este, para partir de algunas ideas y comenzar la segunda etapa, concebir un plan. En el caso de que

no puedan llegar a este punto, el profesor puede realizarles preguntas que los guíen, evitando llevarlos de manera inmediata a una solución; si esto sucede se pierde el sentido de realizar esta actividad. Una vez que los alumnos tienen idea de cómo solucionarlo, realizan la etapa de ejecutar su plan. La última etapa es examinar la solución obtenida, esta verifican los pasos que siguieron y de ser posible mejorar la solución que le dieron. Esta verificación ha de realizarla en diferentes momentos, para regular el proceso. Los problemas estarán en braille, para quien así lo requiera, y las gráficas, repujadas con un bolígrafo, para que se resalten las líneas al tacto.

El problema que se propone para que se resuelva en clase es el siguiente:

Imagine que la siguiente gráfica se generó a partir de los datos que se obtuvieron del movimiento de un automóvil en la carretera. ¿Cuál es la aceleración del automóvil?



¿Puede encontrar una relación entre la gráfica y la aceleración?

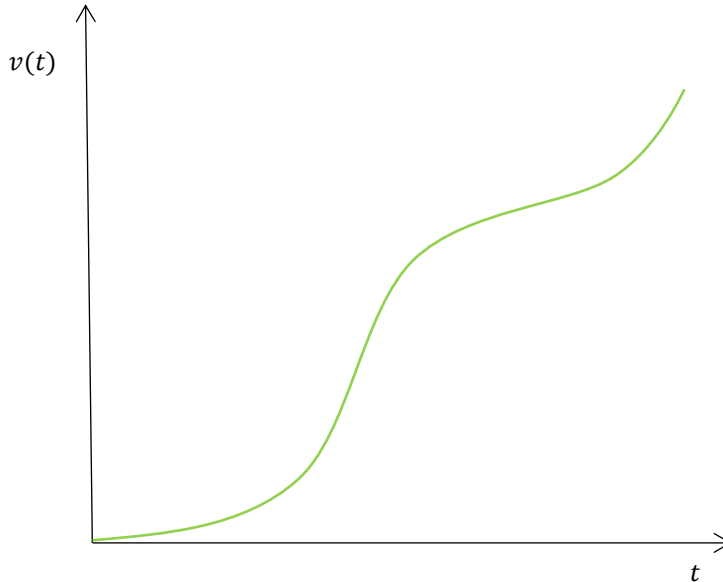
¿Cuáles son los datos que nos proporcionaría la gráfica?

¿Recuerda alguna definición de aceleración? ¿Le es útil esa definición?

¿De qué manera le puede ayudar a resolver el problema?

Obtenga una expresión para la aceleración. ¿Podría comprobar si su respuesta es físicamente admisible?

Inmediatamente después, se les propondrá que consideren la siguiente gráfica:



- ¿Lo obtenido de la gráfica anterior nos sirve en este caso?
- ¿Qué modificación se le debe hacer?
- En el contexto físico. ¿Qué significa esto?

Trabajos prácticos

En el caso del trabajo experimental, los trabajos prácticos planteados como investigación, con un nivel elevado de apertura, “tienen como objetivo principal la comprensión experimental de la ciencia...” (Caamaño, 2004).

A los alumnos se les presentará una pista de carreras de juguete, la cual funciona de tal manera que los automóviles recorren la pista a una velocidad similar; se les pedirá que calculen la aceleración de un automóvil sobre la pista. Ellos, por sí mismos, deben encontrar la manera de obtenerla. Se les proporcionará el equipo necesario para realizarlo, como: cronómetro, regla o flexómetro, cámara de video, etcétera. Esta actividad es fácilmente adaptable a personas con ceguera o baja visión, si les proporcionamos un sistema que cuente con un sensor fotoeléctrico, de tal manera que produzca sonido cuando un objeto intercepte el sensor, por lo que se le pueden otorgar de 5 a 10 dispositivos de este tipo que ellos podrán colocar donde lo necesiten.

Ejercicios de mecanización

Estas actividades nacen de la propuesta de Frederic Skinner (1904-1990); conocida como aprendizaje conductista. Según esta teoría, una persona solo puede adquirir conocimientos de otra persona y se adquieren mediante un estímulo, una respuesta y un reforzamiento o castigo (si la respuesta es satisfactoria o no, respectivamente) (https://www.youtube.com/watch?v=F0l_qznwqhs). Los individuos no piensan, solo recrean lo que han hecho antes una y otra vez, he aquí la importancia de este método en el amaestramiento de animales. Este modelo de enseñanza se hizo muy popular en países como Estados Unidos, pero cuando Wolfgang Köhler (1973, citado por Farfán y Mogrovejo, 2015) hizo experimentos con chimpancés, encontró resultados que lo refutan, puesto que llegó a la conclusión de que los comportamientos aislados no son efectivos para la resolver un problema, y que las formulaciones de Pavlov, Watson y Thorndrike, se realizaron en un marco muy simplificado al reducir todo aprendizaje a procesos de condicionamiento. Sin embargo, sus estrategias siguen siendo útiles para la mecanización de algoritmos, la memorización de cadenas verbales y la formación de hábitos.

Para mecanizar los procedimientos algebraicos que se utilizan en el desarrollo de este tema, se propone entregar a los alumnos una lista de ejercicios a resolver, al término de cada tema. En el caso de los procedimientos del trabajo experimental, se propone una actividad cuyo objetivo es que los alumnos aprendan a utilizar algunos instrumentos que utilizarán en la actividad de investigación.

Se les proporcionarán cronómetros, reglas, flexómetros y sensores fotoeléctricos. Para personas con ceguera o baja visión, las reglas deben tener la graduación en relieve para que ellos también puedan tomar medidas.

Diferenciador semántico

En cualquiera que sea el tema que se imparta, el profesor puede localizar los conceptos que los alumnos pueden confundir. Por ejemplo, calor y temperatura. García y Sanmartí (1998) presentan las bases de orientación para aprender a pensar. Para ello utilizan varios instrumentos, entre ellos, un diferenciador semántico. Se inicia con la elaboración, por parte de los alumnos, de una lista consensuada de las características necesarias y suficientes de dos o más conceptos, para evidenciar aquello que los hace diferentes. En este caso, se les pedirá a los alumnos que realicen un diferenciador semántico para los conceptos de velocidad y aceleración, debido a que son conceptos que los alumnos suelen confundir (Llanos, 2012).

Se les pide a los alumnos que elaboren una lista de características de la velocidad y otra sobre aceleración. Al término de 10 minutos de reflexión individual se les

solicitará que pasen al pizarrón a escribir las características que encontraron. El papel del profesor es revisar las características que dieron y verificar si son correctas, en consenso con los alumnos.

Velocidad	Aceleración

Posteriormente se les solicitará a los alumnos que escriban, en el pizarrón, ejemplos donde se utilice alguno de los conceptos, entre todo el grupo se verificará cuáles son las características que se cumplen y a cuál de los dos conceptos pertenecen.

Experiencia vicaria

Bandura y Jourdan (1991, citados por Busot, 1997) explican que cuando una persona observa la actuación de otras, con quienes se puede identificar, por comparación obtiene información de sus capacidades que le puede animar a la imitación. Este proceso se llama aprendizaje vicario, el cual se basa en el conductismo, pero se separa de este al restarle importancia la recompensa (Villar, 2003). Por ejemplo, la experiencia vicaria se basa en la imitación de conductas de otras personas, la imitación se debe a historias que escucharon o leyeron. La conducta aprendida puede mostrarse en situaciones similares a la historia con la que la aprendieron o en situaciones diferentes.

En la unidad didáctica que se propone, se pretende que con la historia que se encuentra a continuación, los alumnos reflexionarán acerca de que en la ciencia hay ideas que pueden ser modificadas, que no son verdades perpetuas y que las ideas pueden ser sustituidas por nuevos descubrimientos. En el contexto de la historia, Galileo va contra la corriente de su época al no creer en las verdades que dijo Aristóteles y prueba que estas no son correctas por medio de experimentos y análisis.

Galileo nace en 1564 en Pisa, Italia. Hasta los 10 años de edad su padre es quien lo educa, ya que su padre era música y matemática, y durante 13 años estudia en un convento, después de esto él entra a la Universidad de Pisa en la carrera de médico. Galileo mientras estudia medicina se interesa por las

matemáticas y la estudia por su cuenta; él es seguidor de Pitágoras, Platón y Arquímedes, pero es opuesto a Aristóteles.

Aristóteles distinguía entre movimientos naturales (el humo por ser caliente asciende al Sol y las piedras caen al suelo por ser su lugar natural) y violentos (el movimiento de una flecha en el cielo, no es su lugar natural). Aristóteles también consideraba que los objetos de un peso mayor caían más rápido que los de menor peso.

Años más tarde, Galileo Galilei consigue una plaza de profesor en la Universidad de Pisa. En esta época es cuando Galileo construye un plano inclinado de 6 metros (con poca fricción) y un reloj de agua con el cual mide la velocidad de descenso de las pesas, y comprueba que la velocidad de descenso no depende de la masa del objeto. Todo esto solo refutaba las enseñanzas de Aristóteles, en esta época lo que Aristóteles había dicho era la verdad máxima. A partir de más experimentos Galileo Galilei dijo: “el Libro de la Naturaleza está escrito en lenguaje matemático”; en su momento esto fue muy revolucionario.” (<http://www.biografiasyvidas.com/monografia/galileo>)(Sillero, sf)

Debate

En un debate moral, se promueve el intercambio de ideas. La riqueza de esta actividad es la reflexión que se realiza para definir la posición personal de cada alumno con respecto al caso descrito (Ben Abram et al., 2007). Por medio de una discusión grupal, los alumnos elaboran y presentan argumentos que fundamenten sus opiniones y soluciones.

El objetivo es el desarrollo moral de los alumnos y este desarrollo no es temporal. El estudio de Blatt demostró que el desarrollo moral debido a un estímulo, como el debate, “es tan duradero como el desarrollo natural” de la moral. (Kohlberg & R., 1997). En este caso, el debate que se propone se relaciona con la experiencia vicaria mostrada antes, para ello se realizará a los alumnos la siguiente pregunta:

Si se encontraran en un situación parecida a la que vivió Galileo, en donde ustedes hagan el descubrimiento de algo que contradiga alguna ley o teoría científica, ¿Qué harían?

La finalidad del debate es que entre ellos piensen las acciones podría realizar y juzguen cuál de ellas es éticamente más correcta. Algunas acciones pueden ser que lo divulguen, o en el caso de que sea experimental repitan el experimento para comprobar que fue correcto, en el caso teórico, que verifiquen su trabajo ellos mismos o con ayuda de colaboradores, o que desechen su idea por completo y se olviden de ella.

Mapa conceptual

Es un instrumento para analizar información, en el que se jerarquizan los conceptos y se relacionan entre sí. La información puede ser de un texto que les proporcione el profesor, o que solo se dé el tema y ellos busquen la información. “En su forma más simple, un mapa conceptual constaría tan sólo de dos conceptos unidos por una palabra de enlace para formar una proposición” (Novak & Gowin, 1988)

El mapa conceptual se caracteriza por:

1. Jerarquización de ideas
2. Palabras enlace
3. Conexiones cruzadas
4. Ejemplos

Los conceptos deben estar encerrados en rectángulos y los ejemplos en óvalos.

Para atender a la diversidad, se puede usar una computadora, una impresora braille, y las figuras geométricas en las que se encierran los conceptos y ejemplos, se pueden repujar con un bolígrafo.

Conclusiones

Esta unidad fue creada con base de diversas teorías didácticas, que son las que fundamentan las actividades propuestas. Su principal aporte es la atención a personas con ceguera o baja visión al establecer actividades que emplean el sentido del tacto y la audición, además de fomentar el apoyo del grupo con acciones como la descripción verbal de información visual. El propósito es la inclusión de personas con esta característica en asignaturas de ciencia, que por falta de material o apoyo se ven con mayores dificultades al cursarlas.

Referencias

Almeida G. Susana, (2015) Atención a la diversidad. En: Domingo, J. y Pérez, M. Pedagogía y didáctica. Aprendiendo a enseñar. Pp. 37-38. Madrid: Ediciones Pirámide. 15388514.2012.pdf aprendizaje.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ben Abram, J; Ein Dor, Y.; Kabilio, O; Shamir, J. (2007) Programa de formación ética: desarrollo de una cultura del cuidado. Buenos Aires: Novedades educativas. P. 36.

Biografías y vidas. (s.f.). Recuperado el 14 de Marzo de 2017, de Galileo Galilei: <http://www.biografiasyvidas.com/monografia/galileo/>

Busot, I. Teoría de la auto-eficacia (A. Bandura): Un basamento para el proceso instruccional. En: Encuentro Educacional, Vol. 4, No. 1 (1997), p. 58. Obtenido en noviembre de 2017 de: <http://200.74.222.178/index.php/encuentro/article/view/1090/1092>

Caamaño, A. (2004) Experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos e investigaciones: ¿una clasificación útil de los trabajos prácticos? En: Alambique [Versión electrónica] No. 39. Obtenida en noviembre de 2017 de: https://www.researchgate.net/publication/39207515_Experiencias_experimentos_ilustrativos_ejercicios_practicos_e_investigaciones_una_clasificacion_util_en_los_trabajos_practicos

Farfán, E. y Mogrovejo, J. Wolfgang Köhler (1887-1967): Algunas cuestiones teóricas de su obra para la discusión en la historia de la psicología. En: Revista de Psicología (Arequipa Universidad Católica San Pablo) / Año 2015 / Vol 5 / N° 1 / Pp. 128-129. Obtenido en noviembre de 2017 de: <http://ucsp.edu.pe/investigacion/psicologia/wp-content/uploads/2015/10/5.-Wofgang-Kohler-y-el-insight.pdf>

https://www.youtube.com/watch?v=F0l_qznwqhs

Jorba, J., & Casellas, E. (1997). Regulación y la autoregulación de los aprendizajes (Vol. 1). España: Síntesis.

Juidías, J. y Rodríguez, I. Dificultades de aprendizaje e intervención psicopedagógica en la resolución de problemas matemáticos. En: Revista de Educación, 342. Enero-abril 2007, p. 258. Obtenida en noviembre de 2017 de: <https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/60933/dificultades%20de%20>

Kohlberg, L., & R., R. (1997). De la discusión moral al gobierno democrático. Bilbao: Desclée de Brouwer.

Llanos, E. (2012) Enseñanza-aprendizaje bajo un enfoque constructivista de la cinemática lineal en su representación gráfica. Informe de práctica docente como modalidad de trabajo profesional. Universidad Nacional de Colombia. p 17 Obtenida en noviembre de 2017 de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/7917/1/>

Marina, J.A. El aprendizaje de la creatividad. En: Pediatría integral 2013; XVII (2), p. 140. Obtenido en noviembre de 2017 de: <http://www.pediatriaintegral.es/wp-content/uploads/2013/xvii02/08/138-142%20Brujula.pdf>

Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1988). Aprendiendo a aprender. Barcelona: Martínez Roca.

Polya, P. (1965). Cómo plantear y resolver problemas (Primera ed.). México: Trillas.

Sanmartí, N. (2002). Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria. España: Síntesis Educación.

Sillero, C. (s.f.). Universidad Pompeu Fabra Barcelona. Recuperado el 14 de Marzo de 2017, de Galileo Galilei: https://www.upf.edu/pdi/dcom/xavierberenguer/recursos/fig_calc/_4_/estampes/1_6.htm

Videos y Mas (31 de Mayo de 2013). Documental: BF. Skinner - Condicionamiento Operante [Archivo de video]. Recuperado el 8 de Septiembre de 2017, de

Villar, F. (2003). Psicología Evolutiva y Psicología de la Educación. Proyecto docente. Capítulo o páginas Barcelona. Obtenido en indicar el mes en que lo consultaste de: <http://www.ub.edu/dppsed/fvillar/>

Vygotsky, L. S. (2008). Pensamiento y lenguaje, (Teoría del desarrollo cultural de las funciones psíquicas), ed. Quinto sol: México; pp.123-124

La simulación de Montecarlo en la enseñanza de la Estadística

Ramón Sebastián Salat Figols²⁵

Introducción

La formación en estadística, actualmente es de gran importancia, ya que en el mundo moderno muchos conocimientos de importancia se presentan en forma estadística. Es necesario dar la importancia que merecen los conceptos relativos a la inferencia estadística.

Las actividades colectivas que deban desarrollar los estudiantes, han de promover la evolución para los significados de las palabras tales como probabilidad de un evento, estimación puntual de parámetros, pruebas de hipótesis y aproximación por probabilidad. Para ello, es necesario diseñar contextos de exploración de dichos términos, efectivos e independientes de una excesiva formación en probabilidad.

Por ejemplo, si se quiere explorar los conceptos de pruebas de hipótesis en el contexto de la realización de lanzamientos de una moneda, es posible construir exploraciones sin conocer necesariamente la distribución de probabilidades y las propiedades de una distribución binomial, esto es, empleando simulación.

Estos contextos de actividades serán el soporte indispensable de los significados de los términos mencionados.

En este trabajo, se presentan varios ejemplos de cómo utilizar simulación para crear algunos de éstos contextos.

Se presentan propuestas para los conceptos de probabilidad de un evento, estimación puntual de parámetros, pruebas de hipótesis y teorema del límite central.

En todos los casos se usaron programas en lenguaje Python y para todos ellos y muchos otros más, es posible crear un programa para que el estudiante pueda explorar estos conceptos por sí mismo.

Objetivos

El objetivo de este trabajo es mostrar que, empleando simulación, es posible crear contextos de exploración de conceptos fundamentales de estadística, sin requerir una excesiva preparación previa de probabilidad, que promuevan la creación de significados indispensables en la formación estadística de los estudiantes.

²⁵ Escuela Superior de Física y Matemáticas del Instituto Politécnico Nacional.

Marco teórico

Durante el proceso educativo, dentro y fuera de la escuela, se van modificando los significados de las palabras a través de la acción y la interacción social (Vigotsky, 2001); de manera que el significado que tiene para las personas cada palabra, depende de la historia de su interacción social y de las actividades realizadas e interiorizadas. Por esta razón, es de la mayor importancia dentro del proceso educativo, crear contextos (sociales) en los que se desarrollen actividades verdaderamente pertinentes a la construcción de significados necesarios dentro del proceso. La riqueza y pertinencia de dichos contextos, determina en gran medida el resultado educativo.

Las dificultades en la adquisición de los conceptos fundamentales de estadística ya han sido estudiadas (Batanero, 2014). También existen propuestas estudiadas en clase acerca de cómo emplear simulación para promover la comprensión de conceptos fundamentales de estadística (Romeu, 1986).

Desarrollo.

A continuación se desarrollarán varios ejemplos de cómo utilizar simulación en computadora para crear contextos de exploración de conceptos que promuevan su comprensión en base a la actividad individual y colectiva. Los ejemplos se basan en programas escritos en Python. A manera de ejemplo, se presenta el código de uno de éstos programas.

1. La interpretación frecuencial de la probabilidad.

Para introducir por primera vez el concepto de probabilidad se puede recurrir a la interpretación frecuencial, es decir, identificar la probabilidad de ocurrencia de un evento como la fracción de veces en que ocurre un evento en la repetición de un número grande de veces de un experimento aleatorio. Por ejemplo, se puede considerar el experimento aleatorio de lanzar una moneda al aire y observar la proporción de resultados “águila”. Por supuesto puede realizarse el experimento, lanzando una moneda al aire, pero el número de lanzamientos que pueden realizarse, será una limitación para observar la tendencia. Si se usa simulación, fácilmente podemos considerar números de lanzamientos superiores al millón. En la Fig. 1, se muestran los resultados de simular cien millones de lanzamientos.

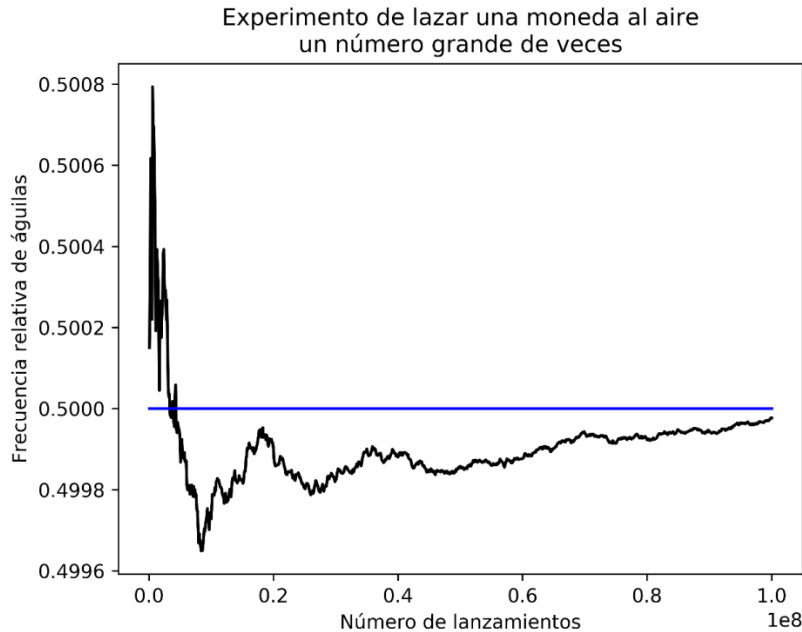


Figura 1. Lanzamiento de una moneda.

En la Fig. 1, se observa claramente una tendencia en la proporción del número de “águilas” entre el número de lanzamientos, pero ésta tendencia tiene que ser conceptualizada en congruencia con la teoría de probabilidades. Si N_a y N son el número de lanzamientos que resultaron “águila” y el número total de lanzamientos, respectivamente, entonces:

$$\lim_{N \rightarrow \infty} P\left(\left|\frac{N_a}{N} - \frac{1}{2}\right|\right) = 0$$

Esta ecuación puede deducirse fácilmente empleando la desigualdad de Chevyshev. Como puede observarse, la convergencia es en probabilidad. Esta cuestión puede convertirse en un tema de discusión en clase entre los alumnos y con el profesor, de tal manera, que los resultados de la simulación pueden aprovecharse para analizar colectivamente, cuestiones teóricas profundas.

2. La estimación de parámetros.

Supóngase que se quiere estimar la proporción de focos defectuosos producidos por una fábrica. Para ello, se selecciona una muestra de mil focos y se observa la proporción de focos defectuosos en dicha muestra; es decir, nuestra estimación de la proporción de focos defectuosos, se calcula a partir de la muestra, dividiendo el número de focos defectuosos en la muestra entre el número total de focos. Pero, si se toman varias muestras de mil focos, se observará que el estimador varía. Suponiendo que se sabe que la fracción de defectuosos es de 0.02, se puede simular el valor del estimador para, por ejemplo, varias muestras de tamaño 1,000 y 10,000. La distribución del estimador se muestra en la Fig. 2, para ambos casos.

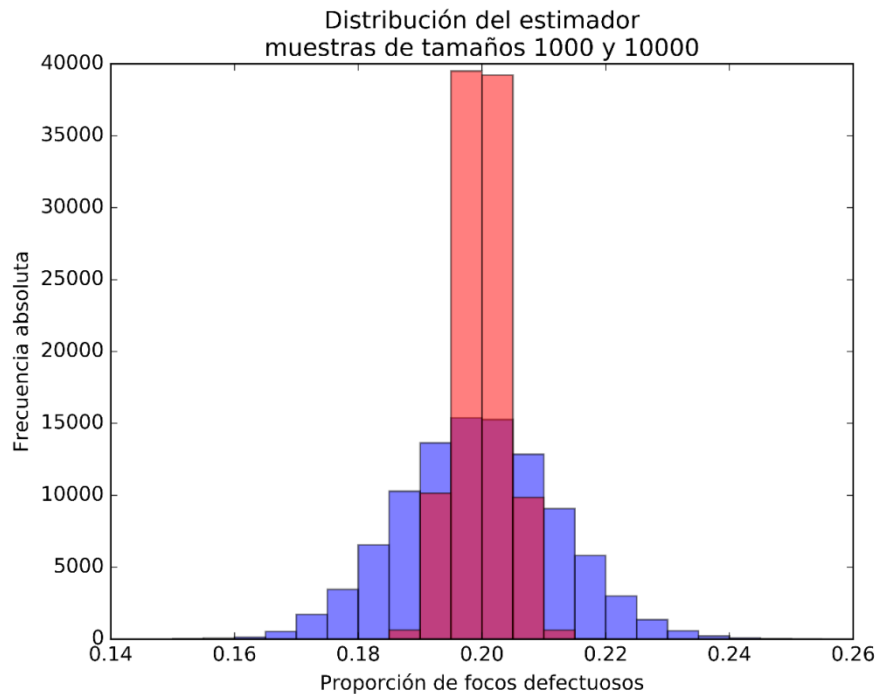


Figura 2. Estimación puntual.

Como usualmente no se conoce la proporción de focos defectuosos, su estimación siempre estará sujeta a una cierta incertidumbre. La propia figura sugiere que aumentando el tamaño de la muestra, se puede reducir la incertidumbre.

3. Pruebas de hipótesis.

Supóngase que se quiere decidir si una moneda es honesta o no (es decir, si la probabilidad de obtener “águila” es igual a la probabilidad de obtener “sol”), lanzándola 20 veces y observando el número de “águilas”. A la hipótesis de que la moneda es honesta la llamamos hipótesis nula y se acostumbra a denotar por H_0 . La regla de decisión que se aplica es la siguiente: Si el número de “águilas” es menor que 6 o mayor que 14, se rechazará la hipótesis nula. Esta regla de decisión conlleva dos tipos de error, uno llamado error tipo I, que consiste en rechazar H_0 dado que H_0 sea cierta y otro, llamado error tipo II, que consiste en aceptar H_0 , dado que H_0 sea falsa.

Por medio de simulación, se puede estimar la probabilidad de cometer el error tipo I. Se simulan 1,000,000 secuencias de 20 lanzamientos suponiendo H_0 verdadera, esto es, suponiendo que la probabilidad de obtener “águila” sea 0.5 y calculando la proporción de secuencias en las cuales se rechaza H_0 , o sea, la proporción de

secuencias en las que el número de “águilas” sea menor que 6 o mayor que 14. A continuación se muestra el código del programa escrito en lenguaje Python:

```
from random import random
n=20
nr=1000000
cuenta=0
for i in range(nr):
    ag=0
    for j in range(n):
        if random()<0.5:
            ag=ag+1
    if ag<6 or ag>14:
        cuenta=cuenta+1
print(cuenta/nr)
```

En este programa, el número de “águilas” de las secuencias de 20 lanzamientos, se almacena en la variable *ag* y el número de secuencias para las cuales se obtuvo un número de “águilas” mayor que 14 o menor que 6, se almacena en la variable *cuenta*.

La probabilidad de cometer error tipo I estimada por simulación es 0.041. Este resultado significa que si repitiéramos muchas veces la aplicación de la regla, aproximadamente en un 4.1% de las veces se cometería el error tipo I; en éstas 4.1% de las veces, se estaría rechazando H_0 , aunque ésta sea verdadera. A la probabilidad de cometer error tipo I se le llama nivel de significancia de la prueba.

Para el cálculo de cometer error tipo II, hay que considerar que si H_0 es falsa, la probabilidad p de obtener “águila” puede ser cualquier valor entre 0 y 1, excepto 0.5 y calcular para cada uno de éstos valores, la probabilidad de que el número de “águilas” tome valores entre 5 y 15. Por lo tanto, el error tipo II es una función de p . En la Fig. 3, se muestra al error tipo II como una función de p .

4 Teorema del límite central.

La suma de n variables aleatorias independientes e igualmente distribuidas, cuando n es grande, sigue una distribución normal. Una actividad interesante para hacer a este teorema plausible es simular valores para una variable aleatoria formada por la suma de n variables aleatorias independientes e igualmente distribuidas. Por ejemplo, puede considerarse la suma de 50 variables aleatorias uniformemente distribuidas en $[0,1]$. En la Fig. 4, se muestra la distribución de frecuencias de ésta variable y de la función de densidad de la normal correspondiente.

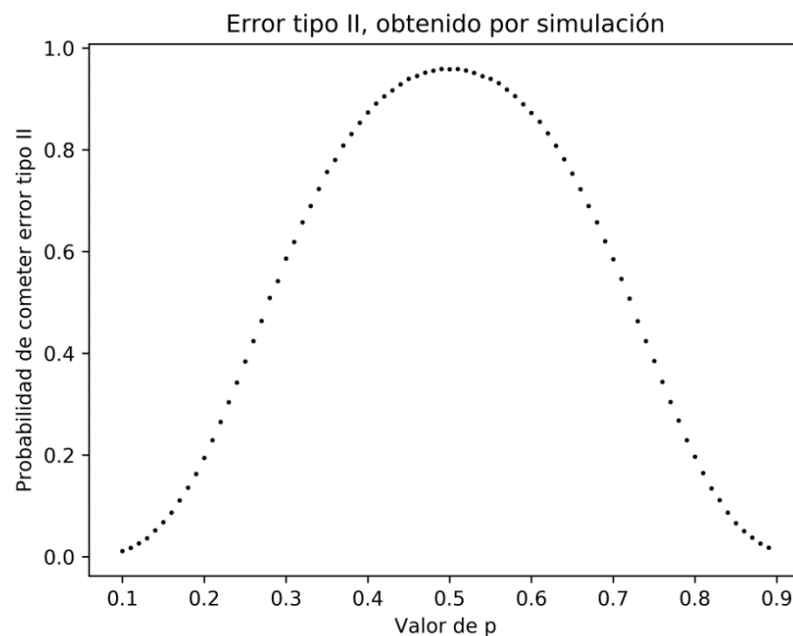


Figura 3. Error tipo II.

Del mismo modo es posible simular los casos en que las variables aleatorias siguen otras distribuciones, diferentes de la uniforme. También es posible explorar la calidad de la aproximación en términos de la variación del número de variables consideradas.

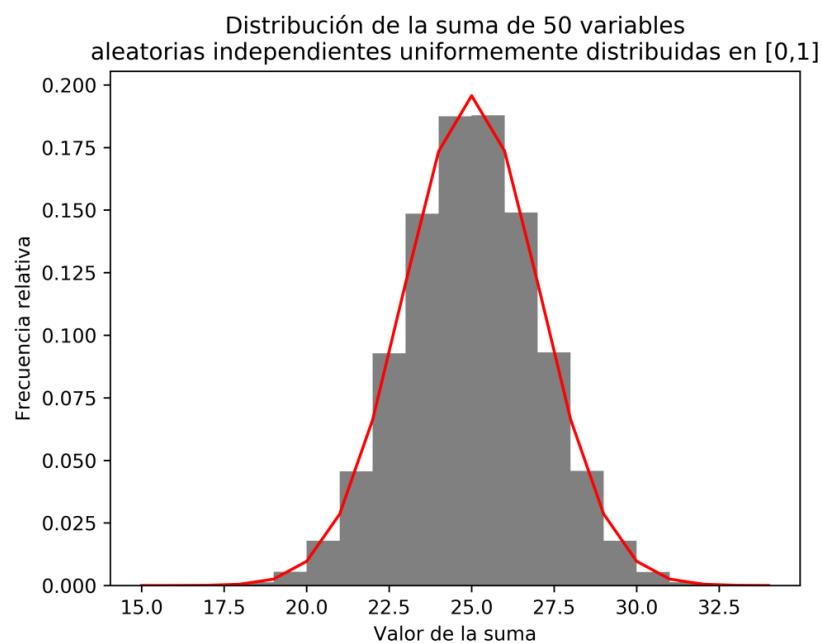


Figura 4

Conclusiones.

La simulación en computadora es un recurso importante que posibilita la creación de contextos de exploración de conceptos fundamentales de estadística, sin requerir una formación amplia de probabilidad.

Existen dos formas de utilizar este recurso: Uno, es comprometiendo al estudiante con la elaboración de programas de computadora; otro, es utilizar programas previamente elaborados para explorar los conceptos. Hoy en día, puede ser recomendable la primera alternativa o ambas.

Las representaciones gráficas y numéricas, obtenidas por la ejecución de los programas, también son un recurso importante, para lograr diferentes representaciones de los conceptos.

Un enfoque como el presentado, puede ser un auxiliar útil al iniciar un curso de estadística, como una manera de introducir las ideas fundamentales de la materia.

Referencias

- Batanero, C. (2015). *Understanding randomness: Challenges for research and teaching*. Ninth Congress of European Research in Mathematics Education. Prague: 2015.
- Romeu, J.L. (1986). Teaching engineering statistics with simulation: a classroom Experience. *The Statistician* 35, pp. 441-447.
- Vigotsky, Lev S. (2001). *Pensamiento y lenguaje*. Ciudad de México: Ediciones Quinto Sol.

Comprender la lectura de Textos Matemáticos. Un paso necesario y suficiente en el aprendizaje de las Matemáticas

Karina Flores-Medrano²⁶, Ricardo Cantoral Uriza¹

Introducción.

En este trabajo nos proponemos tener un acercamiento al estudio de la comprensión de lectura de textos que contienen significado matemático. Hablamos de un acercamiento, dado que el fenómeno puede tener una caracterización, descripción, y miradas muy diversos; de esta manera, tomamos una postura sobre qué y cómo observamos el proceso que está inmerso al momento que un lector está en la búsqueda de comprender lo que lee.

En este documento presentaremos parte de lo que se ha reflexionado en la Tesis de maestría que los autores estamos conformando -y que ya se está por concluir-. La intención es sensibilizar sobre la relevancia que tiene comprender lo que se lee en Matemáticas; para lo cual se presentan algunos factores que identificamos en este proceso, pues tenemos la convicción de que es fundamental en la construcción de conocimiento matemático (y por ende, del aprendizaje).

Parte de lo que motiva esta investigación es precisamente que se detecta una necesidad. Se comparte una opinión entre estudiantes, profesores e investigadores ante dificultades que se perciben para comprender, por ejemplo, la lectura de problemas matemáticos: “se necesita comprender primero lo que dice el problema para poder resolverlo”. Sumado a ello, los resultados de pruebas estandarizadas como Planea y PISA, en los que se refleja una carencia en las áreas de Comprensión de Lectura y de Matemáticas.

En PISA 2015 se reporta que el desempeño en México se encuentra por debajo del promedio OCDE, y que menos del 1% de los estudiantes logran alcanzar niveles de competencia de excelencia (<http://www.oecd.org/pisa/pisa-2015-Mexico-ESP.pdf>). Por su parte, la prueba de Planea MS que se aplica en México a alumnos del último grado en bachillerato, en México, se puede observar también una tendencia en la población a encontrarse en los niveles más bajos de desempeño, tanto en el área de Matemáticas como en la de Comprensión de Lectura (http://planea.sep.gob.mx/content/general/docs/2016/DifusionPLANEA_EMS.pdf).

Así, al llevar a cabo este estudio, reconocemos en principio que en la lectura participan activamente el lector, el autor del texto, y el texto -por medio del cual el lector y el autor establecen un diálogo- (Pellicer y Vernon, 1993; Goodman, 1982). Durante este proceso de comprensión, Van Dijk y Kintsch (1983) consideran que hay distintos niveles de representación en la memoria del lector, que va desde la decodificación de signos -como son las letras, por ejemplo-, pasando por la construcción de significado del texto, en lo que además influirán los conocimientos

26 Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav-IPN)

previos del lector (entre otros factores), para la conformación de lo que estos autores denominan modelo situacional. Identificamos además que hay distintos niveles de dificultad para lo que nos apoyamos en las Demandas Cognitivas de Stein (2000). También respecto al texto, las variables instruccionales (Sanjosé, et al., 1993) pueden favorecer que el lector logre darle coherencia a lo que lee.

Lo que se presenta como parte del método, forma parte de lo que se está utilizando en esta investigación, sin embargo no es el objetivo de este escrito presentar resultados. Nos apoyamos del registro de verbalizaciones que externa el lector en el momento de leer y de su razonamiento durante y posterior a la lectura, además, nos apoyamos de lo que plasman también por escrito. Esto nos permite tener mayor cercanía en el estudio de este proceso.

A continuación se detallará más lo narrado en esta introducción, con las secciones debidamente señaladas.

Objetivos

Nos proponemos como objetivo general, tener un acercamiento con el estudio de comprensión de lectura de textos matemáticos. En particular, el objetivo de este escrito es mostrar la construcción que se tiene hasta el momento de este acercamiento, ejemplificando con el Teorema del Valor Medio.

Marco teórico

Como se mencionó anteriormente, se reconoce que en el proceso de lectura participan activamente el lector, el autor del texto, y el texto; por lo mismo, dicho proceso es personal y situado a un contexto social y cultural al que pertenece el lector, así como la influencia de la experiencia y conocimiento previo que influye al momento de la búsqueda de comprender el texto que se lee. Además, consideramos importante reconocer también que el autor pertenece -o perteneció, por ejemplo en el caso de escritos antiguos-, a un contexto social y cultural también. De esta manera, coincidimos con Pellicer y Vernon (1993) al reconocer que el texto tiene no únicamente un contexto lingüístico -conformado por la gramática y ortografía-, sino también tiene un contexto extralingüístico, que es precisamente este reconocimiento del entorno socio-cultural del autor y el lector.

De esta manera, se concibe a la lectura como un tipo de diálogo entre el lector y el autor a través del texto, el cual Goodman desde 1982 identificó como transacciones que hay entre estos dos actores.

Otro aspecto, referente al lector, en el que hemos puesto nuestra atención es en la noción de la construcción de un modelo situacional en el proceso de comprender lo que se lee. Van Dijk y Kintsch (1983) identifican distintos niveles de representación en la memoria del lector, los cuales Campanario y Otero (2000) interpretan de la siguiente manera:

- 1) **Formulación superficial.** Corresponde a la identificación de caracteres y al procesamiento literal de las palabras y las frases
- 2) **Base de texto.** Captura el significado del texto. Aquí, se pueden distinguir dos subniveles de representación del texto:
 - i. Microestructura. Es el conjunto de proposiciones del texto relacionadas localmente, cuando éste se considera frase a frase.
 - ii. Macroestructura. Es el conjunto de proposiciones que sintetizan su significado y se construye a partir de la microestructura.
- 3) **Modelo situacional.** Tiene una complejidad mayor que los dos niveles anteriores. Incorpora todas las elaboraciones e inferencias necesarias para establecer coherencia en la base de texto y se define como “la representación cognitiva de los acontecimientos, acciones, personas, y, en general, de la situación sobre la que trata el texto” (Van Dijk y Kintsch, 1983). En este nivel intervienen estructuras que representan el conocimiento del lector relevante para entender la información del texto [conocimiento previo del lector]. La información procedente del texto se integra con dicho conocimiento dando como resultado una representación más rica que la base de texto. Dado lo anterior, se tiene que en el modelo situacional la organización del conocimiento puede tener poca relación con la estructura original del texto.

Hablamos de textos matemáticos, los cuales definimos como un conjunto de signos lingüísticos -propios de la matemática o no- que conforman significados. De esta manera, consideramos que algunos textos matemáticos son: la definición de algún concepto matemático, el enunciado de un problema extraído de un libro de texto o de una prueba estandarizada, el enunciado de un teorema y de su demostración, un artículo de divulgación matemática o el reporte de investigación, entre otros.

Además, identificamos una necesidad en estratificar estos textos, por lo que nos apoyamos de las Demandas Cognitivas de Stein et al. (2000), las cuales son:

- 1) Memorización

- 2) El uso de fórmulas, algoritmos, procedimientos *sin conexión* a los conceptos, comprensión, o significado.
- 3) El uso de fórmulas, algoritmos, procedimientos *con conexión* a los conceptos, comprensión, o significado.
- 4) Actividad cognitiva que puede ser caracterizada como “haciendo matemáticas”, incluyendo pensamiento matemático complejo y actividades de razonamiento tales como hacer y probar conjeturas, (*framing problems*), búsqueda de patrones, etc.

En particular, en este trabajo nos centraremos en el teorema del Valor Medio, el cual identificamos en un nivel 4 de demanda cognitiva, pues lo asociamos con razonamiento matemático complejo, en el que se pueden hacer y probar conjeturas.

También mencionamos anteriormente que, respecto al texto, las variables instruccionales (Sanjosé, et al., 1993) pueden favorecer que el lector logre darle coherencia a lo que lee. Presentamos las que estos autores describen a detalle en su trabajo de 1993, adjuntas a las propuestas de Sanjosé y sus colaboradores para la mejora de textos basándose en la manipulación de estas variables a fin de que el lector pueda establecer más factiblemente una cohesión en el texto.

1. Contenido.

- i. Tener en cuenta las **preconcepciones** del lector e introducir los conceptos a partir de su **conocimiento previo**.
- ii. Ser **redundantes** en la presentación y desarrollo de ideas importantes o problemáticas.
- iii. Proporcionar explicaciones que **relacionen** la información textual con el **mundo real** del lector.
- iv. Usar **analogías**.
- v. Exponer el concepto de **modelo científico** y sus virtualidades.
- vi. Presentar el contenido conceptual como respuesta a problemas concretos y no como meros «enunciados declarativos».

2. Estructura organizativa

- i. Subrayar los **principios conceptuales** situándolos al comienzo del texto, apartados o párrafos.
- ii. **Partir de lo más conocido**, sencillo o familiar.

- iii. Dar a conocer los distintos tópicos a traer en **títulos, encabezamientos o frases**.
- iv. Utilizar **párrafos distintos** para unidades de información diferente.

3. Cohesión

- i. **Reducir la complejidad** léxica y sintáctica.
- ii. Establecer relaciones explícitas entre ideas de tal manera que **se reduzcan las inferencias textuales**.
- iii. **Eliminar ideas irrelevantes** para el contenido tratado.
- iv. Facilitar la **unión entre referentes y referidos**.
- v. Aumentar la **conectividad** entre frases
- vi. Emplear partículas que **dirijan la atención** del lector y le **faciliten las inferencias** durante la lectura.

4. Estructura superficial

- i. Destacar las ideas principales contenidas en el texto (Duffy et al. 1989, Meyer 1984, Rossi 1990) mediante **tipos en negrita**.
- ii. Emplear frases introductorias que anuncien el contenido del texto (preview statements), así como **frases-resumen** (Britton et al. 1982).
- iii. Utilizar **títulos y encabezamientos que suministren más información estructural** y que **estén colocados adecuadamente**; de este modo se prepara al lector para adentrarse de un modo rápido en la idea principal (Anderson y Armbruster 1984, García Madruga y Martín Cordero 1987, Corral Iñigo et al. 1987).
- iv. **Ajustar el estilo lingüístico** del texto al estudiante. Normalmente el estilo de los textos escolares de ciencias es el derivado del modelo «correcto» de escribir literatura científica: rígido, ausente de viveza y de lenguaje figurativo, y que pone el acento en exceso en las argumentaciones lógicas, las definiciones y el razonamiento formal (Strube 1989a).

Por supuesto, no descartamos el hecho de que estos puntos que proponen Sanjosé, et al. (1993) para cada una de estas variables instruccionales, sean necesarias o posibles de aplicar en todos los textos.

Aspectos metodológicos

Esta investigación se sitúa en un paradigma interpretativo, el cual se caracteriza por una búsqueda de perspectivas profundas en eventos particulares y de conocimientos teóricos. En nuestro caso, estamos en la búsqueda de estudiar y

caracterizar la comprensión de lectura de textos matemáticos, reconociendo que nuestra interpretación no conlleva a una generalización sobre dicho fenómeno, sino una descripción desde nuestra perspectiva. Se trata además de un estudio exploratorio.

Cabe hacer hincapié que lo presentado en este escrito forma parte de la tesis de maestría que estamos por concluir, en la cual ya tenemos algunos resultados; aunque no es objetivo de este comunicado presentarlos. Sin embargo, mencionaremos parte del método que llevamos a cabo para recolectar estos datos. Kucan y Beck (1997), mencionan al pensamiento en voz alta en la comprensión de lectura, y reconocen que puede verse como método de investigación, en el que se lleva a cabo un análisis de reportes verbales provisto por el pensamiento en voz alta de los lectores. Estos mismos autores nos permiten ver una evolución en la herramienta de pensar en voz alta para la investigación de la comprensión de lectura, siendo la introspección (o el reporte de lo que uno piensa) una herramienta importante en las primeras investigaciones sobre la lectura.

De esta manera, tener un diálogo personal con el lector, en el que se le solicita leer en voz alta el texto y verbalizar lo que vaya pensando durante y después de esta lectura, es el centro en la recolección de datos. Esta lectura en voz alta nos permite también tener indicios de posibles dudas o dificultades que el lector pueda tener durante esta, lo cual puede asociarse con el ritmo de lectura, pausas y un tono de voz dubitativo.

Además de esto, diseñamos para el estudio de la tesis cuestionarios en los que buscamos indagar de qué manera se perciben los niveles de representación, planteando preguntas como: “Dentro del enunciado, ¿encuentras palabras, conceptos o símbolos que no comprendas?”; “con tus palabras, describe cuál es la situación del problema”; “dibuja la situación que se presenta en el enunciado”.

En estos cuestionarios también buscamos indagar sobre los conocimientos previos del lector asociados con el o los conceptos matemáticos que se involucren en el texto. Así, para el caso del Teorema del Valor Medio -ejemplo que estamos planteando en este escrito-, podemos solicitar que escriban y dibujen lo que venga a su mente cuando escuchan o leen la palabra: derivada,...

Conclusiones y/o posibles usos

Es de esperarse una diversidad de resultados si nos proponemos averiguar lo que emerge al presentarle el Teorema de Valor Medio a estudiantes de una carrera en Matemáticas -por situarlo en una población familiar a la audiencia de este evento-, y es muy probable que sea aún más notorio si lo aplicamos en distintos grados de la carrera (para estudiantes de recién ingreso y para los que estén en los últimos semestres, por ejemplo). Cada persona construirá su modelo situacional del enunciado, sin embargo, habrán particularidades en las que pueden coincidir.

Intentamos mostrar de qué manera asentamos este acercamiento al estudio de la comprensión de lectura de textos matemáticos, ejemplificando con el teorema del valor medio. En el título mencionamos que este es un paso necesario y suficiente en el aprendizaje de las Matemáticas; tenemos esta convicción dado el rol que tiene el texto en la comunicación y construcción de conocimiento.

Referencias

Campanario, J., y Otero, J. (2000). La comprensión de los libros de texto. *Didáctica de las ciencias experimentales*, 18(2), 323-338.

Goodman, K. (1982). El proceso de lectura: consideraciones a través de las lenguas y del desarrollo. *Nuevas perspectivas sobre los procesos de lectura y escritura*, 13, 28.

Kucan, L., y Beck, I. (1997). Thinking aloud and reading comprehension research: Inquiry, instruction, and social interaction. *Review of educational research*, 67(3), 271-299.

OECD (2016). Country note. Results from PISA 2015: México, documento en línea [obtenido el 19 de agosto de 2017 de: <http://www.oecd.org/pisa/pisa-2015-Mexico-ESP.pdf>]

Pellicer, A., y Vernon, S. (1993). Entre el texto y el lector: la creación de mundos posibles. *Lectura y Vida*, 14, 2.

Planea (2016). Publicación de resultados 2016. Planea Educación Media Superior, documento en línea [obtenido el 19 de agosto—de 2017 de: http://planea.sep.gob.mx/content/general/docs/2016/DifusionPLANEA_EMS.pdf]

Sanjosé, V., Solaz-Portolés, J., y Vidal-Abarca, E. (1993). Mejorando la efectividad instruccional del texto educativo en ciencias: primeros resultados. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 137-148.

Stein, M. K. (Ed.). (2000). *Implementing standards-based mathematics instruction: A casebook for professional development*. Teachers College Press.

Van Dijk, T. A. y Kintsch, W. (1983). *Strategies of discourse comprehension*. New York: Academic Press.

La formación de la creatividad en la educación científica y tecnológica

Arturo F. Méndez Sánchez²⁷, Leonor Pérez Trejo¹, Gabriela Rueda Morales¹, Luz María González¹

Introducción

Comúnmente se habla de la formación de la creatividad en una institución, cuando se desea expresar la necesidad de que los egresados realicen propuestas novedosas y factibles para resolver problemas propios de su área de estudio. El término más adecuado para ello es la formación del pensamiento creativo, ya que la creatividad es un reconocimiento social, es decir, cuando la sociedad declara que una propuesta o un producto es creativo, entonces se dice que hubo creatividad. Esa declaración está unida a dos cualidades: es algo que no existía; y que es apreciado por las personas debido a que resuelve un problema. El pensamiento creativo, en cambio, es una forma de trabajo intelectual que se puede aprender y por lo tanto formar.

Se requiere tomar en cuenta dos características para la formación del pensamiento creativo, una es cognitiva y la otra es un conjunto de rasgos de personalidad. La conjunción de estas dos cualidades es indispensable para la generación de ideas nuevas y pertinentes.

El pensamiento creativo se ha estudiado desde dos enfoques: uno es la curiosidad científica como motor que impulsa a los estudiantes hacia la búsqueda de conocimientos, en los niveles básicos; y el otro es el de las vías para la formación del pensamiento creativo en la educación artística. Este grupo está realizando investigaciones que incluyen los dos enfoques, en nivel superior, en el área de la física y las matemáticas.

Curiosidad científica

Al revisar las publicaciones sobre la curiosidad científica, se encontró que hay indicadores para evaluarla, en estudiantes de niveles básicos, pero para niveles universitarios no se encontró algo equivalente. Debido a esto, hubo necesidad de adaptar dichos indicadores para utilizarlos en nivel superior.

El objetivo de esta investigación es poner a prueba una secuencia didáctica para el desarrollo de la curiosidad científica, como elemento motivador del proceso creativo. Para ello se plantearon dos preguntas de investigación: Una de ellas, es ¿cómo

²⁷ Escuela Superior de Física y Matemáticas del Instituto Politécnico Nacional

propicia el profesor la curiosidad de los estudiantes? y la otra, ¿qué tan curiosos son los estudiantes?

Se trabajó con tres grupos, uno del curso teórico de física II, en el que se analizó la actuación de profesor, para responder a la primera pregunta; y dos secciones de laboratorio, una de Física I y la otra de Física II, para analizar las actitudes de los estudiantes, de acuerdo con la segunda pregunta.

La investigación inició con un diagnóstico del nivel de curiosidad científica, a partir del cual se realizó un plan para incluir en los cursos actividades para el fomento de la misma; por ejemplo, la reflexión con los estudiantes acerca de lo que es la curiosidad científica y su importancia. Durante todo el proceso se tomaron datos mediante observación participante; con apoyo de grabaciones de audio y video, de las notas en un diario de investigación, y de cuestionarios.

Para diagnosticar la curiosidad científica, en las primeras sesiones de los cursos mencionados, se utilizaron objetos que no pertenecían al contexto de la clase, se colocaron a la vista de los estudiantes y se observaron sus actitudes al respecto. Dentro de lo que se observó fue que la mayoría no se acercaban, y unos pocos tomaban más de uno. Como parte de la estrategia, se invitó a los estudiantes a un área diferente al laboratorio, porque en éstos se tienen equipos y materiales que se pueden dañar, por lo que una de las reglas es que si no sabes no toques, lo que les presenta un obstáculo a los estudiantes. El área diferente fue la oficina de uno de los investigadores, en donde también contaron con tiempo suficiente para que vieran otros objetos, que pudieran curiosear. Posteriormente se compararon los comportamientos observados en ambos lugares.

En las siguientes sesiones se utilizó la misma estrategia, pero con materiales impresos. Se inició con textos de divulgación de física y de matemáticas, de las diferentes opciones que ofrece la escuela, para asegurar que los materiales fueran acordes con los intereses de todos los estudiantes, ya que los cursos en los que se trabajó son del tronco común de la licenciatura.

Se aplicó la misma estrategia en un curso de Física II, pero en salón; ahí, debido a la magnitud del aula y del grupo (40 estudiantes), la profesora llevaba los objetos, o materiales impresos, según el avance del diagnóstico, y entraba al aula 5 o 10 minutos después de la hora de inicio de la clase, para que todos los estudiantes estuvieran en su lugar, y así se percataran de lo que traía. Colocaba los objetos alrededor del salón y observaba las actitudes de los estudiantes. De esta forma, los objetos que traía la profesora eran el foco de atención, lo que propició que en algún momento le preguntaran para qué era eso. Algunos de los objetos eran juguetes científicos; en un segundo momento, objetos del ámbito del laboratorio; más adelante textos de divulgación y al final textos científicos formales.

Al concluir el diagnóstico, se realizó una actividad de reflexión con los estudiantes de todos los grupos participantes, en la que se dieron a conocer los objetivos de la investigación, se compartió con ellos el sustento teórico y se dialogó. Mediante esta actividad se logró una sensibilización que favoreció la participación de los estudiantes. Dentro de esa etapa de reflexión, se permitió que expresaran su sentir libremente., y se les planteó la pregunta: ¿y tú qué tan curioso eres?

Algunas de las respuestas de los estudiantes fueron: “antes de entrar a FM, yo si era curioso, iba a museos, indagaba por mi cuenta”. Como investigadores surge la inquietud de comprender ¿por qué antes sí y ahora no?

Después de la etapa de diagnóstico, se puso en marcha el plan para favorecer el desarrollo de la curiosidad científica, para ello se modificó la forma como se acostumbra trabajar en el laboratorio. Actualmente, la estructura del temario favorece que se realicen prácticas cerradas y se cuenta con un instructivo como guía, se acostumbran las clases magistrales, y los estudiantes toman datos, realizan el experimento, hacen los cálculos correspondientes, y elaboran un informe.

Como primera acción se eliminó el instructivo y las prácticas se fueron planteando cada vez más abiertas, lo que implica que no se tiene estructurada de antemano, sino que los estudiantes van teniendo oportunidad de tomar cada vez más decisiones para conformarlas. Esto implicó más trabajo, porque se presenta una diversidad de experimentos, pero hubo un apoyo entre alumnos, se fomentó el trabajo colaborativo, y el interés por conocer los experimentos de los demás.

Una de las actividades prácticas que se llevó a cabo en las dos secciones de Laboratorio de Física I atendidas por profesores de este grupo de investigación, fue la de estimar la altura de un poste. Esta actividad ya se hacía, pero de manera cerrada. El grupo estaba conformado en su mayoría por estudiantes de recién ingreso, y por ello no conocían el material de laboratorio, lo que permitió que la práctica fuera muy abierta, puesto que solamente se les planteó el problema, y se les preguntó qué necesitarían para estimar la altura del poste que se encuentra frente al laboratorio. Los estudiantes pidieron material, concretaron algunas ideas y lo llevaron a cabo fuera del contexto del laboratorio. Ahí se tomó registro de lo que estamos estudiando, de la curiosidad. Para los estudiantes fue un reto, en el cual tuvieron oportunidad de vivir el proceso de medición como un elemento importante para la construcción de las ideas de ciencia, y de planear la forma de realizar la medición, ya que se les planteó la restricción de utilizar estrategias diferentes a las que se usan comúnmente, para medir la altura del poste. Algunos estudiantes evadían participar, otros dieron más de una idea y la llevaron a cabo, y en el momento de estarla haciendo, se les ocurría otra idea, fue muy interesante ver cómo se desempeñan fuera del aula, y además con toda la libertad de hacerlo como

quisieran, no importando si las cosas salían muy bien o no tan bien, pero la idea era hacerlo; después realizaron el cálculo.

Para los estudiantes esta forma de trabajo resultó un cambio muy drástico, debido a la costumbre que se tiene de la clase magistral, algunos al inicio se rehusaban a participar y querían seguir recibiendo instrucciones y obedecer, porque es mucho más cómodo. Después esa molestia se fue calmando, y su interés fue creciendo, porque ellos tuvieron la oportunidad de construir una pregunta de investigación, proponer su objetivo, diseñar su desarrollo experimental, solicitar el material que requerían, realizar los experimentos, obtener resultados, hacer cálculos y redactar conclusiones. De esta forma, en la medida en que va ocurriendo el desarrollo de las actividades, ellos se van apropiando de su aprendizaje y se va atendiendo a cada uno de los estudiantes según sus intereses.

Por ejemplo, cuando se estaba viendo el tema de elasticidad, un estudiante a quien le gustaban mucho los instrumentos, orientó todo su trabajo al estudio de las cuerdas del piano; las tensiones, las frecuencias, los diámetros de las cuerdas, una clase de música, cuando exponían sus trabajos que iban desarrollando, resultaban bastante interesantes.

Algo que se había hecho en los cursos de laboratorio de forma muy breve, fue incluir, como actividades de aprendizaje, que realizaran ensayos e indagaciones. Se les pidió que indagaran sobre un premio nobel, o un investigador reconocido e hicieran un ensayo. Los muchachos mostraron reacciones diversas. Unos de agrado y otros de desagrado, “¿Un ensayo? estoy en laboratorio”. Pero fue una forma de acercarlos de otra manera a la ciencia, a lo que hacen otros, y que se animaran a escribir. Pareciera que los laboratorios son el único lugar en el que los estudiantes escriben algo, un informe de práctica. En las demás materias, solo algunos profesores piden cosas de ese tipo. Entonces, dónde van a aprender a redactar. Por ello conviene darle más atención en el laboratorio a la comunicación, a expresar sus resultados, a dar la información de su investigación.

Se pudieron ver diferentes resultados, hubo quienes indagaron solo de uno y casi copiaron y pegaron solamente lo que encontraron, sin dar al texto la estructura de ensayo. Pero hubo otros que buscaron dos, tres o cuatro y de ahí escogieron, se pudo ver el nivel de interés y de curiosidad ahí, que era el objeto de estudio.

Para el cierre del curso de Laboratorio de Física I, se propuso una actividad abierta, en la que solamente se les planteó el problema a resolver, que consistió en estimar el valor de la aceleración de la gravedad. Resultó sorprendente que los estudiantes diseñaron actividades que en total sumaban 6 formas diferentes de hacer el cálculo. Antes de proceder a realizarlas, se realizó una rifa para repartir al azar los diseños entre los integrantes, de manera que cada estudiante tendría que realizar una

diseñada por otro, aunque podrían también realizar la propia. Con esto se logró una motivación (aunque forzosa) a que les preguntaran a sus compañeros ¿cómo le voy a hacer? explícame cuál es tu plan para el experimento. Entonces cada uno, además del que propuso, aprendió otro el cual llevaron a cabo. Algunos, por iniciativa propia hicieron varios, y pero de tarea todos tenían que reportar todos.

En el caso del Laboratorio de Física II, la actividad final fue completamente abierta, ellos deberían desarrollarla por completo, desde el planteamiento del problema. Se permitió inclusive hacer experimentos que no estuvieran relacionados con el programa del curso. Por ejemplo, querían determinar la longitud de onda de un color en específico, lo que se relaciona con ondas, pero no está directamente relacionado con los temas del curso. Otro ejemplo fue el estudio de la fuerza de presión hidrostática en un medio no homogéneo, en este caso fue un recipiente de agua con sal.

En las actividades de cierre, la observación participante se realizó usando los mismos indicadores que en el diagnóstico y el desarrollo. Durante las exposiciones de la práctica abierta se pudo observar que hubo más análisis crítico, más preguntas y menos timidez; de donde se puede concluir que se incrementó la curiosidad científica y se redujo uno de los obstáculos para manifestarla.

Ante estos resultados se propone que en los laboratorios se acondicione un espacio con un ambiente propicio para que los estudiantes exploren, experimenten, se cuestionen, busquen respuestas y aprendan; ya que no se les permite usar el equipo, debido al daño que puede sufrir por el uso inexperto de los alumnos.

En el curso de Física II, se propuso una actividad que ya se había realizado en ocasiones anteriores para que indagaran y así lograr una mejor comprensión del objetivo de cerrar la unidad, pero vista con otros ojos. Ahora más regulada, con indicadores para evaluarla y así verificar la comprensión de los principales conceptos de la unidad, por parte de los estudiantes. A esta actividad se le ha dado el nombre de presentaciones orales en formato libre. El curso consta de cuatro unidades, elasticidad, fluidos, ondas y calor y temperatura. Se programó con las evaluaciones parciales y se les pidió que realizaran tres presentaciones a lo largo del curso. Formato libre porque lo tienen que explicar y lo pueden hacer como más cómodos se sientan.

De estas actividades se pudo observar una evolución en la curiosidad científica, ya que en la primera presentación copiaron algo que encontraron en Internet y lo presentaron igual; mientras que en la última varios compañeros retomaban cosas que se comentaron en clase, surgidas de comentarios, por ejemplo: “¿Han escuchado hablar de los super maratonistas? ¿Cómo le hará esa gente para entrenar en altitudes muy grandes? Entonces se estaba relacionando con el tema de presión. Con esto mostraron que el hecho mencionado les llamó la atención e

indagaron sobre ello. Otra presentación tomó un reto lanzado en la clase. Se resolvió un problema en clase y se les dijo: “una variedad de este problema, sería que le agregáramos este elemento..., sería interesante que se resolviera”. Resultó sorprendente que uno de los alumnos, en su presentación, retomó el problema. De esto se puede observar que sí se incrementó la curiosidad en ellos, para que buscaran y utilizaran sus propias fuentes.

Con respecto al uso de tecnología de la información y la comunicación, Hace años se decía, en un curso, que la tendencia es estar conectado con los alumnos vía Facebook. El trabajo también se hizo vía grupos cerrados de Facebook, lo que se observó fue benéfico, porque no existe el pretexto de que “lo fui a buscar y no estaba”, “nunca lo encontré en toda la semana”. Ahí se iban resolviendo cuestionamientos, por lo que en ocasiones, a las 8 o 9 de la noche, o a las 6 de la mañana, uno está contestando dudas de los estudiantes sobre la clase, o que les surgen cuando están planteando sus problemas o haciendo sus análisis.

Se pudo observar que el uso de estos ambientes virtuales promueve el trabajo colaborativo; y para la investigación que se realiza, aportó más datos, puesto que se pudo indagar cómo se manifiesta la curiosidad vía el Facebook, poniendo imágenes y videos en el grupo, y viendo qué actitudes mostraban. Se obtuvo evidencia de que los estudiantes estuvieron analizando todo lo que se colocó en redes sociales.

Como conclusiones observamos que hubo cambio en el nivel de curiosidad de los alumnos, que las actividades abiertas son benéficas, y que para el profesor son un reto, porque los estudiantes preguntan cosas que no se han preparado, que no se tenían en mente. Incluso en algunos momentos solo queda decir “no lo sé, pero lo voy a indagar”, o “no sé qué va a salir, pero vamos a hacerlo, y de los resultados evaluamos si funciona o no funciona”. Esto proporcionó a los alumnos oportunidades para acercarse más al profesor, de que lo vean más humano, que también se equivoca; lo que reduce el temor a preguntar, y a equivocarse. Con este tipo de actividades se genera un ambiente de trabajo más colaborativo en el laboratorio, y más tolerancia, porque expresan: “me puedo equivocar”; “puede no ser mi amigo, pero puedo trabajar con él”; “a lo mejor no se me ocurrió una idea, pero puedo proponer algo para mejorar la que propusieron”; o “es para que todo resulte mejor para el grupo”; “tal vez no le estoy haciendo yo, pero lo está haciendo otro, voy y le pregunto”, “tengo forma de ver otros experimentos”.

Vías del desarrollo del pensamiento creativo

La investigación relacionada con las vías para la formación del pensamiento creativo, está más desarrollada en niveles básicos, y a nivel universitario, las

investigaciones que se tienen son en el campo de las artes. Ante esto, la investigación inició comparando las actividades que se realizan en la producción científica, con las que se realizan para la producción artística, para identificar las similitudes y las diferencias, con la idea de elaborar una propuesta, para la formación del pensamiento creativo en la ciencia, aprovechando los avances de la educación artística.

Es común que para formar el pensamiento creativo se incluyan en las curricula universitaria, actividades artísticas o de manualidades. Eso apoya a los estudiantes para el desarrollo de algunos elementos del pensamiento creativo, pero para que esos elementos sean útiles en otras áreas, se requiere que se trasladen a contextos diferentes, y para ello surgen dificultades, porque hace falta que lleguen a un nivel de generalización tal, que pueda incluir el contexto científico, en este caso. Esto implica que si se desarrollan las habilidades del pensamiento creativo en arte, tendrán que aprender a usarlas en ciencia, para lo que se requiere un proceso intencionado, si esto no se da, pueden pasar años antes de lograrlo.

Las tres vías que usan los artistas para desarrollar el pensamiento creativo son: la sensibilidad, es decir, el hecho de captar información selectiva por medio de los sentidos, y de emocionarse, vivir una experiencia estética, saber ver como especialista en su área de formación; la percepción, que es relacionar aquello que se observó y que emocionó, con el conocimiento específico del área, mediante un proceso más cognitivo aún; y la creatividad, vista como la habilidad de generar ideas novedosas que puedan llegar a tener un reconocimiento social, por sus posibles aplicaciones y/o por sus valores estéticos.

La sensibilidad

La sensibilidad tiene aspectos cognitivos, porque el captar con los sentidos no es solamente una función fisiológica, es además una función cognitiva, ya que se realiza la interpretación a nivel cerebro. Por ejemplo en artes visuales, se observan las formas, cómo están organizadas en un espacio, las proporciones del espacio en el que se están organizando, qué colores, cómo se combinan éstos.

Si comparamos el proceso para desarrollar la sensibilidad en el arte con la actividad en la ciencia, tiene que ver con el conocimiento del estado del arte, revisar qué se ha hecho en ese campo de estudio, saber identificar qué ideas se están trabajando, para qué. De ello se pueden identificar oportunidades para aportar a dicho campo. Si hay diferentes trabajos en el campo, relacionados con el tema, puede haber contradicciones entre ellos en algún punto, huecos, o preguntas de investigación aún sin resolver. Estos detalles obtenidos de la revisión de la literatura con una visión crítica, permite ver las oportunidades de hacer investigación. El análisis crítico implica leer detenidamente, comprender, comparar, igual que en el arte. Por

ejemplo, si se observa una obra de arte geométrico, pueden surgir preguntas como: ¿qué implica que la forma está más puntiaguda, o más redonda?, ¿alguna obra de arte figurativo tiene una composición similar? ¿Qué proporciones y qué armonía la conforman? Para responderse hay que pensar un poco, y se requiere conocimiento previo de artes visuales.

Otro aspecto cognitivo de la sensibilidad es el conocimiento del campo laboral, ya que al contar con alguna experiencia al respecto, permite identificar oportunidades para intervenir aportando algo, al observar deficiencias, errores, o posibles cambios para mejorar un proceso o un producto. En su formación, los estudiantes de la ESFM, cuentan con tres posibilidades para adquirir esa experiencia necesaria: ser auxiliares de investigación, estudiar un posgrado, realizar servicio social y/o tesis en proyectos diversos, como el apoyo a industria para que se generen nuevas ideas y la docencia. Todas estas actividades son creativas.

Para que las propuestas que surjan de las oportunidades identificadas, realmente sean para mejorar, que aporten al bien común, se requiere tener una percepción clara de la propia profesión, por ejemplo, la misión del Instituto Politécnico Nacional, que se expresa en su lema “La técnica al servicio de la Patria”, compromete a que las aportaciones lleven a mejorar las condiciones de vida de las personas, y a proteger el medio ambiente, o por lo menos evitar que con la intervención lo dañe más. Cada institución formadora posee unos valores que se han de reflejar en el producto del trabajo de los egresados, de esta conciencia nace el deseo de aportar con sentido ético.

Cuando una persona no conoce los bienes internos de su profesión, o sea, lo que aporta su profesión a la sociedad, es difícil que se vea motivado, tal vez haga el trabajo por hacerlo, o por las recompensas que pueda obtener, que son los valores externos de la profesión, como el salario, las becas, el prestigio personal, el de la institución. Si esta es la única motivación, termina por dejar un vacío, un cansancio, pero si se piensa en las posibles aplicaciones prácticas del trabajo realizado, el cual puede resolver un problema de la sociedad; o en que éste aportará conocimiento que llegará a las mentes de otras personas, el cual las hará pensar de otra forma, y enriquecerá el campo de la ciencia correspondiente, eso tiene que ser un motor más grande, eso sí que emociona. Se percibe cuando una persona hace su trabajo como rutina, porque refleja tristeza, cansancio; en cambio, una persona que lo hace con amor, lo vive, lo disfruta, lo contagia. Y eso es importante, no solo en educación, sino en todos los campos.

En cuanto a los rasgos de personalidad, uno muy importante es la regulación de los sentimientos, porque cuando se observa algo interesante, se despierta la curiosidad científica, que es el motor que impulsa al proceso creativo, el cual seguramente implicará más de una caída, un fracaso, porque no se sigue un camino ya hecho,

sino que se va abriendo camino. Esto genera cierta incertidumbre. Después de la incertidumbre, se genera un vacío intelectual, o un conflicto cognitivo, o una combinación de ambos. Por ejemplo, en la caída de los cuerpos, la idea espontánea es que los más pesados caen más rápido, y de pronto en un experimento se ve que no es así. Eso toca las emociones, es un conflicto cognitivo, el vacío intelectual es cuando no se tiene idea o explicación para lo observado. Estas emociones pueden ser diversas, es cuestión de temperamento, y éste además, es variable.

En general son 4 emociones básicas y las demás son combinaciones o sofisticaciones de las mismas, éstas son: alegría, miedo, cólera y tristeza.

La cólera y la alegría son emociones que dan entusiasmo, motivan a la acción, el miedo y la tristeza frenan, hay que manejar esas emociones para llevarlas al enojo o a la alegría, para aprovechar la energía para la acción. Por eso es importante analizar el ambiente de trabajo, porque cuando se proponen actividades abiertas, cosas que se han de investigar, se tocan emociones. Hay que estar al pendiente y reflexionar sobre ello para que no haya choques y se pueda trabajar en armonía, comprendiendo al otro, la empatía es un elemento fundamental en el proceso creativo.

La percepción

Una vez que observamos algo que movió las emociones y resulta interesante, hay que conectarlo con los conocimientos. La percepción implica cognición, el proceso cognitivo es la facultad de una persona para procesar la información, el conocimiento adquirido y valorar la información; esto se relaciona con las competencias investigativas: saber pensar ordenadamente, tomar decisiones, procesar la información, usar métodos teóricos o experimentales para resolver una pregunta de investigación, etc.

La percepción implica además la metacognición, que es saber lo que sabemos; aprender a aprender; y algo muy importante; la autorregulación, lo que implica la autoevaluación, que permite saber si estoy utilizando buenas estrategias de estudio; qué método de estudio estoy usando; y cómo administro mi tiempo, entre otras cosas. Si un método no está funcionando, se requiere redireccionar, ya que seguir insistiendo demasiado, sin fruto, implica tiempo mal empleado.

Para desarrollar la metacognición se requiere ir “ascendiendo en una serie de habilidades”: Soy consciente de mi pensamiento, algunas veces tantos temas de estudio me distraen de mí mismo, ya no soy consciente de mí; identifico los pasos que doy; evalúo la eficacia; y después de todo esto, planifico sucesos futuros. Esa escalerita así de simple, en principio sí nos podría ayudar a tener éxito en nuestras materias. El desarrollo de la metacognición involucra un proceso de administración

del tiempo, que facilitar la realización de tareas diversas, principalmente en el campo de la ciencia y la tecnología.

Algunas preguntas que permiten desarrollar las habilidades metacognitivas, mediante la búsqueda de sus respuestas, son: ¿podemos resolver un problema que no conocemos? ¿podemos saberlo todo?; ¿existe una única forma de solucionar algo?; ¿cómo validamos nuestros resultados cuando somos los primeros en hacer algo?, en particular, ¿cómo hacen quienes ganan el premio Nobel?

La creatividad

La creatividad como vía del desarrollo del pensamiento creativo, es el culmen del proceso, en el que se requiere que los alumnos sensibles a los problemas de su área de estudio, relacionen sus conocimientos con alguno de esos problemas, en más de una forma, para producir ideas innovadoras. Para ello, en otros campos del conocimiento, como las artes y la administración, se han generado estrategias que lo facilitan. En el caso de las ciencias se ha trabajado poco este aspecto, porque se ha privilegiado el pensamiento formal, que también es importante en esta área.

El pensamiento formal es indispensable para resolver problemas con precisión, con disciplina, eso es muy importante en el trabajo científico, pero no lo es todo; se requiere además algo que hacen los artistas, usar la intuición para crear. Estos dos tipos de pensamiento tienen características y necesidades formativas muy diferentes, en algunos aspectos, hasta opuestas; porque para crear se requiere libertad, dejar salir, y para formalizar se necesita trabajar intensamente con la disciplina, hasta obtener una solución adecuada. Es una doble exigencia que tiene el científico, usar el pensamiento intuitivo para generar ideas creativas, y después trabajar arduamente en la formalización.

Algunas estrategias que se utilizan para activar el pensamiento creativo son: plantear preguntas recursivas hasta agotar los recursos intelectuales; realizar uniones inusuales de conocimientos que aparentemente no tienen relación alguna; realizar bosquejos rápidos y poco formales de posibles soluciones; compartir posibles soluciones con otras personas que también estén trabajando el problema, u otro similar; copiar lo que hay y sobre ello realizar las modificaciones necesarias para realizar una innovación.

Este último recurso es el que usó Rusia, como el maestro Walter lo decía en la conferencia que impartió en estas Jornadas. Los científicos de esa nación primero desarmaron un misil y analizaron su construcción; a partir de ello plantearon posibilidades de mejorar el diseño para obtener un mayor alcance, hicieron varios intentos hasta que llegaron al diseño del *Sputnik*.

En las escuelas de ciencia e ingeniería es importante el desarrollo del pensamiento creativo para que los egresados tengan las cualidades que requiere el trabajo científico y tecnológico en la actualidad, de manera que generen modelos con un nivel elevado de innovación; diseñen métodos y utilicen estrategias para resolver problemas de su área.

Creencias de la comunidad de una escuela de ciencias en relación a un programa en Matemáticas Educativas

Verónica Ortiz Rojas²⁸, Luz María de Guadalupe González Álvarez²⁹

Introducción

Uno de los aspectos detonantes cuando se habla de identidad en los sistemas educativos, es referirnos obligatoriamente al sentido de pertenencia con el que cada estudiante se ve identificado. En el nivel superior esta afectividad permite adquirir los bienes internos de una profesión, encontrando en ellos el significado de sus elementos formativos. Las creencias que los estudiantes tienen forman un marco de referencia propio y se considera prioritario analizarlo, si lo que se desea es entender el funcionamiento de cada especialidad dentro de la institución.

En las escuelas de ciencias no se considera la Matemática Educativa como una disciplina que incluya el perfil que requieren las ciencias exactas, lo que se hace patente a través del rechazo y descrédito hacia la especialidad por parte de los estudiantes de la comunidad, dada la inadecuada delimitación de marcos de referencia.

En esta investigación se analiza el caso particular de la comunidad de una escuela de ciencias que, desde su fundación, establece como uno de sus objetivos de identidad, «formar especialistas orientados hacia la práctica docente».

La investigación retoma resultados previos en relación al dominio afectivo, y cómo éste incide directamente en las actitudes de los alumnos, acerca de la Matemática y su aprendizaje. En el análisis se parte de actitudes como respuesta a estímulos, dado que lo que interesa observar es la relación entre las Matemáticas y la docencia en Matemáticas.

²⁸ CINVESTAV-IPN.

²⁹ Escuela Superior de Física y Matemáticas, IPN.

La intervención se realiza mediante investigación cualitativa, y parte de la creencia en los estudiantes de una comunidad científica, de que las matemáticas son una ciencia abstracta y rigurosa que desarrolla el razonamiento lógico, considerándola una ciencia por excelencia. La creencia primaria que tiene esta comunidad coincide con la de Gómez-Chacón (2000), quienes establecen que la Matemática se crea por gente prestigiosa, muy inteligente y creativa, la que es reforzada por su experiencia escolar. Los alumnos tienen la imagen de que los mejores estudiantes en las clases de Matemáticas son los más preparados y los más inteligentes del grupo.

A fin de recabar la información se realizó un cuestionario con 10 preguntas, el que se sometió a revisión de un experto en Didáctica de las Ciencias, para después aplicarse en plan piloto, y considerando las observaciones resultantes, corregirse. Por último, el cuestionario se aplicó a 18 estudiantes de nivel superior de la comunidad elegida, ésta fue la población muestra.

El análisis se llevó a cabo a través del uso de redes sistémicas, las que permitieron establecer una relación entre creencias, de modo que se obtenga una panorámica del fenómeno a estudiar. De esta relación se determinaron tres grandes ejes de creencias, que forman parte del marco de referencia con incidencia directa en el dominio afectivo de los estudiantes de esta comunidad. Estos ejes son:

- a) Sentir matemático
- b) Concepciones hacia la matemática educativa
- c) Aprendizaje

Objetivos

Uno de los principales objetivos que se busca es ver a la Matemática Educativa como una disciplina científica, que con su perfil didáctico contribuye en el campo de la investigación, y en la práctica docente, atendiendo al conocimiento matemático.

Por otro lado se coincide con el hecho de que la investigación en Educación Matemática ha estado centrada principalmente en aspectos cognitivos, dejando un poco de lado los aspectos afectivos...«donde el comportamiento relativo a las emociones no juega un papel esencial» (Gómez-Chacón, I.M., 2003).

Por ello en esta investigación es fundamental determinar los aspectos de identidad que una comunidad de ciencias manifiesta como *creencias* y que permean ese ámbito educativo. Estas creencias permitirán establecer situaciones que puedan favorecer el aprendizaje, y sobre todo, que los estudiantes se acerquen a la opción de Matemática Educativa, que para la fecha en que se realiza la investigación, solo contaba con cuatro estudiantes inscritos en su programa académico.

En conjunto se puede construir un marco de referencia para la opción en Matemática Educativa, que atienda a las creencias que los estudiantes tienen acerca de la Matemática y su práctica docente.

Determinar una postura permitirá visualizar posibles caminos a seguir para proporcionar la información específica y objetiva que tiene cada una de las opciones educativas ofertadas.

Marco teórico

Dentro de las investigaciones que se han realizado para atender el aspecto afectivo se encuentra a Gil, N., Blanco, L. & Guerrero, E. (2005) quienes muestran que el estudio del dominio afectivo se establece principalmente a través de tres descriptores básicos:

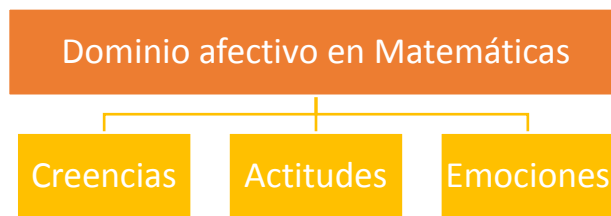


Figura 1. Dominio afectivo y descriptores básicos en matemáticas

Tomando el estudio que corresponde a las *Creencias*, se retoma la definición dada por Gómez-Chacón, I.M. (2003) de que son: «ideas poco elaboradas, generales o específicas, que forman parte del conocimiento que posee una persona e influyen de manera directa en su desempeño, además incidiendo de manera decisiva en todo lo que supone el proceso de enseñanza-aprendizaje».

También en estas investigaciones se delimita el uso que se hará de la información recabada, por tanto la obtención de estas creencias será con el fin de identificarlas y describirlas desde el grupo específico al que pertenece el estudiante, y poder fijar el sistema de creencias para cada uno de ellos.

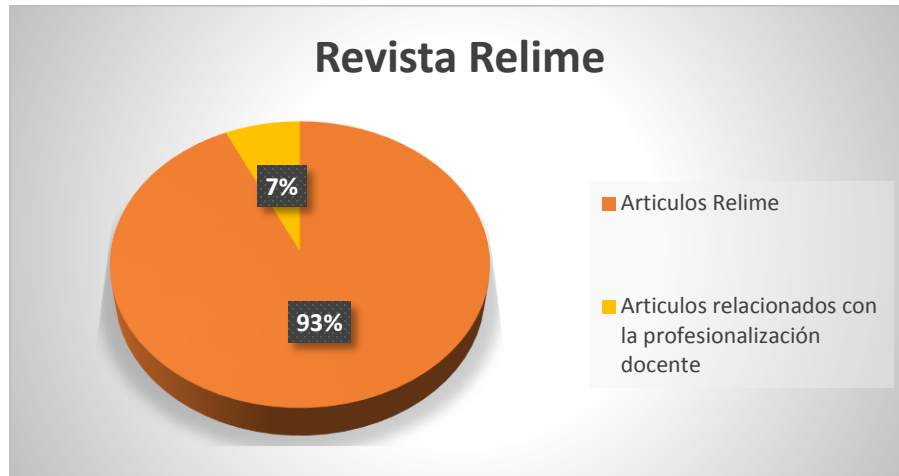
Es conveniente resaltar que el estudio de Creencias ha reportado una fuerte carga afectiva con relación a las preferencias, inclinaciones y líneas de acción. Así, las creencias pueden mostrar aspectos afectivos de la personalidad del sujeto. Las creencias, con relación a la práctica, según lo dicho por Da Ponte, J. (1999) está sujeta a la *decisión*; es decir, el poder elegir si se quiere o no usar creencias y concepciones como indicaría el sentido común, o un marco teórico.

En educación, estas creencias sobre la Matemática se ven determinadas por el contexto social, las necesidades psicológicas, los deseos, las metas, etcétera que el estudiante tiene, y que en palabras de los investigadores que han profundizado en estos temas significa: «los sistemas de creencias están constituidos por creencias sobre la educación matemática, sobre sí mismos y sobre el contexto» (Gómez-Chacón, I.M., Op't Eynde, P. & De Corte, E., 2006).

En lo que se refiere al material bibliográfico, una de las primeras actividades fue verificar los datos obtenidos en la publicación hecha por Rico (1996), en la que menciona que solo el 10% de las investigaciones estudian problemas relacionados

con el profesor y su formación. Por esto, una exigencia para esta investigación fue determinar la idiosincrasia del Matemático Educativo.

En la siguiente gráfica se muestra una revisión exhaustiva que se llevó a cabo en la Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa hasta el volumen 18, en que se concentran solo aquellos artículos que hacen referencia a la formación docente del Matemático Educativo, encontrándose 17 artículos.



Gráfica 1. Referencia a artículos relativos a la profesionalización docente

Desarrollo

La escuela elegida (Escuela Superior de Física y Matemáticas, ESFM) muestra muy bajos índices de inscripción en la especialidad de Matemática Educativa, solo cuatro estudiantes estaban matriculados en esta modalidad. Por esto que se consideró a la materia optativa de Didáctica de las Ciencias, asignatura electiva, a la que también asisten estudiantes de las especialidades de Física y Matemáticas.

Esta clase mostró ser el escenario adecuado para realizar la investigación, ya que sus estudiantes tienen cierta inclinación por la especialidad y algún conocimiento sobre lo que se estudia en Matemática Educativa.

1. Materiales e intervención

En esta investigación se procedió, a través de una metodología cualitativa, analizar las creencias presentes sobre la opción en Matemática Educativa en la comunidad de la ESFM, que decidimos tomar como muestra. El establecimiento de relaciones no incide directamente en la búsqueda de significados, más bien, permiten contrastar cómo se da el proceso de construcción, y así, determinar cuáles son las ideas que los estudiantes generan desde sus preconcepciones, para generar

marcos de referencia de acuerdo a la instauración de creencias hacia lo que para ellos significa la Matemática Educativa.

Los datos aquí presentados fueron adquiridos por medio de un cuestionario que tuvo que ser diseñado. Uno de los aspectos considerados para esta construcción fue la idea de generar material adecuado para obtener un estudio de lo que los estudiantes creen y entienden por Matemática Educativa. Para esto se estableció una línea de acción para la realización del instrumento.



Figura 2. Diseño del instrumento

Una vez elaborado el cuestionario se sometió a un pilotaje con tres estudiantes ajenos a la muestra, para después corregirlo y validarlo por un experto. Posteriormente se aplicó a una población de 18 estudiantes de la clase de Didáctica de las Ciencias, curso optativo de la escuela muestra. Algunos de los cuestionarios aplicados presentaron respuestas confusas y/o de mayor atención, por lo que fue necesario complementar con una entrevista dirigida. En ésta se plantearon preguntas más específicas para ahondar en las respuestas obtenidas en el cuestionario.

2. Análisis

Cuando se percibió que las respuestas del cuestionario abarcaban todos los aspectos que se necesitaban cubrir, se eligió para analizar las respuestas la implementación de redes sistémicas. A través del uso de esta técnica se logra tener un proceso lógico para instituir *relaciones*, a partir de establecer *categorías*, que permiten agrupar respuestas en grupos específicos, y así poder analizar la información de manera coherente. De esta forma, los datos cualitativos obtenidos del cuestionario, las entrevistas y observaciones, pueden describirse de tal manera que encontrar una representación de su significado, sea el resultado de la extracción y codificación de la información.

El uso de redes sistémicas en investigaciones cualitativas contrasta la relación entre las respuestas. A continuación se presentan los resultados del análisis de tres aspectos según esta técnica:

1. Sentir matemático

Esta red sistémica surge a partir de preguntas del cuestionario dirigidas al uso que el estudiante da a la Matemática según su contexto (opción/especialización), con la finalidad de observar cómo cada estudiante se siente parte de un grupo de estudio, y con ello conforma su sentido de pertenencia.

El análisis realizado evidencia que los estudiantes consideran a las matemáticas como una cualidad que propicia el orden, el que reconocen con mayor énfasis en dos contextos: la escuela y la vida diaria.

- a) Considerando la escuela como escenario, la Matemática se ve como el razonamiento lógico que permite el desarrollo del estudiante en el aula.
- b) En la vida diaria las matemáticas se relacionan con actividades económicas y de uso tecnológico, con las que puede interactuar con los demás individuos.

II. Aprendizaje

Esta red sistémica plantea encontrar, por parte de los estudiantes, la relación entre la valoración que se tiene de la Matemática Educativa y la docencia. El objetivo central es hacer patente los conocimientos específicos, que el estudiante considera tener en situación de aprendizaje, en una clase con perfil en Matemática Educativa. La evidencia obtenida muestra creencias con relación a los aspectos formativos y cómo éstos ayudan en la significación del aprendizaje. Según la experiencia educativa de los estudiantes, en el curso de Didáctica de las Ciencias, ellos distinguen dos momentos propicios para el aprendizaje:

- a) Dentro de clase

Definen el aprendizaje a través de la realización de apuntes, resolución de problemas y un proceso mecánico. A su vez consideran que las técnicas empleadas presentan dos momentos:

 - i. Positivo

Permite la reflexión dado un sistema didáctico y hace evidente una mayor comunicación.
 - ii. Negativo

El formalismo se ve disminuido, hasta cierto punto se cree que la teoría matemática es inconclusa y con una evidente disminución en su profundidad.
- b) Fuera de clase

Los estudiantes comparten la idea de que el aprendizaje se logra a través de la retroalimentación y la actividad autodidáctica.

III. Concepciones hacia la Matemática Educativa

Uno de los objetivos de plantear esta red, fue conocer la situación que la disciplina de Matemática Educativa presenta dentro de una escuela de ciencias, y esto se planteó en preguntas simples: ¿conoces la especialidad en Matemática Educativa? ¿Qué piensas de la especialidad?

El análisis realizado mostró desconocimiento; los estudiantes expresaron sus creencias hacia la especialidad colocándolas en sugerencias específicas:

a) Positivas

Generar difusión acerca de la especialidad.

Hacer notar que en la escuela hay un mayor número de profesores con perfil en Matemática Educativa impartiendo cursos.

b) Negativas

La especialidad no debería formar parte de una escuela de ciencias.

Hubo comentarios infundados que demeritan la especialidad, como: «es fácil y no requiere mucho proceso de abstracción matemática».

Conclusiones

Este tipo de investigaciones que estudian el dominio afectivo en matemáticas, desde nuestra perspectiva, aportan al campo de estudio escenarios que hacen patente una problemática que puede ser discutida, con el único fin de mejorar las condiciones que los estudiantes manifiestan a partir de sus *creencias*; así como, en nuestro caso, posibilitan vías de acción para potenciar una opción educativa.

En particular, a lo largo de este trabajo, se presenta un fenómeno que es recurrente en muchas instituciones educativas. Se hace evidente que en una comunidad de ciencias, uno de los principales problemas surge al establecer creencias por parte de su comunidad, en base al desconocimiento de las opciones que la componen, aunado a un fuerte sentido de identidad de la especialidad a la que el estudiante elige pertenecer.

No obstante, si lo que se desea es atender la baja matrícula de estudiantes en la especialidad de Matemática Educativa, el presente trabajo aporta un panorama de acción para una escuela de ciencias; esto a través del marco de referencia elaborado, en el que por parte de los estudiantes se observa un rechazo basado en el desconocimiento de la especialidad.

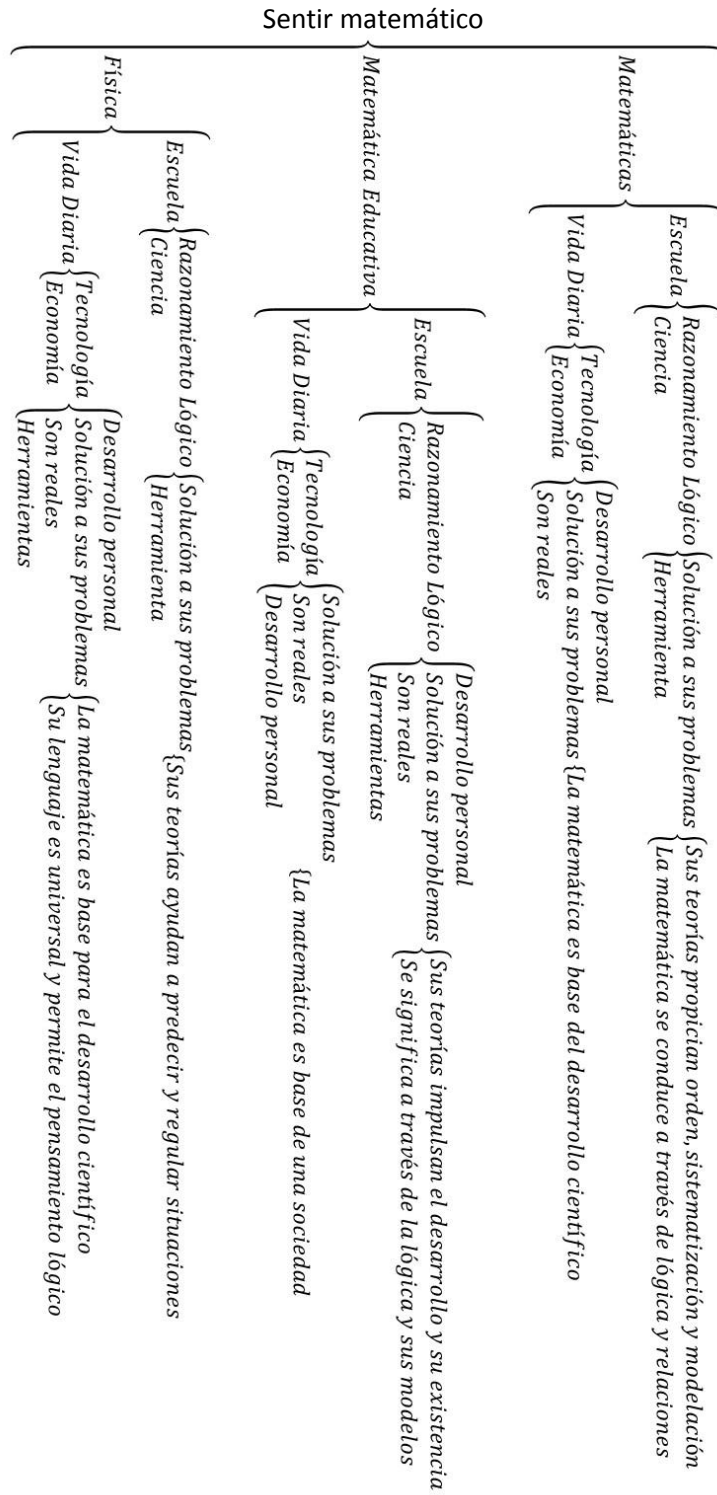
En general los estudiantes ven a la didáctica como una herramienta que apoya el aprendizaje. Asumen que la Matemática Educativa se enfoca en la construcción de un perfil con conocimientos pedagógicos, que les permiten diferentes métodos de enseñanza. Por ello resulta coherente elaborar un plan de acción que permita la divulgación acerca de la especialidad, en tanto se atiendan las preconcepciones que los estudiantes presentan.

Referencias

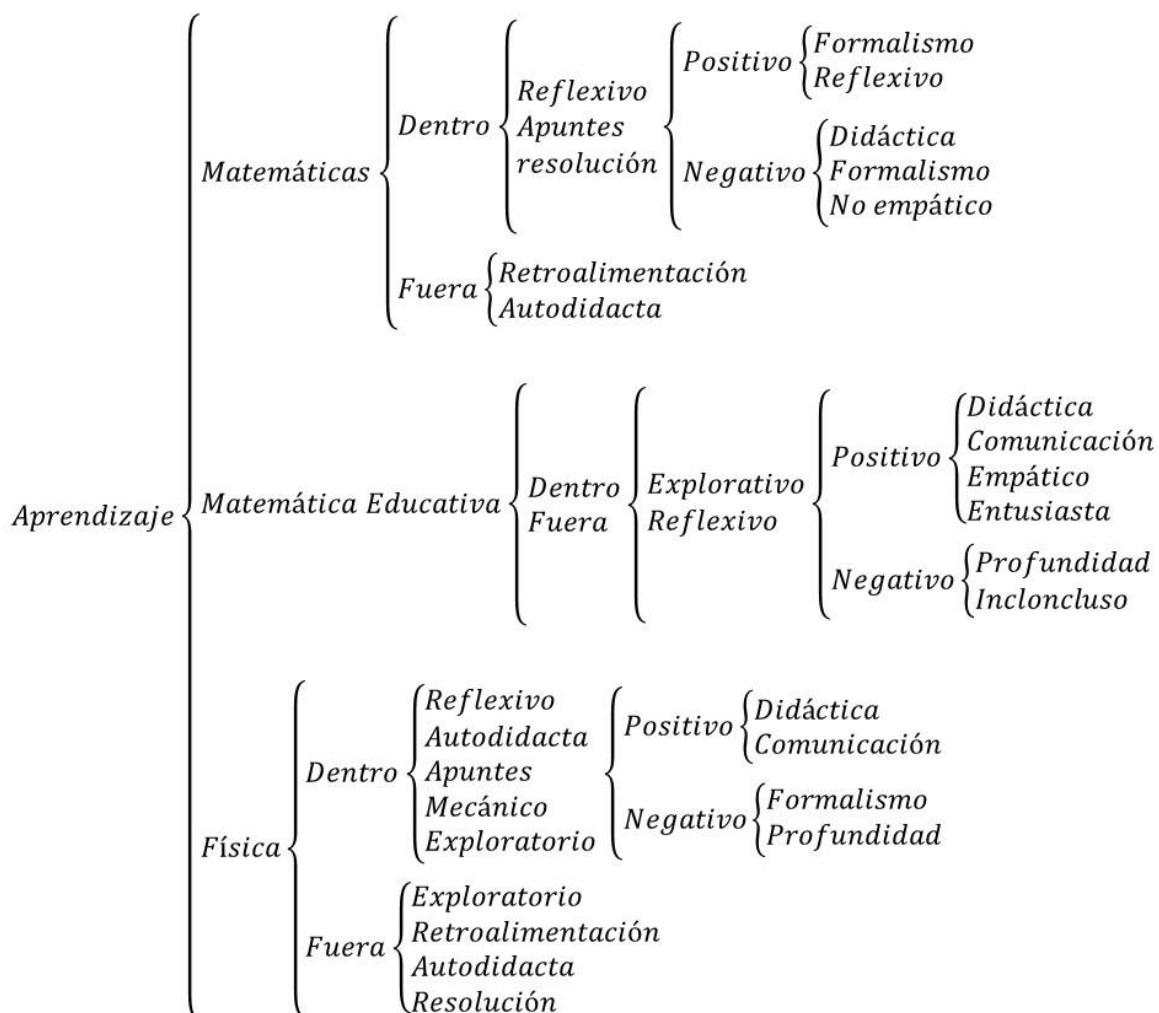
- Cantoral, R. (2016). "Educación alternativa: matemáticas y práctica social". *Perfiles Educativos*, 38(3a), 7-18.
- Da Ponte, J. (1999). "Las creencias y concepciones de maestros como un tema fundamental en formación de maestros". *On research in teacher education: From a study of teaching practices to issues in teacher education*. Osnabruck: *Forschungsinstitut für Mathematik didaktik*, 43-50.
- Espinosa, G.M. (2010). "Hacia el rediseño del discurso: formación docente en línea centrada en la resignificación de la matemática escolar". *RELIME. Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 13(4), 69-84.
- Gil, N., Blanco, L. & Guerrero, E. (2005). "El dominio afectivo en el aprendizaje de las matemáticas. Una revisión de sus descriptores básicos". *Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 2, 15-32.
- Godino, J.D. (2000). La consolidación de la educación matemática como disciplina científica. En A. Martínón. *Las matemáticas del siglo XX. Una mirada en 101 artículos* (pp.347-350). Madrid: Nivola.
- Gómez-Chacón, I. M. (2000). *Matemática Emocional*. Madrid: Narcea.
- Gómez-Chacón, I. M. (2003). La tarea intelectual en matemáticas afecto, meta-afecto, y los sistemas de creencias. *Boletín de la Asociación Matemática Venezolana*, 10(2), 225-247.
- Gómez-Chacón, I.M., Op't Eynde, P. & De Corte, E. (2006). Creencias de los estudiantes de matemáticas. La influencia del contexto de clase. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de investigación y Experiencias Didácticas*, 24(3), 309-324.
- Llinares, S. (2008). *Aprendizaje del estudiante para profesor de matemáticas y el papel de los nuevos instrumentos de comunicación*. 1-19. <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/5302/1/llinares-bogota08.pdf>
- Ortiz, V. (2017). *Matemática educativa. Creencias de la comunidad de una escuela de ciencias* (Tesis de licenciatura, Escuela Superior de Física y Matemáticas del Instituto politécnico Nacional, México).
- Sanmartí, Neus. (1993). *Las redes sistémicas: construcción y aplicaciones*. Documento de trabajo. Departamento de didáctica CCEE. Universidad Autónoma de Barcelona, España.

ANEXOS

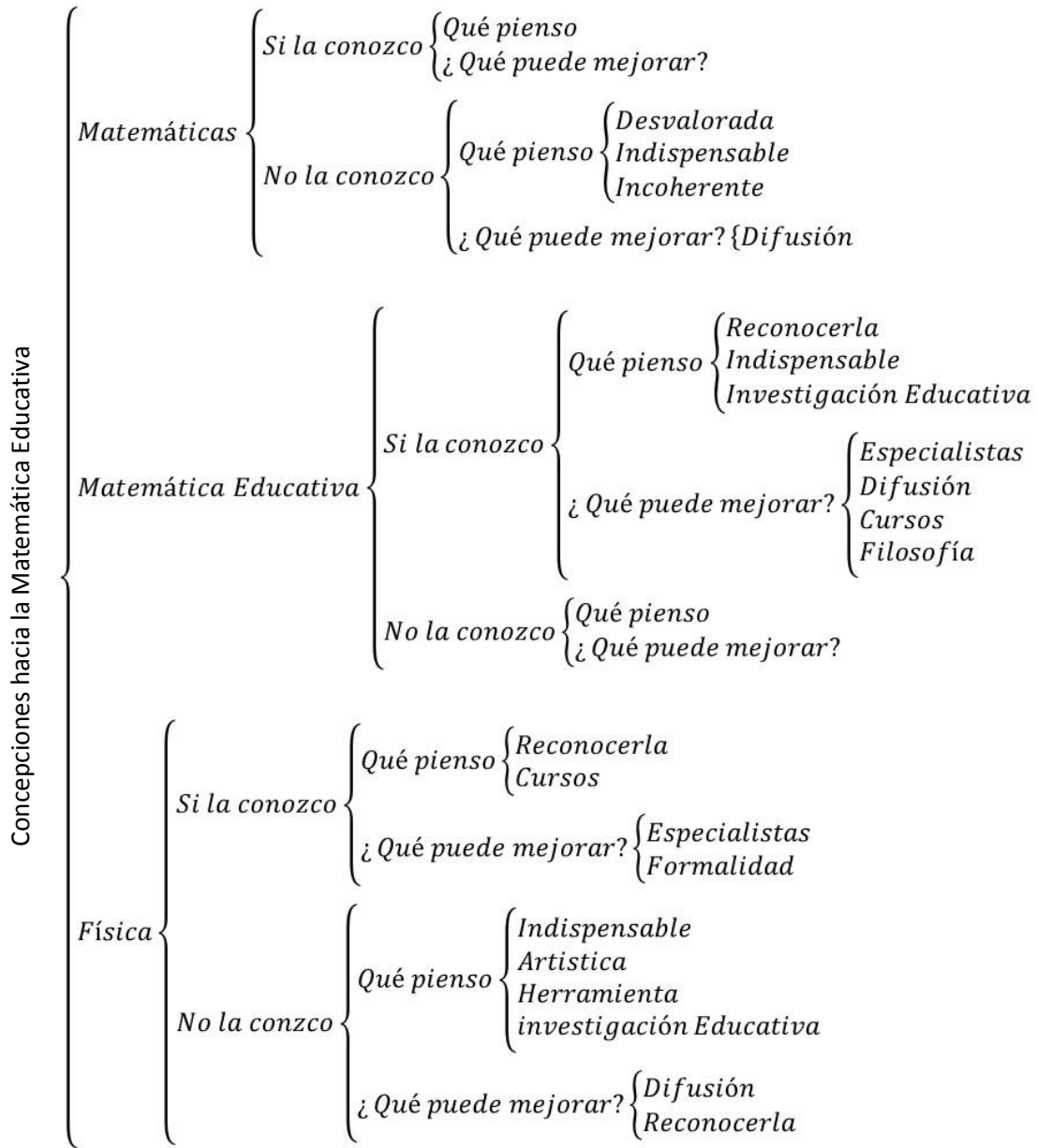
Se muestran las redes sistémicas construidas



Red sistémica "Sentir matemático"



Red sistémica "Aprendizaje"



Red sistémica “Concepciones hacia la Matemática Educativa”

Género y álgebra abstracta:

Algunas experiencias de estudiantes en el Nivel Superior

Brenda Carranza-Rogério³⁰, Luz María de Guadalupe González Álvarez¹,
Fabio Julio Dávila Ojeda¹

Introducción

La problemática sobre la menor proporción de mujeres en carreras del área de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM, por sus siglas en inglés) ha sido una constante en la sociedad mexicana que, pese a haber logrado avances en materia de género, no ha conseguido que la diferencia entre el número de hombres y mujeres en este tipo de carreras del Nivel Superior disminuya de manera considerable (Zubieta y Herzig, 2015).

Algunos factores que suelen tomarse como explicación para este fenómeno residen en la diferencia de gustos, e inclusive, de aptitudes. Sin embargo, respecto a estas últimas, diversas investigaciones, como las reportadas en la revisión crítica de Spelke (2005), muestran que las habilidades cognitivas base para el trabajo matemático las poseen ambos sexos por igual.

No obstante, las justificaciones basadas en prejuicios y demás creencias persisten en el entorno sociocultural y son reproducidas tanto por hombres como por mujeres; tal es el caso de los *estereotipos*.

Para analizar este aspecto es necesario distinguir con claridad los términos *sexo* y *género*. A grandes rasgos, su distinción radica en que, mientras el primero se refiere a diferencias meramente biológicas entre hombres y mujeres, el segundo alude a concepciones culturales de lo que cada sociedad asume como «natural» para cada sexo.

En dicho sentido, el área STEM suele asociarse con mayor frecuencia a «lo masculino» (Francis et al., 2017; Good, Aronson y Harder, 2008); de aquí surge la pregunta de si tal asociación tiene efectos sobre el desempeño de las mujeres que cursan estas carreras. En la investigación (Carranza-Rogério, 2016) esta fue una de las preguntas fundamentales y se centró en tres factores socioculturales específicos que se abordaron durante el estudio: *motivaciones*, *concepciones personales* y *experiencias relativas a cuestiones de género*.

Para abordar estos factores se consideró una muestra de ocho mujeres y ocho hombres inscritos en un mismo curso de álgebra abstracta, dentro de una carrera del área STEM en México. En dicha institución, a lo largo de la carrera, se mantiene una relación aproximada de cinco hombres por cada mujer.

³⁰ Escuela Superior de Física y Matemáticas, Instituto Politécnico Nacional

Objetivos

Con el fin de obtener una caracterización particular de la relación entre género y desempeño académico en matemáticas, se realizó un estudio de casos. A partir de él, en este trabajo se reportan los resultados obtenidos en cuanto al propósito específico de estudiar el impacto que las concepciones socioculturales ejercen sobre el desempeño académico de las estudiantes.

Marco teórico

De acuerdo con Haig (2004), la distinción entre género y sexo surge en los estudios feministas de los años setenta. Si bien las diferencias biológicas entre hombres y mujeres se determinan al momento de nacer, el papel que cada uno juega en la sociedad cambia.

Debido a las asimetrías existentes, el trato igualitario a hombres y mujeres es una estrategia insuficiente para conseguir una equidad de género (OECD, 1999, p. 13), entendiendo a esta última como el trato imparcial entre mujeres y hombres de acuerdo con sus necesidades respectivas, ya sea con un trato igual, o bien, uno diferenciado, pero equivalente.

En la escuela este trato no siempre es equivalente; Schwartz y Hanson (1992) señalan que las mujeres tienen diferentes experiencias en el salón de clases, puesto que ellas tienen estilos diferentes de aprendizaje y, de acuerdo con Ong (1981), la mayor parte de las actividades en el salón de clases están organizadas para acoplarse al estilo de aprendizaje masculino (Zhu, 2007, pág. 196).

Si las mujeres experimentan lo anterior en el aula, el sentimiento de pertenencia no será el mismo que el percibido por sus pares masculinos. Si esto se conjuga con una serie de concepciones culturales negativas acerca del papel de la mujer en la ciencia y las matemáticas, es claro que tal sentimiento será aún menor para ellas.

En este tipo de concepciones entra lo que usualmente se denomina *estereotipo*. No obstante, algunos investigadores de psicología social sugieren eliminar su connotación negativa y lo consideran una categorización sin juicios de valor, de tal forma que pueda ser positivo o negativo. Por tanto, proponen destacar la dependencia de su contenido en función del entorno social concreto (Bueno y Garrido, 2013).

En particular, los estereotipos existentes sobre las mujeres radican en aspectos más allá de su habilidad matemática, como son los roles ocupacionales: *jefe de familia* y *ama de casa*. Si bien parece una idea anticuada, de los países miembros de la OCDE, según estadísticas del 2004, México es el segundo país con mayor porcentaje de mujeres que no asisten a la escuela ni tienen trabajo, siendo más del 25% de la población, mientras que los hombres en la misma condición son aproximadamente el 7% (OECD, s.f., p. 14).

Esto permite conocer un rasgo particular de la cultura en la que se desenvuelven las y los estudiantes enlazado con el desempeño académico en un fenómeno descrito (y puesto a prueba) por Steele (1997) denominado *amenaza del estereotipo*; el cual consiste en el evento de un estereotipo negativo sobre el grupo al que se pertenece y que puede ser tomado como una interpretación plausible de una acción del sujeto (p. 616).

Lo anterior ocurre cuando esta persona se encuentra en el *campo* del estereotipo y se genera en ella lo que Cross (1991) define como *ansiedad del foco de atención*, de tal forma que cuando se le juzgue en términos del estereotipo negativo disminuye su desempeño. Por este motivo, el enlace consiste en que bajo la creencia de que los hombres tienen mayor facilidad para las matemáticas que las mujeres, las estudiantes que cursan carreras en esta área pueden ver afectado su desempeño en la materia.

Para tener un acercamiento hacia las percepciones que tenían las y los estudiantes acerca de la habilidad en matemáticas, con relación al género, Good y Aronson (como se reporta en Good, Aronson y Harder, 2008, p. 25) hicieron un estudio de las percepciones que estudiantes de universidad tenían acerca de la habilidad en Cálculo. A 364 estudiantes de esta asignatura les preguntaron su opinión acerca de quiénes creían que eran mejores en Cálculo: hombres o mujeres. Los resultados revelaron que las mujeres creían que hombres y mujeres tienen la misma habilidad, mientras que los hombres expresaron que ellos creían ser mejores. Incluso se les preguntó qué es lo que pensaban que *otros* creían acerca de la misma cuestión y encontraron que tanto hombres como mujeres creen que *los demás* piensan que los hombres son mejores.

Los trabajos descritos inspiraron algunos de los instrumentos seleccionados para la recolección de datos. En particular, para la entrevista se retomaron algunos de los aspectos estudiados por Steele; mientras que para la elaboración de la encuesta fue considerado el estudio de Good y Aronson. Ambos se describen en la siguiente sección, así como los resultados obtenidos para cada uno de ellos.

Desarrollo

Con el fin de atender la pregunta sobre los efectos de las creencias socioculturales en el desempeño de las estudiantes, dada su naturaleza social, en el desarrollo de la investigación se empleó principalmente el método *cualitativo*, aunque algunos datos de tipo *cuantitativo* también fueron considerados.

Si bien en la mayoría de las etapas de recolección de datos, mujeres y hombres fueron evaluados, la investigación puso especial atención en el caso de las mujeres. Los instrumentos específicos, de los cuales se reportan aquí los resultados, se muestran en la Tabla I.

Aspectos a evaluar	Descripción	Instrumento	Momento o periodo de aplicación
Comportamiento del grupo de estudio durante la clase.	Observar la actuación de las y los estudiantes en el aula: intervenciones en clase, interacciones con compañeros, asistencia, entre otros.	<i>Bitácora</i> (registro directo de observaciones por parte de la autora durante las clases).	Todas las clases hasta el primer examen parcial (alrededor de cinco semanas).
Características socioculturales de las y los estudiantes en el grupo de estudio.	Analizar el entorno en el que se han desarrollado los participantes y el cómo éste ha influido en su desarrollo como estudiantes de matemáticas.	<i>Entrevista semiestructurada.</i>	Segundo y tercer parcial (alrededor de diez semanas).
Percepción acerca de la relación entre el Álgebra y el género.	Analizar y comparar las percepciones entre los y las participantes de la muestra acerca de la relación entre el Álgebra y el género.	<i>Encuesta</i> (aplicada a todo el grupo).	Previo al tercer examen parcial de conocimientos (alrededor de cinco semanas).

Tabla I. Aspectos a evaluar e instrumentos para la toma de datos

Un método importante de análisis fue la *Teoría Fundamentada*, pues permitió generar categorías a partir de características particulares identificadas en las respuestas de las y los estudiantes, lo cual fue a su vez *triangulado* con lo obtenido en los otros dos instrumentos, a fin de complementar el panorama social y cultural de la comunidad estudiada.

Esta triangulación formó parte del proceso de *validación*. Además, como parte del mismo proceso, se consultó a dos investigadores durante el desarrollo del estudio: un experto en el contenido matemático que se trata en el curso de Álgebra del grupo de estudio y una experta en Didáctica.

En el caso de la bitácora y las entrevistas realizadas, su contraste permitió integrar las observaciones de la autora con lo expresado directamente por los estudiantes. En cuanto a las entrevistas y la encuesta, el objetivo era determinar el grado de relación que establecían las y los participantes con las ciencias exactas (Álgebra, en particular) y un género determinado. Así, las entrevistas vincularon a su vez la bitácora con la encuesta.

Acerca de la participación en clase, ya sea respondiendo cuestionamientos del profesor, aclarando detalles sobre las demostraciones expuestas o preguntando dudas, la mayoría de las participaciones provenían de estudiantes hombres. Este fenómeno está relacionado con el nivel de confianza de las y los estudiantes, el cual puede explicarse tanto por el dominio que perciben tener sobre el tema en cuestión, como por la seguridad que sienten para expresarse.

De manera particular, la autora observó dos comportamientos que ejemplifican este fenómeno de baja confianza. En una clase, una de las estudiantes (M2: Mujer 2) notó un error en la demostración provista por el profesor, lo dijo en voz baja y observó a sus compañeros para ver si alguien lo había notado; luego lo comentó con su compañero de mesa y éste se mostró inseguro sobre si en efecto era un error o no. Unos minutos después, un estudiante hombre alzó la voz y cuestionó al profesor de si en determinada parte había cometido un error; el profesor le dio la razón. La joven se percató de que era lo mismo que ella pensaba y, al ver que estaba en lo correcto, solo asintió.

En otra sesión, después de que un alumno hiciera una intervención en la clase, una de las estudiantes (M6) dijo en voz baja, sin dirigirse a nadie en especial, que lo expresado por el compañero era incorrecto, pero no expresó más.

Otra observación registrada en la bitácora de manera recurrente durante las clases es que la mayoría de las mujeres tendían a elegir los lugares en los extremos o al fondo del salón, lo cual refleja de cierto modo su inseguridad o necesidad de no darse a notar. Esto se ve puede ejemplificar con la entrevista a M4, quien comentó: «no le entiendo lo suficiente, como si me llega a preguntar algo [el profesor] no voy a saber qué decirle», o bien, el de M5, quien señaló: «no me gusta sentarme hasta enfrente, no sé, no me agrada, entonces generalmente me siento atrás, pero sí veo y pongo atención, y cosas así».

Si bien esto puede parecer algo propio de su personalidad, ella relata una experiencia que vivió durante un curso en la misma carrera, en la que sus compañeros, al ver que ella hacía sus tareas y obtenía buenos resultados, le dijeron: «es porque tú solo le haces [la] barba al profesor», y añadió: «y eso que nunca me acerco al profesor». De manera similar, M8 expresó que algunos compañeros les preguntaban a ella y a una compañera cuando les salía la tarea: «¿y ustedes a quién se la piden?».

Este es uno de los primeros vínculos que hace evidente una inequidad en el trato y, en consecuencia, en el desarrollo de las estudiantes durante la carrera. Por ejemplo, M6 comentó que: «siempre he estudiado sola y ya me acostumbré», por lo tanto, su relación es casi nula con sus compañeros de clase y evita consultar directamente sus dudas al profesor de clase o a otros tutores.

Esto fue frecuentemente manifestado en las entrevistas, pues reportaban que limitaban su interacción con el profesor y que prácticamente no estudiaban o trabajaban con sus pares hombres. Esta falta de socialización es claramente en detrimento de su desempeño.

Por otro lado, tanto hombres como mujeres manifestaron haber presenciado o vivido experiencias de discriminación por género, tanto por parte de algún profesor como por parte de otros compañeros. Tal fue el caso de M5, quien comentó que un profesor manifestó: «las mujeres no estaban hechas para la carrera» y, entonces,

ella comenzó a participar para contradecir su afirmación, esforzándose para que él olvidara su prejuicio.

Incluso estos juicios los llegan a percibir de parte de sus conocidos y familiares. Una de las estudiantes comentó que no pensaba formar una familia, pues ello conllevaría a que tuviera que encargarse de las labores del hogar, evidenciando un claro estereotipo de la tarea femenina.

Otro tema importante fue acerca del acoso por parte de profesores. En algunos casos, experimentado directamente y en otros como un rumor infundado, que fortalecía la creencia de que las mujeres que obtenían buenas calificaciones era debido a favoritismo.

Finalmente, en cuanto a las encuestas, al preguntar a hombres y mujeres sobre quién consideraban tenía mayor habilidad para el Álgebra, más de la mitad de las mujeres afirmaron que ellos eran mejores, pese a que en la entrevista ellas manifestaron no creer en una diferencia por género, más de la mitad afirmó que ellos eran mejores y ninguna respondió que las mujeres tenían mayor habilidad; mientras un par de hombres respondieron que ellas eran mejores, aunque igualmente más de la mitad afirmó que eran los hombres los que tenían mayor habilidad para el Álgebra.

Para la segunda pregunta, respecto a lo que consideraban que *otros* pensaban, el porcentaje cuya respuesta fue que los hombres eran mejores aumentó, tanto en lo que respondieron ellas como ellos; sin embargo, el 10% de ellos siguió considerando que los demás afirmarían que ambos tenían la misma habilidad, mientras que la totalidad de las mujeres (100%) afirmó que *los demás* pensaban que los hombres eran mejores.

Igualmente, confrontado con las entrevistas, resultó que las mujeres asociaban en mayor proporción la habilidad en álgebra con los hombres que los hombres mismos. De hecho, en cuanto a su *autodefinición*, algunas expresaron que se sentían diferentes a las demás mujeres, que compartían más características con los hombres e incluso algunas relacionaban esto directamente con el hecho de estudiar una carrera de esa naturaleza.

Conclusiones y/o posibles usos

De acuerdo con los resultados obtenidos, es claro que varias de las mujeres en estas carreras, a pesar de haber sido capaces de aprobar los cursos previos, no se sentían plenamente representadas en el área. Inclusive se sentían limitadas a poder participar activamente como lo hacían sus pares hombres.

Más aún, hubo quienes experimentaron de manera directa algún tipo de discriminación y que, si bien algunas trataban de tomarlo como una motivación para trabajar y demostrar su capacidad, otras se sentían desmotivadas.

Conocer estos resultados puede ayudar a atenuar los posibles efectos que la amenaza del estereotipo puede tener en las estudiantes, pues toda la comunidad es responsable de la construcción de estas creencias y, por ende, todas y todos podemos apoyar en su reconstrucción. Como menciona Gabarró (2010), «lo relevante es decidir si socialmente estamos dispuestos a facilitar que cada persona llegue a su máximo potencial al margen de su punto de partida» (p. 62).

Referencias

- Bueno, M., y Garrido, M. (2013). Estereotipos, prejuicios y discriminación. En M. Marín, R. Grau, y S. Yubero, *Procesos psicosociales en los contextos educativos* (págs. 97-105). Madrid: Ediciones Pirámide.
- Carranza-Rogério, B. (2016) *Caracterización de la relación entre género y desempeño académico en estudiantes de Álgebra abstracta: estudio de casos* (Tesis de licenciatura, Escuela Superior de Física y Matemáticas del Instituto politécnico Nacional, México) doi: 10.13140/RG.2.2.23738.08645
- Francis, B., Archer, L., Moote, J., DeWitt, J., MacLeod, E., y Yeomans, L. (2017). The Construction of Physics as a Quintessentially Masculine Subject: Young People's Perceptions of Gender Issues in Access to Physics. *Sex Roles*, 76, 156–174. doi: 10.1007/s11199-016-0669-z
- Gabarró, D. (2010). *¿Fracaso escolar? La solución inesperada del género y la coeducación*. España: Boira.
- Good, C., Aronson, J., y Harder, J. A. (2008). Problems in the pipeline: Stereotype threat and women's achievement in high-level math courses. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 29, 17–28. doi: 10.1016/j.appdev.2007.10.004
- Haig, D. (2004). The inexorable rise of gender and the decline of sex: social change in academic titles, 1945-2001. *Archives of sexual behavior*, 33(2), 87-96.
- OCDE. (s.f.). *Nota País México – Programa para la evaluación internacional de alumnos (PISA) Pisa 2012 Resultados*. Recuperado el 3 de octubre de 2015, de <http://www.oecd.org/pisa/keyfindings/pisa-2012-results.htm>
- OECD. (1999). *DAC guidelines for gender equality and women's empowerment in development co-operation*. Francia: OECD.
- Spelke, E. S. (2005). Sex Differences in Intrinsic Aptitude for Mathematics and Science?: A Critical Review. *American Psychologist*, 60(9), 950–958. doi: 10.1037/0003-066X.60.9.950

- Steele, C. M. (1997). A threat in the air: how stereotypes shape intellectual identity and performance. *American Psychologist*, 52(6), 613-629.
- Zhu, Z. (2007). Gender differences in mathematical problem solving patterns: A review of literature. *International Education Journal*, 8(2), 187 – 203.
- Zubieta, J., y Herzig, M. (2015). *Participación de las mujeres y niñas en la educación nacional y en el sistema de ciencia, tecnología e innovación en México: Evaluación nacional con base en el marco de indicadores de equidad de género en la sociedad del conocimiento*. Ciudad de México: WISAT-CONACyT.

**Breves de teoría de grupos en nivel superior:
un enfoque mediante el análisis de textos literarios**

Marco Antonio García López ³¹

Introducción

En su discurso presidencial, ante la *London Mathematical Society*, en 1908, William Burnside comentó que “es indudable que la teoría de grupos de orden finito ha fracasado, hasta ahora, para despertar el interés de cualquier número, aunque sea muy pequeño, de matemáticos ingleses...” Y terminó con las palabras “Deseo, en conclusión, apelar a aquellos que tienen la enseñanza de nuestros matemáticos puros más jóvenes para que hagan algo que estimule el estudio de la teoría de grupos en este país” (Burnside, 2004).

Más de cien años después, sus palabras son poco necesarias. En cualquier parte del mundo la importancia de la teoría de grupos en la matemática moderna es plenamente reconocida, lo cual se ve reflejado en las *curricula* universitarias. Sin embargo, el álgebra abstracta en general, y la teoría de grupos en particular, presenta un problema educacional serio. Sigue siendo uno de los temas que más problemas dan a los estudiantes, tanto en términos de desarrollo de actitudes hacia las matemáticas abstractas como de relacionar el tema con sus aplicaciones.

En el presente trabajo se presentan algunos elementos para fundamentar una propuesta orientada al desarrollo del pensamiento creativo, como aportación transversal en el tratamiento de las aplicaciones de teoría de grupos, con el fin de desarrollar en los alumnos el pensamiento divergente que permita formar ciudadanos capaces de romper continuamente con los esquemas tradicionales, estimulando así la pluridimensionalidad de cada individuo.

Dejadas atrás las ideas románticas de Oscar Wilde cuando, apelando al origen etimológico del término, afirmaba que definir es limitar; y siendo conscientes de que toda escritura está sujeta a límites: ya sean los límites del vocabulario y de la gramática, o bien los límites de las tres unidades de la tragedia griega clásica o de la separación en capítulos de la novela moderna, retomamos las ideas y el trabajo propuestos por el Oulipo (*Ouvroir de littérature potentielle*, en español Taller de literatura potencial), para proponer a los estudiantes el análisis y la creación de textos literarios que cumplan restricciones especiales basadas en la teoría de grupos; para lo cual, se definirán algunas ideas. La intención no sólo es mostrar algunas de las formas de arte que varios autores han desarrollado utilizando las restricciones literarias, sino también iluminar el terreno común compartido por las

³¹ Escuela Superior de Física y Matemáticas, Instituto Politécnico Nacional

matemáticas y la literatura, haciendo hincapié en el papel crucial del mencionado grupo Oulipo, en explorar ese terreno.

Conviene tener en cuenta que el poeta y el matemático trabajan hacia muchos de los mismos objetivos: ambos tratan de comunicar a los demás algo de verdad, y ambos buscan descubrir y describir una estructura donde antes no había dicha estructura; con lo cual, se sigue la idea de Aristóteles al decir, según Ruiz (2013), que la razón como condición del buen poeta y, además, se pretende desarrollar en el estudiante la capacidad de utilizar los temas de teoría de grupos, lo que es fundamental en el aprendizaje, al encontrarles una aplicación poco conocida y muy llamativa para ellos.

Mediante esta propuesta, se propone promover transformaciones curriculares flexibles, creativas y participativas, acordes a las necesidades formativas de los sujetos y de su comunidad, innovando el proceso, mediante la realización de actividades que unen dos áreas aparentemente muy distantes.

El manual de Oslo (OCDE, 2006) dice sobre *la innovación que es la introducción de un nuevo, o significativamente mejorado, producto (bien o servicio), de un proceso, de un nuevo método de comercialización o de un nuevo método organizativo, en las prácticas internas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores*. De acuerdo con esta idea, se plantea la innovación mencionada, pero sin dejar de lado la importancia del desarrollo humano.

Objetivos

Con esta propuesta se pretende presentar una estrategia para formar egresados capaces de contribuir creativamente en su área de trabajo, usando como estrategia para fomentar el desarrollo del pensamiento creativo la teoría de grupos para formular restricciones de textos literarios

Marco teórico

Para Zalamea (2009) la creación de conocimiento, en todas las áreas del saber, pero particularmente en la ciencia, es al menos tan importante como el conocimiento mismo. Él mismo dice que “el arte de la invención y las prácticas asociadas a la creatividad conforman el verdadero interés de la ciencia”. Lo cual produce un serio contraste si se compara con el pensamiento de Russell (2013) al decir que “la excelencia característica de las matemáticas debe encontrarse sólo donde el razonamiento es rígidamente lógico”.

El Movimiento de Cooperación Educativa se muestra también contrario a la idea de Russell cuando en un cuaderno titulado “La creatividad de la expresión” (citado por Rodari, 2011) nos dice que

... la formación matemática no debe avanzar por la vía forzada de la habilidad técnica y de la eficiencia, sino que debe partir del reconocimiento de que la conceptualización es una función libre y creativa de nuestra mente... Aun hablando de los espacios educativos se comprobó que la característica fundamental de un lugar escolar debería ser la de su transformabilidad, es decir, la de la posibilidad para el usuario de adoptar con respecto a aquél una actitud no de aceptación pasiva, sino de intervención activa y creativa sobre su propia manera de ser...

El propio Rodari (2011) dice que la creatividad

es sinónimo de “pensamiento divergente”, o sea capaz de romper continuamente los esquemas de la experiencia. Es “creativa” una mente siempre activa, siempre haciendo preguntas, descubriendo problemas donde los otros encuentran respuestas satisfactorias, a sus anchas en las situaciones fluidas en las que otros barruntan sólo peligros, capaz de juicios autónomos e independientes (incluso del padre, del profesor y la sociedad), que rechaza lo codificado, que vuelve a manipular objetos y conceptos sin dejarse inhibir por los conformismos. Todas estas cualidades se manifiestan en el proceso creativo.

Lo cual viene a estar totalmente en línea con la idea de Zalamea antes citada. Así vemos la necesidad de reforzar los procesos creativos asociados a la enseñanza de la matemática en el nivel superior. Este reforzamiento en primera instancia lo proponemos tomando como base el trabajo realizado por el “Taller de Literatura Potencial” (Oulipo por sus siglas en francés) que por medio de conceptos matemáticos y restricciones literarias explora los recursos infinitos de la lengua.

Este taller se inició en 1960 (aunque durante su primer año era llamado Seminario de Literatura Potencial, Sélitex) y tiene dos misiones principales: la primera es inventar estructuras, formas o nuevos desafíos que permitan la producción de obras originales basándose en conceptos matemáticos; la segunda misión consiste en examinar obras literarias para encontrar las huellas de la utilización de estructuras, formas o restricciones.

Georges Perec (2016), un distinguido miembro del Oulipo, dice que la historia de la literatura “parece ignorar deliberadamente la escritura como práctica, como trabajo, como juego”, y lo mismo podemos decir de la matemática. Ya hemos visto la postura de Russell, pero también Hardy tenía planteamientos similares cuando decía que:

Es una experiencia melancólica para un matemático profesional encontrarse a sí mismo escribiendo sobre matemáticas. La función de un matemático es hacer algo, es probar nuevos teoremas, es contribuir a las matemáticas y no hablar sobre lo que él u otros matemáticos han hecho. Los estadistas desprecian a los publicistas, los pintores menosprecian a los críticos de arte, y fisiólogos, físicos o matemáticos tienen normalmente sentimientos parecidos; no hay desprecio más profundo, o en

su conjunto más justificable, que aquél que sienten los hombres que crean hacia los hombres que explican. La exposición, la crítica y la apreciación son tareas para mentes de segunda clase (Hardy, 1999).

Afortunadamente esta visión de la literatura y las matemáticas nunca se ha podido imponer por completo, aunque sí domina gran parte de la producción de estas dos disciplinas. Incluso fuera del Oulipo, Rodari (2011) hace un análisis del cuento “El patito feo” de Andersen para mostrar que el cuento está montado en una estructura de teoría de conjuntos. Pero, como ya hemos mencionado, el Oulipo es el primer gran grupo de escritores y matemáticos que sistematizó la búsqueda y construcción de restricciones en textos literarios.

El trabajo del Oulipo es entonces un referente inmediato para poder implementar el desarrollo pluridimensional del individuo, como ya lo planteaba Marx (1987), formándolo de una manera integral y completa, para que pueda hacer frente a las embestidas del capitalismo que sólo busca hombres a medias que sirvan al mito de la productividad y el beneficio. Por supuesto no es el fin de este trabajo que todos se vuelvan artistas sino que, de la misma manera que lo plantea Rodari (2011), sirva para que nadie sea esclavo.

Desarrollo

Aprovechando que a los estudiantes de matemáticas se les enseña desde los primeros cursos de álgebra abstracta que un “grupo” es un conjunto G dotado de una operación binaria $*$ tal que existe un elemento identidad, ϵ , con respecto a $*$ y que cada elemento $g \in G$ tiene un “inverso”, g^{-1} , que satisface $g * g^{-1} = g^{-1} * g = \epsilon$, retomamos la idea de Bahls (2010) para dar la definición de “grupo libre”, denotado por F . El grupo F está formado por todas las cadenas de caracteres que se pueden formar con las letras del alfabeto español, sin importar que estas formen palabras válidas o no. La operación del grupo es la concatenación, el elemento identidad consiste en ninguna letra y, aunque no lo haremos aquí, es posible definir inversos de cada elemento.

Es posible definir funciones llamadas “homomorfismos de grupos” entre nuestro grupo F y algún otro conjunto con estructura de grupo, llamémosle G , definiendo solamente el valor en G de cada letra simple en F . Así, por ejemplo, si f es nuestro homomorfismo, tenemos que

$$f(HOLA) = f(H) * f(O) * f(L) * f(A)$$

donde $*$ es la operación en el grupo G .

Con esto es posible crear restricciones dentro de textos literarios. Por ejemplo, haciendo uso del grupo $\mathbb{Z}_{28}$, llamado el grupo de enteros módulo 28, que lo podemos considerar formado por el conjunto de los números $\{0, 1, \dots, 27\}$. Definimos

un homomorfismo $f: F \rightarrow G$ como sigue: $f(A) = 1, \dots, f(Z) = 27$ y $f(\alpha) = 0$ si α no es una letra. Y nuestra restricción será entonces pedir que $f(l_1) = f(l_2)$ para cualesquiera par de versos l_1 y l_2 de un poema, esto es que cada verso tenga el mismo valor bajo el homomorfismo f .

Bajo este último homomorfismo evaluemos el valor de cada verso del siguiente poema, esto es por cada “a” sumemos 1, por cada “b” sumemos 2, y así sucesivamente, al final dividimos entre 28 y consideramos como el valor del verso el residuo de efectuar esta división. Se verifica que cada verso tiene entonces un valor de ocho.

CON VALOR A OCHO

Cada línea que tú leas
tendrá el valor de ocho
Y si así lo planteas,
lo subimos a dieciocho.

Los homomorfismos nos dan una herramienta tremendamente flexible para desarrollar nuevas restricciones poéticas. De hecho, uno de los métodos oulipianos más conocidos, el lipograma, puede ser descrito fácilmente por un homomorfismo. Un lipograma es un texto en el que, por artificio literario, se omiten deliberadamente una determinada letra o un grupo de letras. Si nuestro objetivo es construir un lipograma que evite el uso de cualquiera de las letras en un cierto conjunto S , podemos definir el homomorfismo f de F a $\mathbb{Z}$ por $f(x) = 1$ si x está en S y $f(x) = 0$ si x no está en S . Se puede ver que un texto P es ahora un lipograma si y sólo si $f(P) = 0$.

Dotados con esta herramienta de trabajo es ahora posible solicitar al alumno la construcción de poemas y/o textos en prosa que cumplan alguna de estas restricciones o alguna más inventada por ellos. Con lo que se pretende mostrar al alumno de matemáticas una posibilidad poco conocida de aplicación de su objeto de estudio y motivarlo, al restringirlo, a tener un mayor dominio y conocimiento de su lengua.

Conclusiones y/o posibles usos

Las posibilidades que nos ofrecen los homomorfismos de crear restricciones literarias son infinitas, que es justamente lo que busca siempre el Oulipo: literatura en cantidad ilimitada. Si dentro de la misma teoría de grupos hacemos uso del grupo de permutaciones entonces las posibilidades de juego con nuestra lengua crecen todavía más. Sin embargo, los trabajos oulipianos no se detienen en la teoría de grupos, sino que abarcan todas las ramas de las matemáticas.

Si nuestro objetivo es comenzar a formar alumnos dentro de la multidisciplinariedad, con el fin no sólo de ser competitivos dentro de un mercado laboral, sino además buscando el crecimiento humano de los mismos, es momento de apoyarnos en todos los trabajos que se han hecho sobre el tema e incluso comenzar a proponer los propios.

Referencias

- Bahls, P. (2010). The Mathematical Muse: using math to construct poetry. *Math Horizons*, 14-17.
- Burnside, W. (2004). *The Collected Papers of William Burnside: 1900-1926* (Vol. 2). Oxford University Press.
- Hardy, G. H. (1999). *Apología de un matemático*. NIVOLA.
- Marx, K. (1987). *Miseria de la filosofía*. Siglo XXI.
- OCDE. (2006). *Manual de oslos: Guía para la recogida e interpretación de datos*. Grupo Tragsa.
- Perec, G. (2016). Historia del lipograma. En R. Queneau, & et al., *Oulipo: Ejercicios de literatura potencial*. Caja Negra.
- Rodari, G. (2011). *Gramática de la fantasía*. CONACULTA.
- Ruiz, P. M. (2013). Vanguardia y composición: diálogos callados entre Borges y Francia. *Revista de Crítica Literaria Latinoamericana*, 79-93.
- Russell, B. (2013). El estudio de las matemáticas. En *El credo del hombre libre y otros ensayos*. Cátedra.
- Zalamea, F. (2009). *Filosofía sintética de las matemáticas contemporáneas*. Universidad Nacional de Colombia.

Análisis del uso de la x, zh, ë y saltillos (') en la escritura de la lengua zapoteca en alumnos de un bachillerato del estado de Oaxaca, México

Felipe Pedro Reyes Vasquez³², Xaab Nop Vargas Vasquez³³, Carmen Carlota Martínez Gil³⁴

Introducción

México, al igual que varios países latinoamericanos, se define a sí mismo como un país multicultural, lo que queda asentado en la Constitución desde la reforma de 1992 (entonces Artículo 4º, ahora 2º). Su multiculturalidad es un reconocimiento político que obliga al Estado (gobierno y sociedad) a promover las lenguas y culturas indígenas como parte del patrimonio cultural de la nación (CIESAS, 2002).

La lengua materna tiene una relevancia primordial en la generación de conocimientos, en la construcción del pensamiento, en la potenciación de la creatividad, y sobre todo, en la cimentación de la identidad y dignidad comunitarias. Esto constituye el legado de los abuelos, con los que, en la medida que olvidemos el uso de la lengua materna, se está cada vez más en deuda con ellos. Incluso lo que es peor, cuando no se enseña a los niños a hablar esta lengua, se deja su futuro en manos de los verdugos que siempre han deseado nuestra extinción como pueblos y seres humanos (Vargas, Vargas, Vásquez, y Pérez, 2008). Por tanto, la lengua materna es parte fundamental de la cultura, y es así, la que mejor la expresa.

Con el propósito de preservar y difundir la lengua zapoteca se realizó este estudio que centra la atención en el uso de la x, zh, ë y saltillos (') en la escritura de la lengua zapoteca. Se enfoca principalmente en identificar la deficiencia del uso de la x, zh, ë y saltillos (') en alumnos de un bachillerato de la población de Coatecas Altas, Oaxaca, México.

Este escrito presenta resultados de la aplicación de una evaluación preliminar a los estudiantes del bachillerato, antes de poner en práctica una aplicación móvil que promueva el aprendizaje del uso de la x, zh, ë y saltillos (').

³² NovaUniversitas

³³ NovaUniversitas

³⁴ Universidad de la Cañada

El análisis de los cuestionarios se realizó con el apoyo de una parrilla de evaluación, en donde, en palabras de Vargas y González (2010), los datos se organizan de manera tabular, lo que permite la lectura de las deficiencias y logros que se observan en los cuestionarios de cada uno de los alumnos, dando a esta parrilla el carácter de identificadora de diversidades de aprendizajes, lo que muestra ser una herramienta eficaz para detectar dificultades de los estudiantes cuando aprenden un concepto (Vargas, 2005; 2007; 2008; Vargas y González, 2008; 2010). Aquí se utiliza esta herramienta para detectar las dificultades de estudiantes de la lengua zapoteca con la lecto-escritura de su idioma natal, con el fin de tener elementos para el diseño e implementación de una aplicación móvil que ayude a superar tales dificultades.

Objetivos

Realizar un análisis del uso de la x, zh, ñ y saltillos (') en la escritura de la lengua zapoteca en alumnos de un bachillerato.

Mediante un cuestionario y desde el punto de vista de la evaluación criterial, se reconocen dificultades y fortalezas de los alumnos, con la finalidad de identificar elementos para el diseño y la implementación de una aplicación móvil.

Marco teórico

La evaluación criterial tiene como objetivo la descripción de un hecho, y la comparación de los resultados con un esquema previo, al margen de la ejecución de los demás. Trata de analizar lo que hace cada sujeto en relación a los objetivos prefijados, proporcionando pautas para la planificación educativa, así como indicaciones válidas respecto a lo que afecta los aprendizajes escolares como: detectar habilidades básicas, jerarquía de aprendizajes, entre otros (Díaz, 2003).

Esta evaluación constituye una herramienta eficaz para evaluar el proceso de enseñanza-aprendizaje en un dominio determinado. Para determinar dicho dominio se realiza un análisis exhaustivo, en el cual no solo se atiende a aspectos teóricos, sino también, y sobre todo, empíricos. (Vicent y Gil, 2009). Este enfoque de evaluación brinda referentes suficientes, para determinar el status actual del

rendimiento del alumno, o da una clara descripción de lo que los alumnos saben y son capaces de hacer (Leones, 2005).

Por su parte Leyva (2011) destaca las siguientes características más comunes de la evaluación criterial:

- Requiere la definición clara y exhaustiva de un dominio objetivo a evaluar
- Permite averiguar la posición de un sujeto respecto del dominio de una conducta bien definida que manifieste el aprendizaje de un alumno.
- La interpretación del rendimiento es directa. La ejecución que realiza el alumno indica su grado de dominio o competencia, independiente de lo que hagan otros sujetos.
- El criterio o estándar en el que se basa tiene un carácter absoluto; es decir, no está condicionado por el nivel de ejecución de un grupo. Es la descripción de la clase de conducta que el alumno puede o no manifestar.
- El límite en que se basa la toma de decisiones que afectan al proceso educativo se establece de manera descriptiva, indicando el grado de dominio alcanzado o bien especificando el punto que se toma como corte, o nivel mínimo de dominio.
- Permite retroalimentar la intervención en el proceso educativo de manera inmediata.

Otra de las características que tiene la evaluación criterial es la posibilidad de apreciar el logro de los objetivos por parte de cada alumno, sin compararlo al de sus compañeros (Heredia, 2009).

Por su parte, Escobar (2006) determina las siguientes ventajas de la evaluación criterial:

- Los criterios de referencia graduados trazan una ruta de progreso transparente que sirve de guía y orientación para todos los usuarios de la educación, estudiantes, profesores, familias y sociedad en general.
- La utilización de los objetivos–criterios, como marco para las tareas de

evaluación, acerca éstas a las necesidades comunicativas presentes en la vida.

- Los resultados son más fácilmente legibles o interpretables.
- La mayor legibilidad hace que los resultados de la evaluación sean más fácilmente comparables.
- Posee alto valor formativo.

El uso de las herramientas generadas alrededor de la evaluación criterial, han mostrado ser útiles para detectar las dificultades de los estudiantes cuando aprenden un concepto (Guzmán, 2014; Cruz y Vargas, 2015; Estrada y Vargas, 2016; Cruz y Vargas, 2016).

Guzmán (2014) realizó una investigación sobre el aprendizaje en el estudio del término literario theme en la materia de Literatura en inglés, donde expone los resultados de la aplicación de un instrumento de evaluación criterial, aplicado a 23 estudiantes de inglés pre-intermedio de segundo semestre de bachillerato, en una Universidad del estado de Oaxaca, que tuvo como objetivo identificar fortalezas y áreas de oportunidad en el manejo del término.

Cruz y Vargas (2015) realizaron una investigación sobre la evaluación de un grupo de alumnos de sexto grado en una escuela primaria multigrado, con respecto a la habilidad que tienen para inferir información, a partir de pistas que ofrece un texto histórico. Se aplicó un cuestionario utilizando el concepto de evaluación criterial. El cuestionario se organizó a partir de cuatro categorías, según el tipo de inferencia: 1) de lugar y fecha, 2) de sucesos, 3) de aspectos gramaticales, y 4) de intencionalidad. Utilizaron una parrilla de evaluación para analizar los datos obtenidos, que muestra que los estudiantes presentan más dificultades en la categoría correspondiente a la inferencia de sucesos.

Estrada y Vargas (2016) realizaron un trabajo acerca de la evaluación del aprendizaje, desde el punto de vista de la evaluación criterial, donde se tomó como referencia el plan de estudios 2012 vigente en las escuelas normales. La asignatura fue Psicología del Desarrollo Infantil (0 a 12 años) del primer semestre de la licenciatura en educación primaria de una escuela normal del estado de Oaxaca.

Se aplicó un cuestionario de cinco preguntas a 18 estudiantes para identificar sus fortalezas y dificultades de aprendizaje, mediante los criterios: explicar, comprender, problematizar, identificar y reflexionar. Los datos analizados de manera grupal muestran que los estudiantes presentan como fortalezas emitir una opinión, problematizar e interpretar. Por otro lado se encontró que presentan dificultades en analizar, emitir juicios y principalmente en identificar factores y tipos de desarrollo humano. Finalmente el trabajo brinda la oportunidad de poder intervenir en la mejora de los procesos de enseñanza–aprendizaje.

Cruz y Vargas (2016) realizaron una investigación sobre el aprovechamiento académico en el tema de fracciones en un grupo de sexto de primaria, en una escuela del estado de Oaxaca. Durante el término del primer bimestre del ciclo escolar 2015-2016 se aplicó un instrumento de evaluación referente a fracciones, para detectar fortalezas y debilidades que presentan los estudiantes respecto al tema. En este trabajo se encontró que la mayor dificultad de los estudiantes es resolver; mientras que en el que se perciben menos problemas es en la suma. Los objetos de evaluación resolver, convertir, ubicar y restar, pasan a ser un reto para el maestro, debido a que en ellos recae una retroalimentación inmediata. Finalmente sugieren algunas estrategias didácticas para abordar a los números fraccionarios dentro de un salón de clases.

Las investigaciones anteriores dan cuenta de la potencialidad del uso de la evaluación criterial para detectar dificultades que tienen los estudiantes cuando aprenden un concepto. Aquí se utiliza la misma aproximación para conocer las deficiencias de los estudiantes del nivel medio superior, hablantes del zapoteco, cuando aprenden a redactar en su idioma.

Desarrollo

Metodología

Descripción de la población

La población de estudio se conforma de 62 alumnos. Los criterios de selección para participar en el estudio fueron los siguientes:

- Rango de edad de 15 a 18 años
- Hablantes nativos de la lengua zapoteca
- Tener un Smartphone con sistema operativo android.

Con estos criterios la población de este estudio se limitó a 28 alumnos, de los cuales 12 fueron mujeres y 16 hombres. A ellos se les aplicó un cuestionario (con base en la evaluación criterial) en el mes de noviembre del año 2016, con duración de una hora y media.

Criterios de evaluación

Una característica de la evaluación criterial es tener en cuenta, en todo momento de la evaluación, los criterios y/o estándares que se persiguen en el proceso de aprendizaje (Pacheco y Vargas, 2013). Para este estudio se consideraron los siguientes criterios de evaluación contruidos por los autores de este trabajo:

Que el alumno:

- Determine cuándo usar x o zh en un texto en lengua zapoteca
- Determine cuándo usar saltillos (') en un texto en lengua zapoteca
- Determine cuándo usar ã en un texto en lengua zapoteca

Construcción del instrumento de evaluación

Una vez establecidos los criterios se construyó el instrumento de evaluación, bajo la estructura que se presenta en la Tabla 1. En la primera columna se encuentran los objetos del aprendizaje, en la segunda la definición de los objetos del aprendizaje, en la tercera columna se encuentra el aspecto a evaluar de los objetos del aprendizaje, y finalmente, en la última columna se encuentra la pregunta que evalúa al objeto de aprendizaje.

Tabla 1. Estructura del instrumento de evaluación

Objeto de aprendizaje	Definición	Aspecto	Pregunta asociada
Completar	Añadir en un texto en lengua zapoteca el uso de la x o zh.	Completar	I1

	Añadir en un texto en lengua zapoteca el uso de los saltillos (').		I2
	Añadir en un texto en lengua zapoteca el uso de la ð.		I3
Corregir	Disminuir, templar o moderar los errores en un texto en lengua zapoteca del uso de la x o zh.	Corregir	II1
	Disminuir, templar o moderar los errores en un texto en lengua zapoteca del uso de los saltillos (').		II2
	Disminuir, templar o moderar los errores en un texto en lengua zapoteca del uso de la ð.		II3

Criterios de calificación

El puntaje asignado a las respuestas al cuestionario dadas por los estudiantes se denomina criterio de calificación. La Tabla 2 reporta los criterios utilizados para el análisis de las respuestas obtenidas. En la primera columna se encuentran los temas evaluados; en segunda los objetos de evaluación, junto con sus definiciones, y finalmente los criterios de calificación.

Tabla 02. Criterios de calificación

Temas	Objetos de evaluación	Criterios de calificación
I. Completar		
I.1	Completar en un texto en lengua zapoteca el uso de la x o zh.	1. No completó ninguna. 2. Completó una correctamente. 3. Completó de dos a tres correctamente. 4. Completó de cuatro a cinco correctamente. 5. Completó de seis a siete correctamente. 6. Completó de ocho a nueve correctamente. 7. Completó todas correctamente.
I.2	Completar en un texto en lengua zapoteca el uso de los saltillos (').	1. No completó ninguna. 2. Completó una correctamente.

		3. Completó de dos a tres correctamente. 4. Completó de cuatro a cinco correctamente. 5. Completó de seis a siete correctamente. 6. Completó de ocho a nueve correctamente. 7. Completó todas correctamente.
I.3	Completar en un texto en la lengua zapoteca, el uso de la ì.	1. No completó ninguna. 2. Completó una correctamente. 3. Completó de dos a tres correctamente. 4. Completó de cuatro a cinco correctamente. 5. Completó de seis a siete correctamente. 6. Completó de ocho a nueve correctamente. 7. Completó todas correctamente.
II. Corregir		
II.1	Corregir en un texto en lengua zapoteca el uso de la x o zh.	0. No corrigió ninguna. 1. Corrigió una correctamente. 2. Corrigió de dos a tres correctamente. 3. Corrigió de cuatro a cinco correctamente. 4. Corrigió de seis a siete correctamente. 5. Corrigió de ocho a nueve correctamente. 6. Corrigió todas correctamente.
II.2	Corregir en un texto en lengua zapoteca el uso de los saltillos (').	1. No corrigió ninguna. 2. Corrigió una correctamente. 3. Corrigió de dos a tres correctamente. 4. Corrigió de cuatro a cinco correctamente. 5. Corrigió de seis a siete correctamente.

		6. Corrigió de ocho a nueve correctamente. 7. Corrigió todas correctamente.
II.3	Corregir en un texto en lengua zapoteca el uso de la ã.	1. No corrigió ninguna. 2. Corrigió una correctamente. 3. Corrigió de dos a tres correctamente. 4. Corrigió de cuatro a cinco correctamente. 5. Corrigió de seis a siete correctamente. 6. Corrigió de ocho a nueve correctamente. 7. Corrigió todas correctamente.

Con los criterios de calificación establecidos, las respuestas de los estudiantes se vaciaron en tablas (Tabla 3 y 4), obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla.3. Parrilla de evaluación grupo 1A

Alumno	Contenidos Específicos						Total
	I			II			Pm, 36
1A							
	I1	I2	I3	II1	II2	II3	
1	3	5	3	3	0	3	17
2	4	4	2	3	3	3	19
3	2	2	3	3	4	3	17
4	3	4	2	4	3	3	19
5	3	4	3	3	3	3	19
6	3	4	3	3	3	3	19
7	3	4	2	3	2	3	17
8	4	4	3	4	4	4	23
9	3	3	3	2	3	3	17
10	2	5	5	4	4	5	25
11	1	5	3	4	4	4	21
12	2	5	5	4	4	5	25
P1A	33	49	37	40	37	42	
PEM1A	72	72	72	72	72	72	

Tabla 4. Parrilla de evaluación grupo 1B

Alumno	Contenidos específicos						Total
	I			II			Pm, 36
1B							
	I1	I2	I3	II1	II2	II3	
13	2	4	6	4	0	3	17
14	2	4	5	3	0	1	15
15	2	4	4	2	2	2	16
16	3	4	3	0	0	0	10
17	2	3	4	2	0	3	11
18	3	3	4	0	0	0	10
19	0	4	3	0	0	0	7
20	3	5	3	0	0	0	11
21	1	3	2	3	3	2	14
22	2	5	3	4	3	4	21
23	3	4	3	3	0	0	13
24	2	3	2	3	0	0	10
25	3	3	3	2	2	3	16
26	3	3	3	0	0	0	9
27	2	5	4	2	3	4	20
28	2	5	2	3	0	0	12
P1B	35	62	54	31	13	22	
PEM1B	96	96	96	96	96	96	
Pt	68	111	91	71	50	64	
PEM	168	168	168	168	168	168	

Resultados

Los resultados se organizaron en las parrillas de evaluación (Tabla 3 y 4).

En estas tablas hay que tener en cuenta los siguientes términos:

Columnas:

La columna denominada «Alumno», presenta los números asignados a cada uno de los alumnos que contestaron el cuestionario.

La columna denominada «Contenidos específicos» presenta los temas que se evalúan en los cuestionarios, esta columna se divide en diferentes subcolumnas para indicar de manera más precisa cada uno de los contenidos. A partir de la cuarta

fila se indican los puntajes obtenidos por cada alumno, en cada uno de los contenidos específicos evaluados.

En la columna «Total» se muestra en la segunda fila el puntaje máximo (Pm), que se calcula considerando que un alumno logra obtener los puntajes máximos para cada contenido específico. El puntaje que obtiene el alumno se presenta en la fila correspondiente en esta misma columna, que se obtiene sumando cada uno de los puntajes obtenidos por el alumno para cada contenido específico.

Filas:

Las filas 1A y 1B indican los grupos Primero A y B del bachillerato.

Las filas P1A y P1B presentan los puntajes obtenidos por los grupos 1A y 1B de bachillerato, al sumar los puntajes alcanzados por cada alumno en la columna correspondiente a cada contenido específico, que se comparan con el PEM (Puntaje Específico Máximo) de cada grupo, presentados en las filas PEM1A y PEM1B, respectivamente.

La fila Pt muestra el puntaje total que alcanza el grupo, que se calcula sumando el obtenido por los alumnos para cada contenido específico. El Pt se compara con el puntaje específico máximo (PEM), obtenido al considerar que todos los alumnos alcanzan los puntajes máximos en cada contenido específico.

En la última fila, se presenta el PEM para contenido específico.

Cada fila indica el desempeño personal de cada alumno, referente a los contenidos específicos que se evalúan. De esta manera podemos observar las deficiencias que el alumno tiene respecto al contenido específico evaluado. Al observar la columna denominada «Total» y el renglón correspondiente, se conoce el puntaje alcanzado por el alumno, el que se compara con el Pm, dando una idea del desempeño del alumno dependiendo de si su puntaje es mayor, menor o igual a $Pm/2$.

Los puntajes presentados en la fila Pt se comparan con los PEM para tener una idea del desempeño a nivel grupal.

Resultados

Análisis grupo 1A – Tabla 3**Dificultades**

En el renglón P1A columna I1, se nota que el P1A para la pregunta I1 es 33 y es menor que PEM1A/2 (36), que corresponde a completar en un texto en lengua zapoteca el uso de la x o zh. Esto indica que el grupo tiene confusión al hacer uso de la x o zh.

Para el renglón P1A columna I3, se aprecia que el P1A para la pregunta I3 es 37 y es mayor que PEM1A/2 (36), corresponde a completar en un texto en lengua zapoteca el uso de la ë, lo que muestra que el grupo aún tiene confusión en el uso correcto de la ë.

En el renglón P1A columna II2, se observa que el P1A para la pregunta II2 es 37 y es mayor que PEM1A/2 (36), que corresponde a corregir en un texto en lengua zapoteca el uso de los saltillos ('), lo que indica que el grupo aún tiene confusión en su uso.

Fortalezas

Para el renglón P1A columna II1, se nota que el P1A para la pregunta II1 es 40 y es mayor que PEM1A /2 (36), que corresponde a corregir en un texto el uso de la x o zh. Esto indica que el grupo puede corregir el uso de la x o zh.

En el renglón P1A columna II3, se aprecia que el P1A para la pregunta II3 es 42 y es mayor que PEM1A/2 (36), corresponde a corregir en un texto el uso de la ë. Esto indica que el grupo puede corregirlo.

Para el renglón P1A columna I2, se observa que el P1A para la pregunta I2 es 49 y es mayor que PEM1A/2 (36), que corresponde a completar el uso de los saltillos ('). Esto indica que el grupo puede en un texto completar su uso.

Análisis grupo 1B – Tabla 4**Dificultades**

En el renglón P1B columna II2, se nota que el P1B para la pregunta II2 es 13 y es menor que PEM1B/2 (48), que corresponde a corregir el uso de los saltillos ('). Esto indica que el grupo tiene confusión al corregir el uso de los saltillos (').

Para el renglón P1B columna II3, se aprecia que el P1B para la pregunta II3 es 22 y es menor que PEM1B/2 (48), que corresponde a corregir el uso de la ë. Esto indica que el grupo tiene confusión al corregir el uso de la ë.

En el renglón P1B columna II1, se observa que el P1B para la pregunta II1 es 31 y es menor que PEM1B/2 (48), que corresponde a corregir el uso de la x o zh. Esto indica que el grupo tiene confusión al corregirlo.

Para el renglón P1B columna I1, se observa que el P1B para la pregunta I1 es 35 y es menor que PEM1B/2 (48), que corresponde a completar el uso la x o zh. Esto indica que el grupo tiene confusión al completar su uso.

Fortalezas

En el renglón P1B columna I3, se nota que el P1B para la pregunta I3 es 54 y es mayor que PEM1B/2 (48), que corresponde a completar el uso de la ë. Esto indica que el grupo puede completar el texto.

Para el renglón P1B columna I2, se aprecia que el P1B para la pregunta I2 es 62 y es mayor que PEE1B/2 (48), que corresponde a completar el uso de los saltillos ('). Esto nos indica que el grupo puede completar su uso.

Análisis global**Dificultades**

En el renglón Pt columna II2, se observa que el Pt para la pregunta II2 es 50, menor que PEM/2 (84), que corresponde a corregir en un texto el uso de los saltillos ('). Esto muestra que los alumnos tienen confusión al corregir en el texto su uso.

Para el renglón Pt columna II3, se advierte que el Pt para la pregunta II3 es 64 y es menor que PEM/2 (84), que corresponde a corregir en un texto el uso de la ð. Esto significa que los alumnos tienen confusión al corregirlo.

En el renglón Pt columna I1, se muestra que el Pt para la pregunta I1 es 68 y es menor que PEM/2 (84), que corresponde a completar en un texto el uso la x o zh. Esto apunta a que los estudiantes tienen confusión al completar en el texto su uso.

Para el renglón Pt columna II1, se puede apreciar que el Pt para la pregunta II1 es 71, menor que PEM/2 (84), y corresponde a corregir en un texto el uso de la x o zh. Esto nos indica que los alumnos tienen confusiones en corregirlo.

Fortalezas

En el renglón Pt columna I3, se percibe que el Pt para la pregunta I3 es 91, mayor que PEM/2 (84), que corresponde a completar en un texto el uso de la ð. Significa que los estudiantes pueden completar su uso.

Para el renglón Pt columna I2, se reconoce que el Pt para la pregunta I2 es 111, mayor que PEM/2 (84), que corresponde a completar en un texto el uso de los saltillos ('). Significa que los estudiantes pueden completar su uso en el texto.

Conclusiones y/o posibles usos

Los resultados obtenidos a través del instrumento de aplicación del cuestionario, permiten identificar fortalezas y dificultades que presentan los estudiantes con relación a la escritura de la lengua zapoteca.

De los seis objetos de evaluación, se identifica que se presentan mayores problemas en cuatro de ellos: completar en un texto el uso de la x o zh y corregir en un texto en lengua materna el uso de la x o zh, de los saltillos (') y el uso de la ð. Mientras que en dos objetos se identifica que no presentan mayores problemas; completar en el texto en lengua materna el uso de los saltillos (') y el uso de la ð. Sin embargo, en estos dos objetos aún tienen confusiones respecto a su escritura.

Con base en esto se obtuvieron elementos para el diseño e implementación de una aplicación móvil, que auxilie a superar estas dificultades en la lecto-escritura de la lengua zapoteca.

Referencias

- CIESAS, “*Instituto Nacional de Lenguas Indígenas*”, Proyecto de Creación. México: CIESAS, INI, Oficina de Representación para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas de la Presidencia de la República. (2002).
- Cruz, Ricardo y Vargas Xaab, “*Dificultades de los estudiantes de 6º de primaria al aprender número fraccionarios*”, Congreso Internacional de Educación. (2016).
- Cruz, Nancy y Vargas Xaab, “*Evaluación de las habilidades para inferir información a partir de las pistas que ofrece un relato histórico en estudiantes de sexto grado de Primaria*”, Revista Internacional Evaluación y Medición de la Calidad Educativa. (2015).
- Díaz, Francisco, “*Un modelo de evaluación criterial para el área de matemáticas en la enseñanza obligatoria*”, Revista de Estudios de la Escuela Universitaria de Magisterio de Albacete. (2003).
- Escobar, Cristina, “*Una propuesta PEL de evaluación criterial para la educación secundaria*”, El Portafolio Europeo de las Lenguas y sus aplicaciones en el aula. (2006).
- Estrada, Julia y Vargas, Xaab, “*Una evaluación del aprendizaje en estudiantes de Licenciatura en educación primaria de una normal de la Ciudad de Oaxaca, México*”, Congreso Internacional de Educación. (2016).
- Guzmán, Sonia, “*Evaluación del aprendizaje en el estudio del término literario theme en la materia de literatura en inglés*”, Revista Internacional de Alfabetización y Aprendizaje de Idiomas. (2014).
- Heredia, Alfonso, “*Dos formas diferenciadas de evaluación didáctica: evaluación normativa para seleccionar a los alumnos y evaluación criterial para el dominio del criterio básico*”, Bordón. (2009).
- Leones, Mariela, “*Recorrido político y técnico – pedagógico en el proceso de elaboración, justificación y validación de los criterios de evaluación*”, Argentina: DINIECE. (2005).
- Leyva, Yolanda, “*Una reseña sobre la validez de constructo de pruebas referidas a criterio*”, Perfiles Educativos. (2011).

- Pacheco, Cristóbal y Vargas Xaab, “*Evaluación del aprendizaje en el estudio de la línea recta: el caso de un estudiante*”, Memorias del Quinto Congreso Internacional sobre la Enseñanza y Aplicación de las Matemáticas. (2013).
- Vargas, Xaab, “*Una evaluación del aprendizaje: el caso de la escuela primaria Xaam*”, Tesis de Licenciatura no publicada. Escuela Superior de Física y Matemáticas del Instituto Politécnico Nacional, ESFM-IPN, México, Distrito Federal. (2005).
- Vargas, Xaab, “*Una evaluación del aprendizaje en la escuela primaria Xaam*”, XXII Conferencia Interamericana de Educación Matemática, Querétaro: Benemérita Escuela Normal de Querétaro, México. (2007).
- Vargas, Xaab, “*Un análisis del proceso de aprendizaje de lateralidad en alumnos de tercero y cuarto de primaria*”, Tercer Foro de Investigación Educativa: Construcción colaborativa el conocimiento, Centro de Formación e Innovación Educativa CFIE, del Instituto Politécnico Nacional, D.F. México. (2008).
- Vargas, Xaab, “*Learn how to prove. A case of its evaluation*”, 12th International Congress on Mathematical Education, COEX, Seoul, Korea. (2012a).
- Vargas, Xaab y González, Luz, “*An evaluation of the Ayuujk students learning in the Xaam elementary school*”, International Congress on Mathematical Education ICME11, Monterrey, México. (2008).
- Vargas, Xaab y González, Luz, “*Una evaluación de la ubicación especial en alumnos de la primaria Xaam*”, Congreso Internacional de Educación: evaluación 2010, del 7 – 9 de octubre, Tlaxcala, México. (2010).
- Vargas, Xaab; Vargas, Palemón; Vásquez, Rigoberto y Pérez, Lilia, “*WEJËN – KAJËN. Las dimensiones del pensamiento y generación del conocimiento comunal*”, Oaxaca, México: H. Ayuntamiento Constitucional de Tlahuitoltepec, Mixe, Oaxaca. (2010).
- Vicent, Consuelo y Gil, Maria, “*Determinación de los contenidos básicos de matemáticas en educación infantil y desarrollo de una prueba de evaluación criterial*”, Revista Iberoamericana de Educación. (2009).

Estrategias para fomentar la curiosidad científica en una clase teórica de Física a nivel licenciatura

Edgar Ramón Hernández Martínez, Luz María de Guadalupe González Álvarez
y Leonor Pérez-Trejo³⁵

Introducción

La curiosidad es un rasgo o característica de las personas que diversos autores definen como energía motriz (que impulsa) o una fuerza personal que conlleva a actividades exploratorias. Entre éstas se encuentran: expresar ideas respecto a los fenómenos que se ven; elaborar preguntas; observar detenidamente; manipular objetos para entender su funcionamiento; y búsqueda de información, ya sea en libros, páginas de Internet u otras fuentes. Muchos profesores concuerdan en la importancia de que los alumnos tengan estas características (sobre todo en una escuela de ciencias) y que, de forma natural, ellas no se presentan en la mayoría de los alumnos, por lo que es importante crear estrategias que puedan ayudarles a fomentar estas actitudes.

El objetivo de esta investigación es medir cualitativamente si, mediante la implementación de ciertas actividades, es posible fomentar la curiosidad científica de los estudiantes en un curso de Física de segundo semestre de una licenciatura en el área de Física y Matemáticas. Para esto se tomaron muestras de clases para realizar el análisis, en las que se incluyeron diversas actividades que tenían como objetivo el fomentar la curiosidad, lo que se vio reflejado en el aumento de la frecuencia de ocurrencia de los indicadores de curiosidad. La metodología que se utilizó para la recolección de datos fue la observación participativa, y los instrumentos fueron un diario de investigación y video grabación. También se añadieron las redes de los resultados del diagnóstico para comparar los resultados obtenidos en ambas etapas.

Objetivos

El objetivo de esta investigación es medir cualitativamente si, mediante la implementación de ciertas actividades, es posible fomentar la curiosidad científica de los estudiantes del curso de Física II de la licenciatura en Física y Matemáticas.

Marco teórico

Berlyne, psicólogo e investigador llamado el padre de la curiosidad, la entendía como una energía, un estado de motivación persistente que conlleva a actividades

³⁵ Escuela Superior de Física y Matemáticas del Instituto Politécnico Nacional.

exploratorias. Este investigador clasifica la curiosidad, dependiendo de la fuente que la origina, en dos tipos: perceptual, generada por estímulos externos, ya sean auditivos, visuales o táctiles; y epistémica, que se genera por el deseo de conocimiento, respuesta a enigmas y llenar vacíos conceptuales (Roman y Villate, 28-31). También, con base a ideas de Berlyne, surge la teoría de la curiosidad como un proceso dual, afirmando que cuando una persona se enfrenta a un estímulo novedoso, experimenta dos fuerzas que tienden a actuar juntas: curiosidad y ansiedad (Spielberg y Starr, 1994, citados por Roman y Villate). La curiosidad motiva la búsqueda de nuevos estímulos, mientras que la ansiedad el cese de éstos. La situación se compara con la de un niño que se enfrenta a un bosque, mientras que la curiosidad lo motiva a querer adentrarse en él; la ansiedad de no poder regresar, lo motiva a salir. Al fomentar la curiosidad se debe tener presente que los alumnos pueden experimentar ansiedad.

Todos contamos con una curiosidad innata, la capacidad de maravillarnos y disfrutar estímulos novedosos y altamente emocionales, pero cuando la curiosidad se vincula a procesos para conseguir determinados resultados, se dice que adquiere su carácter intelectual, (Dewey, 1989).

Dewey (1989) afirma que todo órgano sensorial está en estado de alerta esperando un estímulo sobre el cual volcarse. La curiosidad puede verse como un ciclo de tres momentos. En el primer momento el individuo muestra un gran despliegue de actividades exploratorias; el segundo momento es de interacción social, en el que según afirma la actividad de elaborar preguntas tiene mayor importancia que la de obtener respuestas; y en el tercer momento, la curiosidad del individuo avanza a una etapa intelectual en que contesta sus dudas con la información obtenida de la interacción social y de otros elementos. En la medida que se relaciona observación e indagación con obtención de resultados, adquiere su carácter intelectual. (Roman y Villate, 2009, p. 35-36).

¿Cómo se mide la curiosidad?

Berlyne y Frommer en 1966 realizaron dos experimentos. El primero consistía en medir la influencia de las variables novedad, incongruencia, sorpresa y condiciones inciertas; el segundo en medir los efectos en el contenido de la preguntas. El experimento se realizó en niños de 5° y 6° grado de primaria, de éste se concluyó que las variables novedad, incongruencia, sorpresa y condiciones inciertas hacía que los niños se inclinaban más a preguntar; y que en niños de más edad la sensibilidad a las lagunas de información es mayor, y las preguntas van más orientadas a obtener información que pueda aliviar la incertidumbre (Valle Morfin, 2015, p. 14, tabla 3).

También para el estudio de la curiosidad se han elaborado cuestionarios, inventarios y escalas para evaluar la curiosidad. Day en 1971 realizó un experimento para medir la predictibilidad del comportamiento bajo condiciones de motivación (Ontario Test de Motivación Intrínseca). El test no mostró ser predictivo. Por otra parte, Naylor (1981) desarrolló el Inventario de Curiosidad de Melbourne (Valle Morfin, 2015, p. 15).

Después de un arduo trabajo de Maw y Maw (1972), que consiste de diversos estudios formales e informales, búsqueda de definiciones, seguimiento histórico del uso de la palabra y el estudio comparativo de las concepciones de la curiosidad en las investigaciones de la época, logran dar los siguientes indicadores de curiosidad:

1. Reacción positiva a estímulos novedosos, incongruentes, etc., acercándose a ellos, observándolos, escuchándolos y manipulándolos.
2. Expresa necesidad de saber más acerca del estímulo con afirmaciones o preguntas.
3. Examina su entorno en busca de nuevas experiencias.
4. Persistencia a la examinación y exploración de los estímulos con el fin de obtener más información sobre ellos (Roman y Villate, 2009, pp. 33, 34).

Desde 1960 Berlyne reconocía la existencia de la curiosidad como rasgo y estado, siendo la principal distinción entre éstos el tiempo que se mantiene la curiosidad. Las personas con rasgos de curiosidad son aquéllas que muestran curiosidad bajo la presencia de estímulos, y las que permanecen curiosas por periodos extensos de tiempo, se dicen en estado curioso (Roman y Villate, 2009, p. 42-43). Boyle en 1983 retoma esta distinción definiendo a una persona con rasgos de curiosidad, como aquella que reacciona positivamente a estímulos con propiedades curiosas, y a una persona en estado emocional como la que, además de reaccionar positivamente a los estímulos, se ve motivada por éstos para seguirlos explorando.

De estos estudios puede resumirse que la curiosidad pone especial atención en las reacciones de los participantes a ciertos estímulos, los que suelen compartir características, siendo la más marcada la novedad, aunque también se mencionan otras como el misterio, la ambigüedad, la complejidad, la incongruencia, su relación con los intereses de los participantes, la sorpresa y la incertidumbre, etcétera. Los investigadores suelen enfrentar a los participantes a estos estímulos y ver cómo reaccionan, considerando conductas positivas a los estímulos: la observación atenta, el hacer afirmaciones sobre éstos, el preguntar, acercarse a los estímulos, manipularlos (en caso de ser materiales) e indagar en libros u otras fuentes, con el fin de obtener mayor información acerca de éstos. Asimismo suele considerarse la persistencia en estas actividades, la motivación y el objetivo de las acciones.

Desarrollo

La presente investigación tiene por objetivo medir cualitativamente el fomento a la curiosidad científica en estudiantes de segundo semestre de la licenciatura en Física y Matemáticas de la Escuela Superior de Física y Matemáticas del IPN. El estudio se llevó a cabo en un grupo de 40 alumnos que cursan la unidad de aprendizaje Física II. La metodología utilizada fue la observación participativa; los datos se recolectaron en un diario de investigación y en vídeo. En el diario se llevó un registro global del grupo durante las clases, y después se discutían las impresiones acerca

de la curiosidad manifestada por los alumnos. En el vídeo se registraban las reacciones de los alumnos ante las estrategias y actividades realizadas con el fin de fomentar la curiosidad, éstas fueron:

Enfatizar la importancia de la curiosidad. Se llevó a cabo una presentación oral en relación a qué es la curiosidad, y por qué es necesaria en el ámbito científico.

Preguntas disparadoras. Tenían como función incitar al alumno a cuestionar, analizar y debatir en el grupo.

Problemas vinculados con la vida real. Su propósito era relacionar conceptos de Física con situaciones de la vida real.

Lecturas incoherentes. Había que identificar errores en lecturas para constatarlos con los conceptos de Física.

Experimentos ilustrativos. Realización de experimentos en clase o mediante vídeos con el mínimo de indicaciones.

Presentaciones orales en formato libre. Los estudiantes desarrollaban un tema de su interés, pero acorde con las unidades didácticas. Al mismo tiempo se pedía a los estudiantes que no exponían, formularan preguntas por escrito a los expositores.

Utilización de redes sociales. Se abrió un grupo con el fin de que los estudiantes compartieran información de interés sobre los temas de la unidad de aprendizaje.

Resultados y discusión

En el análisis de datos se utilizaron redes sistémicas, para las que se construyeron indicadores a partir de revisar y analizar los vídeos. Las redes sistémicas muestran el análisis detallado de los datos, basado en indicadores contruidos para tal fin. La frecuencia que se presenta en las redes corresponde al número de casos que se observaron respecto a cada indicador. En el trabajo se presentan tres redes sistémicas que se describen a continuación:

- Observación: está dirigida a la «clase». Se refiere a participaciones de los estudiantes ante hechos que les sorprendieron, como «explicaciones» curiosas; los «materiales» que se mostraron para indagar, mismos que se dividen en «objetos» llamativos (juguetes e instrumentos) y en materiales abstractos como «libros».

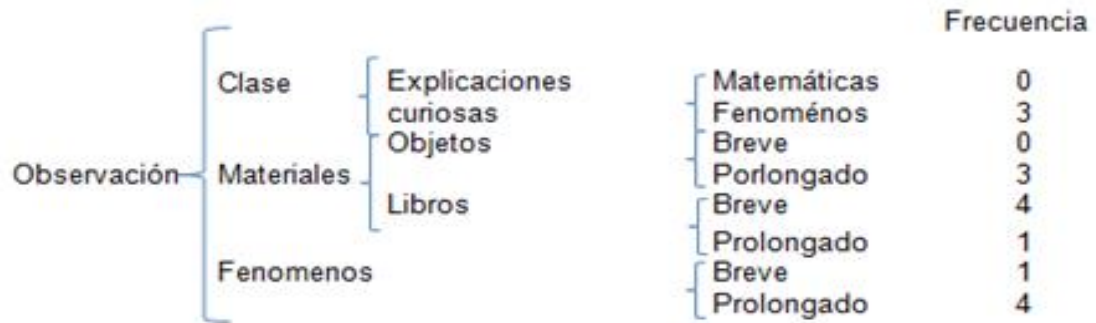


Figura 1. Red sistémica "Observación"

Los resultados que se muestran en la red de la figura 1 permiten inferir que el nivel de curiosidad científica aumentó, comparado al diagnóstico de las interacciones con los objetos de indagación. Además, se destaca que las interacciones ocurrieron en los fenómenos que requieren mayor nivel de curiosidad científica de la red sistémica.

- Expresiones verbales: por ser un curso teórico, las expresiones verbales son fundamentales para enriquecer el conocimiento y la curiosidad científica. Este indicador se evaluó en cuatro aspectos:

«Afirmaciones», que significa externar un posible hecho que el alumno previamente haya indagado de diversas maneras, como se muestra en el desglose mostrado en la red.

«Preguntas», se refiere a las que plantean los estudiantes que, según el contenido, pueden ser: «ajenas al curso», del «curso», de «intereses científicos», expresiones «con respecto al tema» vistas en clase y con relación al fenómeno estudiado o a las matemáticas que implica.

«Emociones», se refiere a las expresiones relacionadas con las actividades de aprendizaje que reflejen sorpresa e intriga, a la matemática involucrada y al fenómeno físico en estudio.

«Debates», se presentaron cuando un alumno expresa su desacuerdo con lo expuesto por otra persona, lo que muestra estar involucrado en el tema, y por este medio, realmente busca entenderlos.

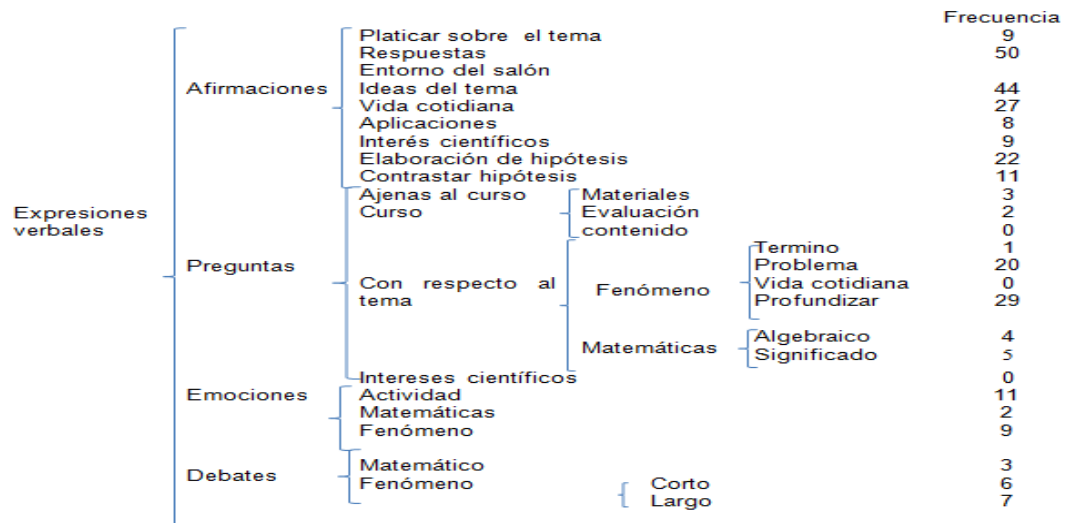


Figura 2. Red sistémica "Expresiones verbales"

De esta red se observa que la categoría «afirmaciones», en las subcategorías «ideas del tema», «vida cotidiana», «aplicaciones» e «interés científico», muestran mayor frecuencia, comparada con el diagnóstico; además de requerir un mayor nivel de curiosidad científica. En esta etapa los alumnos mostraron dos nuevos indicadores de curiosidad: «elaboración de hipótesis» y «constatación de hipótesis», que entran en esta categoría. En lo que se refiere a preguntas, se observa un aumento en cuanto a «profundizar en los fenómenos», que tiene por naturaleza querer entenderlos mejor. En la categoría «debates», subcategoría «fenómeno», se aprecia un aumento en la frecuencia.

- **Búsqueda de información:** este indicador se refiere a la consulta que realizan los alumnos para completar conocimientos. Sus fuentes son impresas: libros, revistas de ciencia y artículos científicos; o en formato digital: videos o documentales, páginas web, libros, revistas y artículos.

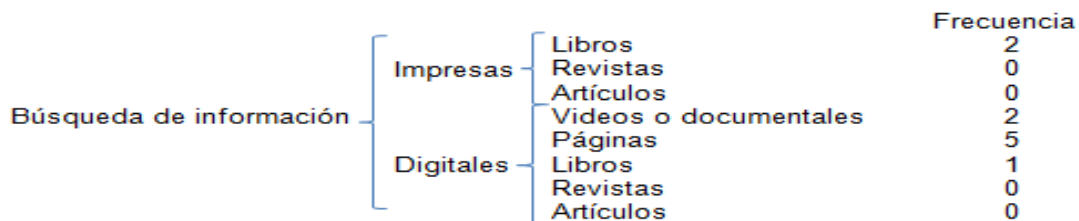


Figura No. 3. Red sistémica "Búsqueda de información"

En esta red se muestra que el número de búsquedas para ampliar la información se tuvieron en la categoría «digitales», subcategoría «páginas», en donde ocurre un aumento en la frecuencia.

En resumen se observa que hubo un aumento en la frecuencia de los indicadores de curiosidad en las diversas categorías y en la mayoría de los aspectos, fundamentalmente en las de mayor peso en cuanto a curiosidad científica.

Conclusiones

A partir de los resultados de la presente investigación puede concluirse que, la curiosidad científica puede incrementarse mediante la realización de ciertas actividades. Este fomento a la curiosidad se refleja en el aumento de indicadores de curiosidad (sobre todo en las categorías que requieren mayor nivel de curiosidad), entre las que destacan:

- Observación. Se aprecia un aumento en la percepción prolongada de los fenómenos.
- Expresiones verbales. Se resalta el incremento en la categoría de «afirmaciones», en las subcategorías de «ideas del tema, «aplicaciones», «interés científico» y la aparición de las categorías «elaboración de hipótesis» y «constatación de hipótesis». En la categoría de «preguntas», subcategoría «profundizar» y en la categoría de «debates», subcategoría «fenómenos», también vemos un aumento en la frecuencia.
- Búsqueda de información. Se ve un aumento en la frecuencia en la categoría «digitales», subcategoría «páginas».

Referencias

- Román J. & Villate Y., (2009) “Caracterización de la curiosidad en niños de 10 a 12 años del programa Centro Amar Kennedy a través del estudio de caso”, Tesis Maestría de la Pontificia Universidad Javeriana, Colombia, Bogotá.
- Valle, M. E. (2015) “Validación de una tarea para evaluar conductualmente la curiosidad”, (Maestría, Universidad de Guadalajara, Guadalajara.
- Kawulich, B. (1993) “La observación participante como método de recolección de N. Sanmartí”, “Las redes sistémicas: construcción y aplicaciones”. Documento de trabajo. (Departamento de Didáctica CCEE i Mm, U. Autònoma de Barcelona, España.
- Sanmartí, N. (1993) “Las redes sistémicas: construcción y aplicaciones”. Documento de trabajo. (Departamento de Didáctica CCEE i Mm, U. Autònoma de Barcelona, España.

Anexo

Las siguientes figuras muestran las redes sistémicas de los resultados de la etapa de diagnóstico.

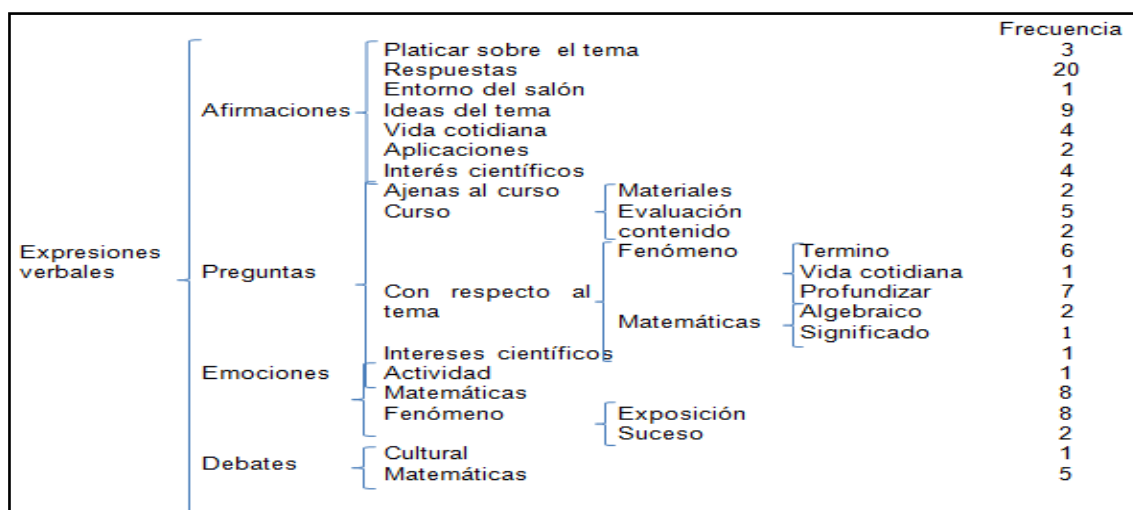


Figura 4. Red sistémica de expresiones verbales durante el diagnóstico

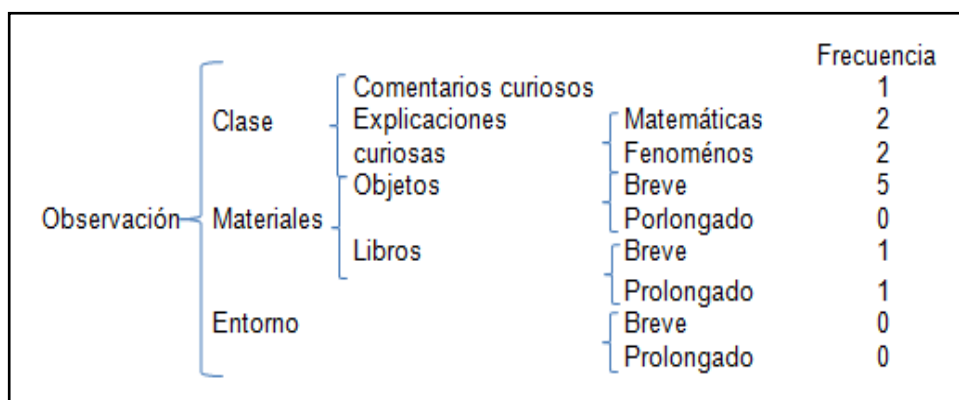


Figura 5. Red sistémica de observaciones durante el diagnóstico

			Frecuencia
Búsqueda de información	Impresas	Libros	4
		Revistas	0
		Artículos	0
	Digitales	Videos o documentales	1
		Páginas	1
		Libros	0
		Revistas	0
		Artículos	0

Figura 6. Red sistémica de búsqueda de información durante el diagnóstico

Intervención didáctica para el desarrollo de la curiosidad científica en estudiantes universitarios en la asignatura de Laboratorio de Física

Nohemí Ramírez Barreto, Luz Ma. de Guadalupe González Álvarez, Arturo Fidencio Méndez Sánchez³⁶

Introducción

El perfil del egresado de la Licenciatura en Física y Matemáticas establece que, en el campo laboral, los estudiantes deben ser capaces de ejercer liderazgo en investigación e innovación en el ámbito educativo, científico, tecnológico, etcétera. Para cubrir estos aspectos es necesario que sean creativos. Torrance (1978), basándose en la educación escolar y familiar sugiere como claves confiables de la creatividad: la curiosidad, la flexibilidad, la redefinición, la sensibilidad ante los problemas, la originalidad y la confianza en sí mismo, y pone como uno de los pilares fundamentales de la creatividad, a la curiosidad.

Loewenstein (1994) propuso una teoría del «vacío» para explicar la curiosidad, que dice: «la curiosidad surge de una inconsistencia o vacío en el conocimiento, que lleva a la búsqueda de información para llenarlo; entonces el deseo de saber más, para poder satisfacer el incesante malestar del vacío intelectual, es a lo que llamamos curiosidad científica» (Roman y Villate, 2009). Así que, los estudiantes se deben nutrir de dicha cualidad, ya que la curiosidad es el motor que impulsa el descubrimiento, la investigación, la docencia y la innovación. Es por ello que se realizó un diagnóstico, y a partir de éste, una intervención didáctica, con el objetivo de favorecer el desarrollo de los niveles de curiosidad en estudiantes de nivel universitario. El estudio se efectuó con alumnos de segundo semestre de la Licenciatura en Física y Matemáticas de la ESFM en la asignatura experimental que abarca los temas de elasticidad, ondas, fluidos y termodinámica, a partir de una valoración diagnóstica. El grupo constaba de siete alumnos, en los que se realizó una etapa de diagnóstico y una de intervención. Para el estudio de casos se tomó al estudiante cuatro, elegido debido a que muestra un incremento en los indicadores de curiosidad.

La metodología utilizada es de corte cualitativo, observación participante del nivel de desarrollo de la curiosidad durante la intervención didáctica. Los datos se tomaron con tres instrumentos diferentes, para efectuar la validación por medio de triangulación de datos: diario de investigación, grabaciones en audio y vídeo.

El seguimiento se hizo usando el modelo evolutivo de Toulmin (1977). Para analizar los datos se adecuaron los indicadores del nivel de la curiosidad científica a los propuestos por Roman y Villate (2009), debido a que las investigaciones encontradas se dirigen a una población infantil. Finalmente se realizó un estudio de casos.

³⁶ Escuela Superior de Física y Matemáticas del Instituto Politécnico Nacional.

El análisis de los resultados se centra principalmente en la etapa de intervención y de cierre a partir de un diagnóstico.

Objetivos

Favorecer el desarrollo de la curiosidad científica en estudiantes universitarios de la asignatura de Laboratorio de Física mediante una intervención didáctica, a partir de indicadores de curiosidad adaptados de la consulta de otras investigaciones, con el fin de aplicarlos a nivel universitario.

Marco teórico

Una de las primeras definiciones de curiosidad es la del psicólogo e investigador Daniel Ellis Berlyne (1924-1976), llamado el padre de la curiosidad, quién concibe a la curiosidad como una energía que conlleva al carácter exploratorio; además, esta energía impulsa a la búsqueda del conocimiento o al disfrute de estímulos (Roman y Villate, 2009).

Dewey (1989) concibe a la curiosidad como un proceso constituido de tres momentos. El primer momento es el despliegue de conductas exploratorias y búsqueda de estímulos. En el segundo momento el niño interactúa con las personas con el fin de obtener información; en esta fase Dewey afirma que preguntar es más importante que las respuestas que se obtienen. El tercer momento es la fase donde el niño obtiene respuestas a sus preguntas; aquí la curiosidad adquiere un carácter intelectual a medida que se relacionan las conductas exploratorias, y la búsqueda de información, con la obtención del resultado (Ibídem).

Definimos la curiosidad científica, como la motivación de aprender más acerca de un tema o fenómeno determinado. La persona que posee curiosidad científica no se conforma con solo haber leído, escuchado o visto algo que provocó su curiosidad; va más allá: indaga por más información, analiza lo encontrado, intenta por todos los medios disponibles acercarse al fenómeno o tema estudiado, y si es palpable o reproducible, lo toca o intenta reproducirlo, y comparte su nuevo interés con las personas que lo rodean.

Los indicadores propuestos por Maw y Maw (1972) son:

- a) Reacciona positivamente ante los estímulos novedosos, misteriosos o incongruentes en su entorno, aproximándose a ellos, observándolos/escuchándolos y manipulándolos.
- b) Expresa la necesidad o deseo de saber más acerca de sí mismo o de su entorno, a través de afirmaciones o preguntas.
- c) Examina su entorno en busca de nuevas experiencias.
- d) Persiste en examinar y explorar los estímulos, con el propósito de conocer más acerca de ellos.

Algunos indicadores de Roman González y Villate Higera (2009) para evaluar los rasgos de curiosidad en niños son:

- a) Interacción con él o los objetos del entorno. Este indicador hace referencia a las acciones que realiza el niño frente a los objetos que se encuentran a su alrededor, aproximándose hacia ellos, observándolos/escuchándolos y manipulándolos. Existen siete niveles de interacción: nulo, observación,

toque, exploración rápida, exploración lenta, juego sensorial motor y juego simbólico.

- b) Expresiones verbales. Este indicador se refiere a las ocasiones en las que el niño expresa la necesidad o deseo de saber más acerca de sí mismo o de su entorno, lo cual hace a través de afirmaciones o preguntas. Con las afirmaciones el niño socializa por medio de ellas, su necesidad o deseo de conocer o de expresar lo conocido acerca de un tema determinado.
- c) Interacción con el entorno. Se refiere a momentos en los cuales el niño actúa en su ambiente natural, con el fin de obtener información sobre él. Se considera examinación visual; el niño realiza observaciones en su entorno con el propósito de encontrar información o estímulos novedosos; y desplazamiento físico, el niño se desplaza y recorre el lugar en el que se encuentra, con el fin de obtener información o estímulos novedosos.

La adecuación de los indicadores se fundamenta en que la investigación cualitativa parte de la idea de qué métodos y teorías deben ser apropiadas para lo que se estudia. Si los métodos no encajan con un problema o campo concreto, se adaptan o se desarrollan nuevos métodos o enfoques (Angrosino, 2007). Por lo que, a partir de los indicadores propuestos por Roman y Villate; con el apoyo de la teoría de Elizabeth Simpson (1966) y Benjamin S. Bloom (1964), de las taxonomías del aprendizaje; y de los resultados arrojados en el diagnóstico, se modificaron los indicadores de curiosidad para adecuarlos a alumnos universitarios, remarcando la sugerencia de Benjamin S Bloom (1964): el aprendizaje es un proceso que avanza de lo sencillo a lo complejo.

Indicadores de la interacción con objetos:

- Observación (I_o): El alumno examina el objeto a distancia sin contacto táctil.
- Toque (I_T): Existe contacto físico entre alumno y objeto, pero el estudiante no llega a interactuar con él.
- Exploración rápida (I_{ER}): El estudiante examina momentáneamente el objeto, tocándolo y observándolo.
- Exploración lenta (I_{EL}): El estudiante examina lentamente el objeto, tocándolo, observándolo, explorando su contorno y textura o conformación física.
- Juego simbólico (I_{JS}): El estudiante usa el objeto de forma simbólica, haciéndolo representar algo diferente de lo que es, como usarlo para un experimento diferente.
- Juego sensorio motor (I_{JSM}): El estudiante manipula el objeto intentando armar el experimento, ordenando los objetos, sin necesidad de que el profesor lo pida.

Elizabeth Simpson (1966) propone ciertos aspectos para analizar habilidades psicomotoras, a partir de habilidades motoras más simples y evolucionando a las más complejas. La siguiente tabla muestra los aspectos considerados y los indicadores que usó.

Tabla 1. Aspectos e indicadores para habilidades psicomotoras, de Simpson

Nivel	Aspecto	Indicador y justificación
1	Percepción: Darse cuenta de objetos, cualidades o relaciones mediante los órganos de los sentidos. Existe una estimulación sensorial o impacto del estímulo en uno o varios sentidos (auditivo, visual, táctil, kinestésico). Hay una selección de claves a las que se debe responder. Existe una traducción o proceso mental para determinar el significado de las claves recibidas (proceso de relaciones).	Realiza contacto visual o táctil con los objetos.
2	Apresto: Ajuste preparatorio para una clase especial de acción o experiencia mental, física y emocional.	Exploración lenta y rápida: el alumno toma el objeto para analizar su conformación física.
3	Respuesta dirigida: Acto conductual abierto conforme a un modelo, cuyas etapas son: imitación o ejecución de una acción como respuesta directa a la percepción de ella realizada por otra persona, y ensayo-error. Ensayar varias respuestas con una explicación razonada para cada una, hasta encontrar la más adecuada. Juego simbólico.	El juego simbólico es la imitación de algo conocido por el estudiante representado solo con objetos de su entorno.
	Mecanismo o mecanización: Respuesta aprendida que se hace habitual. Nivel en que se alcanza cierto grado de eficiencia en la realización de una acción. Juego sensorio motor, ordenar objetos.	A este nivel se encuentra el juego simbólico, pero en la acción de ordenar objetos o armar el equipo, ya se tenía un conocimiento previo del armado.
4	Adaptación: Nivel en que se pueden modificar actividades motoras para satisfacer demandas originadas en situaciones problemáticas nuevas.	Juego simbólico: armado de equipo por descubrimiento. En este nivel se intentó armar el equipo sin tener un conocimiento previo.
	Producción: Corresponde a la creación de nuevas acciones motoras aplicando la comprensión, destrezas y habilidades desarrolladas en el área psicomotora.	El alumno intenta armar el equipo descifrando el funcionamiento del mismo.

De acuerdo al nivel de complejidad de los aspectos de Elizabeth Simpson, los indicadores de curiosidad para la interacción con objetos se propone que tengan la siguiente estructura:

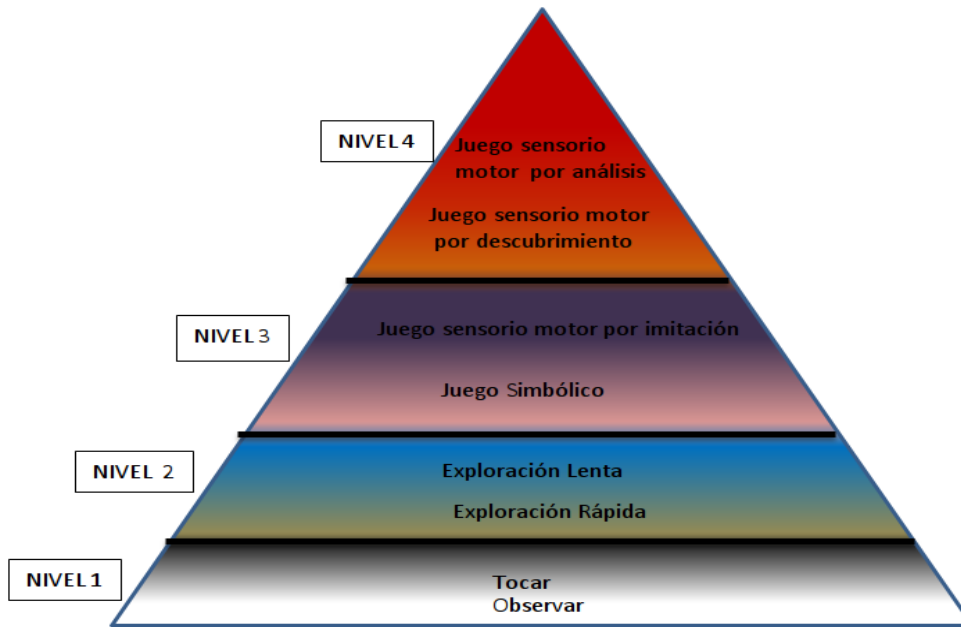


Fig. 1. Representación del nivel de complejidad de indicadores de curiosidad usando criterios taxonómicos de Elizabeth Simpson (1966).

- Expresiones Verbales (I_{EV}): Preguntas acerca del objeto, fenómeno o entorno. Ejemplos de preguntas: ¿para qué sirve?, ¿cómo se usa? y ¿para qué lo vamos a usar? ¿por qué está aquí?. Afirmaciones acerca del objeto que pueden ser erróneas, todas en busca de información.

Para Bloom (1964), los procesos de aprendizaje afectan a las diferentes esferas de la identidad de las personas: cognitiva, psicomotriz y afectiva. También considera que cada una puede dividirse en subcategorías, que van desde aquellas que afectan los comportamientos más simples, a las que lo hacen sobre los más complejos. Con esto, se categorizan estas subcategorías a diferentes niveles. En este caso se estudiarán las interacciones verbales para el enriquecimiento de la curiosidad científica.

Tabla 2. Aspectos y ejemplos de los procesos de aprendizaje de Bloom

Nivel	Aspecto	Ejemplos
1	Recordar material aprendido con anterioridad como: hechos, términos, conceptos básicos o la obtención de información básica.	¿Qué es...? ¿Cómo es...? ¿Dónde fue...? ¿Cómo pasó...? ¿Por qué...? ¿Cuándo fue...? ¿Cómo lo demostraría...? ¿Puede usted escoger...? ¿Cuáles son los principales...? ¿Cuál...? ¿Quién fue...?
2	Mostrar el entendimiento de hechos e ideas: organizando, comparando, traduciendo,	Comparar, contrastar, demostrar, interpretar, explicar, extender, ilustrar, inferir, extraer, relatar, rephrasear, traducir, resumir, demostrar, clasificar.

	interpretando, haciendo descripciones y exponiendo las ideas principales.	¿Qué hechos (o ideas) muestran...? ¿Cuál es la idea principal de...? ¿Qué declaraciones soportan...? ¿Qué es lo que pasa en/cuando...? ¿Qué significa...? Relata/narra/cuenta en tus propias palabras...
3	Resolver o solucionar problemas aplicando: el conocimiento adquirido, los hechos, las técnicas y reglas, de manera diferente.	Aplicar, construir, escoger, realizar, desarrollar, entrevistar, hacer uso de, organizar, experimentar con, planear, seleccionar, resolver, utilizar, modelar, identificar. ¿Cómo usaría usted...? ¿Qué ejemplos podría usted encontrar para...? ¿Cómo resolvería usted utilizando lo que ha aprendido sobre...? ¿Cómo lo organizaría usted para demostrar...? ¿Cómo demostraría usted su entendimiento de...? ¿Qué aproximación o punto de vista, utilizaría para...?
4	Examinar y fragmentar la información en diferentes partes mediante: identificación de causas y motivos, realizar inferencias y encontrar evidencias que apoyen generalizaciones.	Analizar, categorizar, clasificar, comparar, contrastar, descubrir, disecar, dividir, examinar, inspeccionar, simplificar, tomar parte en, examinar para, encuestar, distinguir, listar, relacionar, funcionar, motivar, diferenciar, inferir, asumir, concluir, componer. ¿Cuáles son las partes o características de...? ¿Cómo es... en relación a...? ¿Por qué cree usted...? ¿Cómo se compone...? ¿Qué razones, motivos, existen para...? ¿Puede listar los componentes...? ¿Qué inferencias puede hacer usted...? ¿A qué conclusiones puede llegar...? ¿Cómo clasificaría usted...? ¿Cómo categorizaría usted...? ¿Qué relación existe entre...? ¿Puede usted diferenciar entre...? ¿Cuál es la función de...? ¿Qué ideas justifican...?
5	Compilar información y relacionarla de manera diferente, combinando elementos con un nuevo patrón o proponiendo distintas alternativas de solución.	Construir, escoger, combinar, compilar, componer, crear, fabricar, diseñar, desarrollar, estimar, formular, imaginar, inventar, originar, planear, predecir, decidir, proponer, resolver, solucionar, suponer, discutir, modificar, cambiar, originar, implementar, adaptar, minimizar, maximizar, teorizar, elaborar, examinar, eliminar, implementar, suceder y cambiar. ¿Qué cambios haría usted para resolver...? ¿Cómo mejoraría usted...? ¿Qué pasaría si...? ¿Puede elaborar la razón para...? ¿Puede proponer una alternativa...? ¿Puede usted inventar...? ¿Cómo adaptaría usted... para crear una situación o cosa diferente? ¿Cómo cambiaría, modificaría, el terreno, plano...? ¿Qué haría usted para minimizar (o maximizar)...? ¿Qué diseñaría

		usted...? ¿Qué combinaciones se podrían hacer para mejorar o cambiar...? ¿Suponga que usted puede... qué haría? ¿Cómo usted examinaría, evaluaría...? ¿Podría usted formular una teoría para...? ¿Podría predecir usted el resultado de...? ¿Cómo estimaría usted los resultados de...? ¿Qué hechos puede usted compilar...? ¿Podría usted construir un modelo que cambiara...? ¿Podría pensar usted en una forma original para...?
6	Exponer y sustentar opiniones realizando juicios sobre información, validar ideas sobre trabajo de calidad en base a criterios establecidos.	Premiar, escoger, concluir, criticar, decidir, defender, determinar, disputar, evaluar, juzgar, justificar, medir, comparar, marcar, categorizar, recomendar, reglamentar, seleccionar, aceptar, interpretar, explicar, avaluar, priorizar, opinar, dar importancia, establecer criterios, aprobar, reprobar, valorar, influenciar, percibir, significar, estimar, influenciar, deducir. ¿Está usted de acuerdo con las acciones o procedimientos...? ¿Con los resultados...? ¿Cuál es su opinión de...? ¿Cómo aprobaría (desaprobaría) usted...? ¿Puede usted establecer el valor o importancia de...? ¿Sería mejor si...? ¿Por qué cree usted que (tal persona) escogió...? ¿Qué recomendaría usted...? ¿Qué valor daría usted a...? ¿Qué argumentaría usted para defender tales acciones...? ¿Cómo evaluaría usted...? ¿Cómo podría usted determinar...? ¿Qué elección habría hecho usted...? ¿Cómo seleccionaría usted...? ¿Cómo daría usted prioridad...? ¿Qué juicio haría usted sobre...? ¿En base a lo que usted sabe, cómo explicaría...? ¿Qué información usaría usted para justificar tal punto de vista...? ¿Cómo justificaría usted...? ¿Qué datos se usaron para llegar a determinada conclusión...? ¿Por qué sería mejor esto que...? ¿Cómo daría prioridad a determinados hechos...? ¿Cómo compararía ideas...?

- Interacción con el entorno (I_E): El estudiante explora visualmente o físicamente sus alrededores para encontrar o verificar estímulos; dado que se realiza una reacción motora, en la pirámide se clasifica en el nivel 2, de interacción rápida o lenta con el entorno, pero como hay un desplazamiento físico en la búsqueda de estímulos se ajusta de acuerdo a la siguiente tabla:

Nivel	Aspectos
1	Exploración visual rápida: El alumno observa su entorno en un lapso de tiempo breve.
2	Exploración visual lenta: El alumno examina su entorno en periodos de tiempo prolongados.
3	Exploración mediante desplazamiento rápido: el alumno se desplaza por todo el entorno en busca de nuevos estímulos en un lapso de tiempo breve, sin poner atención a los detalles.
4	Exploración mediante desplazamiento lento: el alumno se desplaza por su entorno examinando cada uno de los rincones por un periodo de tiempo prolongado.

Se tomó en cuenta la taxonomía del área afectiva de David Krathwohl, la cual sirve para analizar las actitudes de los alumnos.

Nivel	Aspectos
1	Recibir: Adquiere sensibilidad sobre la existencia de ciertos estímulos y está dispuesto a recibirlos y prestarles atención.
2	Responder: Corresponde a la participación activa, va más allá de atender a las situaciones particulares. En esta categoría se produce la reacción y la respuesta se manifiesta en el cumplimiento dentro de lo esperado: disposición a responder, satisfacción al responder.
3	Valorar: Concierno al mérito y valor que un estudiante le otorga a un objeto, fenómeno o comportamiento. Comprende, desde la simple aceptación de un valor, pasando por la búsqueda intencionada de un valor desestimando a otros, hasta la manifestación del gusto por el valor.
4	Organización: Trata de la adhesión a diferentes valores, la resolución de conflictos, y empieza a manifestar internalización de una escala de valores consistente. En esta categoría, el énfasis está en comparar, referir y sintetizar valores. Los resultados del aprendizaje pueden expresar la conceptualización de un valor o la organización de un sistema de valores. Los objetivos educacionales se refieren al desarrollo de una filosofía de vida.
5	Caracterización por un valor o complejo de valores: En este nivel la persona tiene un sistema de valores que caracteriza su estilo de vida. Su comportamiento es consistente y por tanto predecible. Los resultados del aprendizaje en este nivel cubren una amplia gama de actividades, el mayor énfasis está en que la persona adquiere un comportamiento característico.

Desarrollo

La metodología que se utiliza es cualitativa, que Taylor y Bodgan (1987, pág. 20) definen como una investigación que produce datos descriptivos: «las propias palabras de la persona, habladas o escritas y la conducta observable». La obtención de datos fue mediante observación participante, lo que permitió verificar términos coloquiales que los participantes usan en entrevistas; y observar eventos que los informantes no pueden o no quieren compartir, ya sea porque hacerlo sería inapropiado, descortés o insensible. (Marshall & Rossman 1995, citado de Kawlichí).

El método para el análisis de datos fue el estudio de casos que, según Stake (1998), es el estudio de la particularidad y complejidad de un caso singular, para llegar a comprender su actividad en circunstancias concretas (Castillo, Jimenez. Moreno, Sanches, Medahno y Lopez, pág. 2.).

Estudio de casos

Del grupo muestra se eligió al estudiante cuatro por ser un caso singular. Las características del estudiante se obtuvieron de un cuestionario que proporcionó información de la elección de carrera. El alumno eligió la Licenciatura en Física y Matemáticas como segunda opción; su primera y tercera opción fueron Ingeniería en Mecatrónica e Ingeniería Ambiental, respectivamente. Su elección fue por el grado de interés que sentía, siendo la primera opción la más deseada. Ninguna persona tuvo influencia en su decisión. La Licenciatura en Física y Matemáticas la elige porque al leer el plan de estudios le gustaron algunas de las materias, pero en realidad no sabía bien de que trataba. Le han gustado las aplicaciones y el nivel académico, conoce bien las opciones que se ofrecen en la licenciatura y le gustaría especializarse en Física. En diez años le gustaría estar en el campo laboral e iniciar una maestría. Durante los últimos tres años ha visto documentales de mecánica de partículas, avances tecnológicos sustentables y fenómenos naturales de la tierra; asistió a conferencias de Astrofísica y de ciudades inteligentes en su universidad. Los libros que ha leído durante los últimos tres años fueron «En los confines del universo» y la «Morada cósmica del hombre».

Durante la etapa del diagnóstico, el primer día el alumno no mostró interés por ninguno de los objetos expuestos en su mesa de trabajo o en el entorno. Los días posteriores comenzó a interactuar con algunos objetos siendo de mayor interés los equipos montados o instrumentos de medición. De acuerdo a los niveles propuestos, el alumno se considera en la pirámide de interacción con objetos, nivel 1, tocándolos y observándolos. En la etapa final del diagnóstico el alumno llegó a interactuar en una ocasión con equipo montado, realizando un juego sensorio motor por descubrimiento, analizando el funcionamiento del objeto.

Etapa de intervención

Esta etapa consistió de seis sesiones. Se manejó con un grado de apertura mayor al que frecuentemente se usa en el laboratorio. Comúnmente en los laboratorios a

los alumnos no se les deja decidir el experimento a realizar, además de que la intervención en el montaje experimental es mínima, realizando solo la toma de datos para comprobar los fenómenos.

Se preguntó a los alumnos si querían traer un «experimento libre», debían consultar una propuesta que fuera de su agrado, y concerniente a los temas a desarrollar en clase; así que se requería plantear previamente la hipótesis, la pregunta de investigación y una propuesta del desarrollo experimental.

Durante la sesión 1 de la intervención se preguntó a los alumnos si tenían su idea del experimento. Él sí traía una, era de tensión superficial, consistía en ir colocando peso a un material que flote hasta que se hunda, y con esto encontrar la fuerza necesaria para romper la tensión superficial. El experimento estaba bien planteado, con sus respectivas preguntas de indagación, solo que era un tema para una sesión posterior. Así que se unió al alumno 5 para buscar un nuevo experimento en Internet.

Cuando se montó el experimento del alumno 6, se acercó para visualizarlo, tomó los objetos de la caja de muestras y los observó detalladamente, le interesó el experimento de medición de la presión atmosférica utilizando una ventosa, y para poder terminar su experimento de tensión en una cuerda, pidió tiempo extra después de la clase, el cual se le concedió.

Cabe destacar, que el alumno 4 fue el único que no quería participar en el experimento libre, y a pesar de eso trajo una propuesta para realizarla durante la sesión, además que indagó muy bien el experimento. Ya que fue el único estudiante que traía su propuesta concreta, de acuerdo a los niveles afectivos, el alumno avanzó al nivel 2, al darle importancia a buscar un experimento. También realizó un desplazamiento físico para poder visualizar el equipo de una mesa diferente a la que acostumbra trabajar, acto que no había hecho en sesiones anteriores y que pertenece a la etapa del diagnóstico. Esto se considera un avance dentro de la interacción con el entorno, efectuando una exploración lenta o nivel 4.

En la sesión 2, estudiantes de una clase previa habían dejado colocado el equipo de laboratorio. El alumno comentó que traía su exposición y tomó una caja que se encontraba en su mesa, era un micrómetro. La observó de arriba a abajo, la destapó, vio qué se encontraba dentro y realizó una lectura de la parte superior de la tapa. Con dinamómetros de diferentes medidas, los estiró, unió dos de ellos, observó el aparato_____ (v22,24:22). Tomó uno de los objetos de la mesa, el vernier, observó su estructura y su forma. En esta sesión trabajó con el alumno 5, ya tenían idea del experimento, pero no era concreta, y tuvo que realizar una búsqueda en Internet para tener información suficiente y decidir si podían realizarlo.

En esta ocasión el alumno realizó diferentes interacciones de acuerdo con los indicadores de curiosidad. Realizó observación: verificando el dispositivo de_____, exploración lenta, nivel 2; la caja del micrómetro; al entorno, visualizando lo que le rodeaba; además días antes investigó el experimento que quería realizar. Se notaba entusiasmado. Preguntó a los alumnos 2 y 3 cuánto peso le habían puesto para que

la ventosa se desprendiera de la pared. De acuerdo a los niveles de expresión verbal fue nivel 1, ya que solo le interesaba saber con qué peso se obtuvo el fenómeno.

En la sesión 3, el alumno comentó que el fin de semana había verificado en su casa lo que propuso para el experimento de tensión, que consistía en hacer una película de jabón con una cadena. Se dio cuenta que se generaba la película, pero no duraba mucho tiempo. En el salón de clase intentó realizar el experimento y comentó que no era plausible, que se necesitaba un jabón más denso; así que pidió permiso para retomar el primer experimento que había propuesto en la sesión anterior: calcular la tensión superficial usando un recipiente con agua y colocando un cartón para que encima se ponga peso hasta llegar al punto de ruptura. Consideró una ligera modificación: en vez de ponerle peso para que se hundiera, le pondría un dinamómetro para medir la fuerza necesaria para vencer la tensión superficial. Aun cuando ya había terminado la clase quería seguir experimentando con otras sustancias.

Durante esta sesión puede decirse que su grado de curiosidad tuvo un ligero incremento, el alumno quería realizar los dos experimentos. En los niveles afectivos se encuentra en el nivel 3, valorización, ya que el alumno al tener curiosidad por otro experimento, y querer hacerlo, muestra que empieza a valorizar la curiosidad; y en el nivel 2, respuesta, la satisfacción por realizar los dos experimentos: la película de jabón y romper la tensión superficial utilizando peso; así como querer tomarse más tiempo para verificar lo que ocurriría si variaba las sustancias. También declaró que intentó hacer el experimento en su casa, días antes de la sesión, mostrando compromiso y exploración lenta, al darse cuenta que la densidad del jabón no coincidía con la del laboratorio.

Para la sesión 4, el alumno junto con el alumno 5 ya traían el experimento. Se les ocurrió que podían basarse en uno que realizaron en Física 1, que consiste en medir la velocidad de caída de masas usando un tubo y un sensor de movimiento; pero en esta ocasión querían ver en qué punto la viscosidad empieza a cambiar y calcular el número de Reynolds. El alumno comentó que tal vez se tenía que considerar la velocidad de caída libre y después en el medio; propuso que había que lanzar la masa desde la superficie del líquido para evitar el cálculo de la velocidad de la masa en caída libre. Preguntó cómo debía realizar el análisis del número de Reynolds. Observó con detenimiento el experimento y comentó con sorpresa al lanzar la masa al líquido que: las burbujas diminutas que se encontraban al paso de la masa, se alejaban del camino de la misma (líneas de flujo), a lo que el profesor le preguntó que creía que era, siendo una táctica para que el alumno pueda avanzar en los niveles de curiosidad en la búsqueda de información. El alumno se quedó observando el experimento, pero no supo responder.

Observó con detenimiento el experimento, mostrando un nivel 1, y presentó un nuevo indicador de expresiones verbales al atreverse a preguntar por qué sucedía lo que observó, nivel 2 («líneas de flujo»); además agregando que esta pregunta no

la hizo a uno de sus compañeros sino al profesor, lo cual le da un grado nivel 3 de valorización, ya que consideró importante este fenómeno y quiso obtener una respuesta acertada. Siguió mostrando compromiso al traer su experimento; además de creación o extrapolación, nivel 5 de la taxonomía cognoscitiva de Bloom. Con esto nos referimos a tomar y adecuar un experimento de otro semestre y adecuarlo a las necesidades presentes.

En la sesión 5, el alumno ya tenía idea del experimento que deseaba realizar; quería medir la velocidad del sonido usando el efecto Doppler utilizando una guitarra, un altavoz y un osciloscopio. Se acercó al experimento del equipo de los alumnos 1,2 y 3 para visualizarlo. Tomó los diapasones y los hizo sonar para generar un máximo en el tubo de agua. También quiso hacer el experimento de la velocidad del sonido usando un tubo con agua y diapasones. Al ver el uso del celular para medir la velocidad del sonido, se quedó un tiempo visualizando el experimento y se acercó para sugerir una frecuencia menor que no era audible.

Durante esta sesión el alumno se mostró muy alerta de lo que ocurrió a su alrededor, sobre todo en el experimento de la velocidad del sonido usando un tubo de agua. De acuerdo a los indicadores de curiosidad se considera una exploración al entorno visual lenta, nivel 2 de interacción con el entorno, y también efectuó un desplazamiento físico, nivel 4 de interacción con el entorno al acercarse. Realizó una exploración lenta, nivel 2 de interacción con los objetos, los diapasones, e intentó manipular el experimento. Además de incluir una sugerencia en el valor de la frecuencia, para que tomaran en cuenta frecuencias más bajas de las que los alumnos estaban midiendo; esta acción se consideró nivel 4 de expresiones verbales, ya que decide tomar parte en la experimentación y el debate de las frecuencias pertinentes, obteniendo conocimiento a partir de lo propuesto. Se debe añadir que durante las sesiones habituales de laboratorio, los alumnos de diferentes equipos no interaccionan entre sí, ni se acercan a visualizar los experimentos de otros equipos, dándole un mayor peso a lo ocurrido en esta sesión.

En la sesión 6, el alumno quiso realizar el experimento del tubo en llamas. Visualizaba con detenimiento donde se generaban los máximos, preguntó por qué ocurría, y en la discusión de sus compañeros comentó por qué creía que se generan los máximos. Midió para comprobar la veracidad de sus cálculos en la localización de los máximos, y se acercó a ver el experimento de líneas de flujo. Le comentó al profesor que el proyecto que quería realizar consistía en analizar la presión de los pistones de una locomotora, que su hermano había hecho en la preparatoria usando pistones hechos con jeringas de vidrio.

En esta sesión sus niveles de curiosidad verbal se incrementaron, ya que realizó dos interacciones externando sus dudas del experimento, nivel 1 de expresiones verbales y nivel 6, al intentar justificar por qué piensa que debían ocurrir las cosas a través de los conocimientos adquiridos. Además de acercarse para observar el experimento del alumno 3, realizando un nivel 4 en exploración lenta con el entorno. Fue uno de los primeros alumnos en traer ideas para el proyecto final que se había

comentado en sesiones anteriores, mostrando satisfacción por querer realizar el análisis de la presión en las jeringas, y valorización nivel 3 en la taxonomía afectiva, al darle importancia a lo investigado.

En la siguiente sección se realiza un análisis evolutivo, basado en el modelo Toulmin (1977) sobre la curiosidad.

Modelo de Stephen Toulmin

El modelo de Stephen Toulmin (1977) fue desarrollado para estudiar la evolución de los conceptos, en esta investigación se usará para la evolución de la curiosidad científica. El modelo consiste en un metasistema análogo al usado en biología para el estudio de poblaciones. Toulmin propone que se deben tomar en cuenta tanto factores racionales como causales, y sugiere una alternativa de análisis que combina los dos tipos de estudios, transversal y longitudinal, que llamamos estudio evolutivo. Cada uno se definirá de acuerdo al modelo de Toulmin y sus respectivas modificaciones para esta investigación.

- A) Estudio transversal de la representación conceptual: considera conjuntos representativos de todos los conceptos presentes en una sola época, no toma en cuenta los porqués de la aparición de nuevos conceptos. En esta investigación se usará para evaluar los niveles de curiosidad al inicio del curso, sin tomar en cuenta la posible evolución de términos o inserción de nuevos indicadores.
- B) Estudio longitudinal de la representación conceptual: consiste en estudiar la aparición, desarrollo y destino ulterior de conceptos particulares, a lo largo de toda la historia de vida del concepto. Este análisis permite identificar cada punto de ramificación o de interrupción de la línea genealógica, y pone en evidencia las «buenas razones» que en el momento se expresan para aceptar o rechazar un concepto. En este caso se estudiará la aparición de indicadores de curiosidad a lo largo de la etapa de la intervención didáctica, así como las posibles modificaciones de los indicadores.
- C) Estudio evolutivo de la representación conceptual: aborda la evolución de los conceptos como función de:
 - 1) La variable C_y que da información de los conjuntos a los que pertenecen los conceptos principales vigentes en el tiempo t_i , y cuya relación modifica o puede modificar el concepto y objeto de estudio.
 - 2) La variable que da cuenta de la racionalidad de los conceptos principales tomando nota de los conflictos, justificaciones o rechazo de los conceptos. Entonces la variable C_y se llamará I_y , y dará información de los conjuntos de indicadores a través del tiempo.

La siguiente figura muestra el diagrama de Toulmin de evolución de la curiosidad (indicadores vs tiempo) del alumno seleccionado para el estudio de casos.

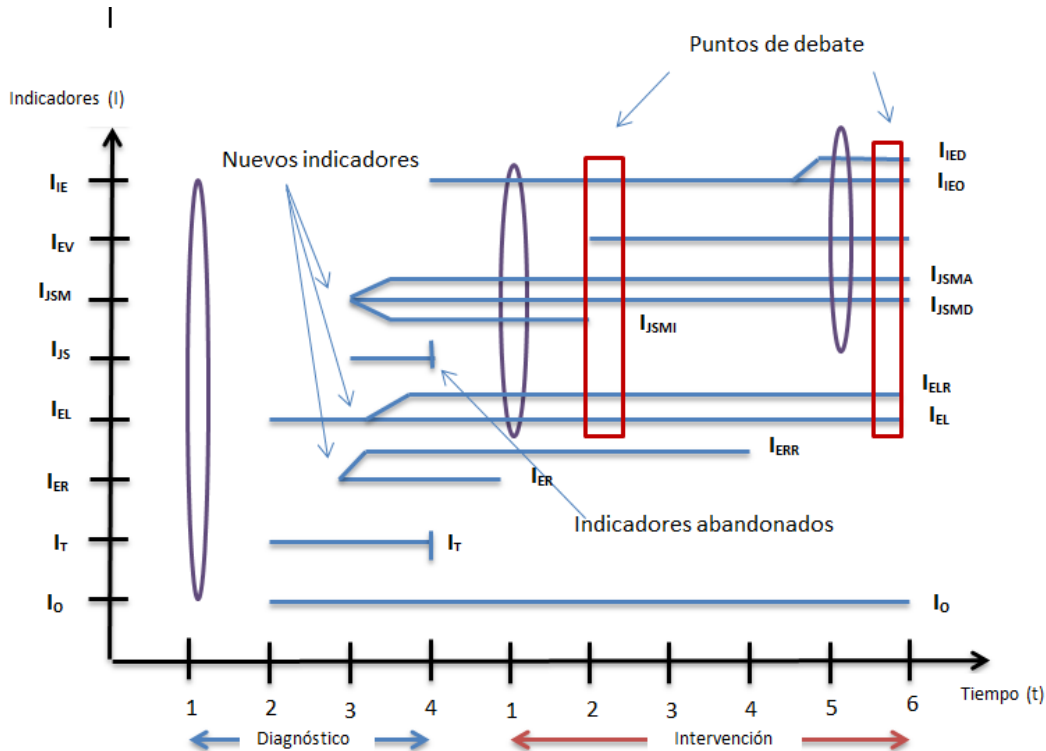


Fig. 2. Diagrama de Toulmin de la evolución de la curiosidad científica de un caso

Se observa el aumento gradual del número de indicadores que el alumno manifestó al finalizar la etapa de la intervención; además de la aparición de nuevos indicadores que no se habían considerado, tal es el caso de juego sensorio motor, el cual se tuvo que dividir en juego sensorio motor: por imitación I_{JSMI} , por descubrimiento $I_{JSM D}$ y por análisis $I_{JSM A}$; debido a las diferentes formas de manifestar su curiosidad. También se abandonaron indicadores como el juego simbólico, ya que el alumno en cada interacción intentó descubrir el funcionamiento y analizar los objetos.

Se añadieron cuadros rojos para debates dentro del salón de clases, uno de ellos el de la sesión 6, en el que los alumnos debatieron para descifrar el funcionamiento del tubo de llamas.

Conclusiones

Del estudio de casos presentado se puede afirmar que al inicio de la investigación el alumno mostró niveles de curiosidad bajos; pero conforme se da la intervención, dicho nivel de curiosidad se ve incrementado alcanzando niveles avanzados en distintos indicadores, como:

Interacción con objetos: Al inicio de la investigación el alumno no quería interactuar con los objetos, pero llegó a alcanzar el nivel 6 de juego sensorio motor por análisis.

Interacción con el entorno: Llegó a alcanzar el nivel 4 de interacciones con el entorno, desplazándose para poder observar con detenimiento el objeto que llamó su atención: el dispositivo de la velocidad del sonido con un tubo de agua.

Expresiones verbales: Al inicio el alumno se mostraba como una persona tímida que solo interactuaba con el alumno 5, y ocasionalmente con algún otro compañero, siempre y cuando se acercaran a él. Al avanzar la investigación el alumno tuvo que realizar expresiones verbales para poder satisfacer su curiosidad, buscando respuestas más complejas que las proporcionadas por sus compañeros, acudiendo al maestro y participando en un debate para descubrir el funcionamiento del dispositivo de la velocidad del sonido en un tubo de llamas, y proponiendo frecuencias en el experimento de la velocidad del sonido en un tubo de agua, alcanzando el nivel 4 de expresiones verbales.

Además, dentro del área afectiva de la taxonomía de Krathwohl, el estudiante alcanzó el nivel 4 de valorización, dando más importancia a indagar sobre los experimentos que quiso realizar.

Referencias

- Angrosino, M. (2012) Etnografía y observación participante en investigación cualitativa, editorial Morata.
- Castillo, I, Jimenez, J., Moreno, L., Sanches, P., Mohedano, I. y Lopez, E. (s.f.) El estudio de casos. *Métodos de investigación educativa*. Universidad Autónoma de Madrid, 3º Magisterio Educación Especial, (pág. 2). Obtenido de: https://www.uam.es/personal_pdi/stmaria/jmurillo/InvestigacionEE/Presentaciones/Est_Casos_doc.pdf
- Delgado C. El modelo de Toulmin y la evolución del concepto de continuo en los clásicos griegos, *Matemáticas: Enseñanza Universitaria*, diciembre, año/vol. XI, número 1-2 Universidad del Valle Cali, Colombia pp. 91-127, 2003.
- Esquivias, M. T. Creatividad: definiciones, antecedentes y aportaciones, *Revista Digital Universitaria*, Volumen 5 Número 1, ISSN: 1067-6079, pág. 13-17, 31 de enero 2004.
- Kawulich, B. La observación participante como método de recolección de datos. *Forum: Qualitative Social Research [On-line Journal]*, 6(2), 2006 Art. 43, <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0114-fqs0502430>.
- Krathwohl, D.R., Bloom, B.S. & Masia, B.B. (1964). *Taxonomía de los Objetivos de la Educación*, Tomo II. *Ámbito de la Afectividad*. Alcoy: Marfil, 1973.
- Román J. & Villate, Y. (2009) Caracterización de la curiosidad en niños de 10 a 12 años del programa Centro Amar Kennedy a través del estudio de caso (Tesis de Maestría) Pontificia Universidad Javeriana, Colombia, Bogotá.

Formación de la sensibilidad en ingenieros como vía para la creatividad

Luz María de Guadalupe González Álvarez³⁷

Introducción

La creatividad es un elemento que frecuentemente se presenta en el perfil de egreso de las licenciaturas en ingeniería; sin embargo, no suelen encontrarse elementos que atiendan a su formación en sus planes de estudio. Ante esta necesidad se plantea la idea de adaptar al campo de la ciencia y la tecnología, las vías para la formación del pensamiento creativo que se usan en la educación artística.

Esta investigación se realizó para profundizar en los resultados obtenidos al analizar el perfil de egreso de la licenciatura en Ingeniería Matemática de una institución pública, en el que se expresa se aplicarán o crearán modelos industriales, administrativos y financieros. En la primera investigación se evaluó la pertinencia de utilizar las vías que se trabajan en la educación artística, en la formación del pensamiento creativo, adaptándolas al trabajo científico.

Los mecanismos para la formación del pensamiento creativo que se utilizan en la educación artística son: sensibilidad, percepción y creación. Para cada una de ellas se encontró un equivalente en la educación científica, con fundamento en la biografía de científicos históricamente reconocidos por su elevada creatividad, como es el caso de Albert Einstein.

La metodología utilizada consistió en un estudio de casos, centrada en el análisis de protocolos de investigación elaborados por un grupo de estudiantes del último semestre de la carrera de Ingeniería Matemática. Los resultados hacen evidente la falta de formación de la sensibilidad en los estudiantes que participaron, ya que ellos presentaron dificultades para realizar una lectura crítica de textos científicos; así como para identificar problemas relacionados con su área de estudio.

Como resultado se obtuvo que la sensibilidad se favorece mediante el conocimiento y deseo de atender la problemática real de su campo de estudio, además de la experiencia en la crítica de literatura especializada del área. Esto se valoró al comparar el grado de innovación observada en cada trabajo, la experiencia laboral en su área de estudio y la habilidad que se mostró al realizar la crítica de la literatura consultada para elaborar el estado del arte.

El desarrollo de la sensibilidad es una vía para el desarrollo del pensamiento creativo, lo que puede concretarse en un mayor nivel de innovación en los proyectos de los estudiantes.

³⁷ Escuela Superior de Física y Matemáticas del Instituto Politécnico Nacional

Objetivos

El objetivo de esta investigación es identificar elementos que favorezcan el desarrollo de la sensibilidad, respecto a la problemática del área de estudio, como vía para la formación de la creatividad en futuros ingenieros. Con esto se persigue elaborar un plan con fundamento didáctico, que incorpore la formación del pensamiento creativo en las carreras de ingeniería.

Marco teórico

En la bibliografía se encuentra que la formación de la creatividad es importante en las carreras de ingeniería, ya que ellas requieren se capacite para razonar y ser creativo e innovador en la solución de problemas (Garza, 1999). Tobón (2008) menciona que dichos requerimientos son válidos en todas las carreras de ciencias, puesto que es un componente de las competencias investigativas, por lo que se afirma que, mediante el desarrollo de actividades de investigación, se activan los elementos que componen la creatividad.

Lechuga (2016) plantea que los términos curiosidad científica, creatividad e investigación, son equivalentes; mientras que para Bunge (2004), la curiosidad unida a la práctica, aporta una fuente de problemas científicos. Soto (2011) precisa, que para plantear problemas de investigación tecnológica, debe concebirse un camino para abordar el desarrollo de la tecnología, tomando en cuenta los avances científicos en el área de estudio. Por otro lado, se tiene que la Bauhaus, desde 1919, ha utilizado el arte para buscar solución a problemas prácticos, de maneras técnicamente eficaces y estéticamente satisfactorias. Además, la educación artística es un medio que logra incrementar la riqueza cultural y sensible de las personas y sus sociedades, posibilitando la identificación de muy diversas maneras de ver y concebir el mundo. De manera que, incluso un mismo objeto puede representarse de formas tan variadas, como modos de ver existen, (Ortega, 2014), observándose que hay una relación entre el proceso de investigar y la creatividad. Por otro lado, el desarrollo de la creatividad se ha estudiado ampliamente dentro del campo de la educación artística. Ibar (2001, pp. 174-175), afirma que innovar requiere que las aportaciones funcionen o hagan funcionar, y que crear requiere de un espíritu crítico que cuestione, esté inconforme y desee realizar algún cambio.

En la literatura especializada existe investigación acerca de la creatividad en empresas, enfocada al proceso de innovación, ya que de esto depende su competitividad. Recientemente se encontró que las empresas pueden asegurar su posición, tanto en momentos de estabilidad como de incertidumbre, gestionando el nivel de innovación a la coexistencia de la exploración de nuevo conocimiento, con el habitualmente utilizado (Álvarez Santos y Miguel Dávila, 2008). Este proceso requiere contar con mentes creativas; sin embargo, en la formación de ingenieros está desatendido el desarrollo de la creatividad, orientada principalmente a obtener un elevado grado de innovación. De hecho, de acuerdo con Ruiz Larraguivel (2004), «las decisiones de creación tecnológica continúan ejecutándose en otra parte y no en el país».

En un trabajo realizado con estudiantes del último curso de Ingeniería y Diseño Industrial, se presenta la importancia de los procesos creativos sistemáticos, como soporte para la capacidad innovadora de las empresas. Los resultados muestran que un equipo, con formación en diversas disciplinas, conduce a la generación de ideas con mayor calidad, novedad y variedad, observándose que el análisis inadecuado de un problema es una limitación para la variedad de propuestas (González, Aguilar y Gardoni, 2008).

Uno de los trabajos, en un curso de último semestre de una carrera de ingeniería, consistió en analizar los proyectos de aula como estrategia para la formación profesional. En él se aplicaron conceptos teóricos vistos en clase y en asignaturas previas, para solucionar alguna problemática de tipo ecológico o social. Se obtuvo que dicha estrategia «fomentó el autoaprendizaje, la creatividad y la solución de problemas reales». (Torres, Acevedo & Montero, 2016).

De lo anterior puede verse que la investigación se realiza para atender el desarrollo de la creatividad en estudiantes de ingeniería, a partir de observar que realizar procesos creativos sistemáticos, que incluyan su evaluación de forma multidisciplinaria, favorece la participación creativa de los estudiantes.

Por otro lado se tiene que:

...una forma en la que puede organizar la enseñanza de las artes tomando como eje principal el desarrollo del pensamiento «artístico», es a partir de la identificación de sus tres grandes componentes: la sensibilidad, la percepción y la creatividad, componentes didácticos en los que se conjugan conocimientos, habilidades cognitivas y psicomotoras, el desarrollo de la sensibilidad e intuición, así como diversas actitudes propias del trabajo como la observación atenta, el respeto, la aplicación de los procedimientos como el orden, la limpieza en plástica o el cuidado de los instrumentos en música, entre otros. (Ortega, 2014)

Dado que la investigación que se presenta en este documento se centra en el análisis de la sensibilidad, se da la definición del Diccionario de la Lengua Española, en el que se lee: «facultad de sentir propia de los seres animados, la cual puede presentarse en diferentes niveles; captar con los órganos de los sentidos, por ejemplo el oído; experimentar una emoción, como el dolor o la alegría; captar los problemas de alguien; darse cuenta de algo que muy probablemente sucederá».

En el ámbito del arte, la sensibilidad se entiende como la capacidad de usar los sentidos para experimentar e identificar sensaciones, que serán estéticas, si el encuentro con la belleza emociona. Así, la experiencia estética tiene un carácter vital además de conceptual, ya que repercute en toda la persona, no solamente en el intelecto, y se desarrolla por medio de experiencias estéticas, que se pueden ofrecer durante el aprendizaje mediante una docencia de alta calidad (Ortega, 2014).

Con el desarrollo de la sensibilidad se pretende estimular la facultad de conocer y disfrutar las cualidades, más allá de lo racional, práctico, utilitario y económico; la aprehensión, por parte del sujeto de las sensaciones que experimenta en relación con el fenómeno percibido; así como la reflexión crítica sobre el mismo. Dicho desarrollo se favorece mediante la observación directa o indirecta y la manipulación de objetos. Se puede evaluar con la elaboración de una antología, seguida de la verbalización de lo que sintieron durante el proceso, de sus criterios de selección y de una reflexión crítica. Para formar la sensibilidad son más importantes las experiencias del alumno que la educación formal (Errázuriz, 2006, pp. 44-108). La revisión de la historia del arte, siempre con la mediación de un profesor experto que oriente la atención de los estudiantes a lo esencial, también es una estrategia formativa (Ruiz Restrepo, 2000).

La sensibilidad formada puede enriquecer su relación con las obras y con cualquier entorno natural o estético (Cuellar y Effio, 2010), de manera que se propone desarrollar la sensibilidad también fuera de las artes, hacia objetos, imágenes, ideas y espacios (Errázuriz, 2006, pp. 52). En la ciencia, la sensibilidad tiene que ver con la capacidad para obtener resultados que permitan identificar el problema (Pita Fernández y Pértegas, 2003).

Para valorar la incidencia de la sensibilidad en la creatividad, se puede tomar como indicador de esta última el nivel de innovación, debido a la estrecha relación que existe entre estos dos conceptos (Rodríguez, Ferruzca, Göbel, 2017). La idea de innovación que se utiliza es la siguiente: introducción de un producto (bien o servicio) nuevo o significativamente mejorado o de un proceso (<http://www.conacyt.mx/index.php/el-conacyt/desarrollo-tecnologico-e-innovacion>).

Los niveles de innovación se tomaron del Manual de Oslo, en el cual se propone que el elemento de novedad se puede configurar bajo tres formas: nuevo para la empresa, nuevo para el mercado y nuevo para el mundo entero. La primera empresa que introduce una innovación, se considera líder, y las demás, seguidoras. Una innovación radical o que implique ruptura, es la de mayor grado, y aunque es difícil valorarla de inmediato, se manifiesta mucho tiempo después de la aparición de la innovación (205-211).

Desarrollo

La investigación que se presenta en este documento tiene como antecedentes cuatro trabajos: Una primera aproximación consistió en la realización de una acción performativa, cuyo objetivo fue sensibilizar a un pequeño grupo de personas acerca de la necesidad de formar una cultura de la paz y la no violencia. Esta actividad, mediante la observación y entrevistas a los participantes, permitió a la autora realizar un primer acercamiento a la construcción de indicadores, para la evaluación del nivel de desarrollo de las tres vías, y formar la creatividad que se proponen en la educación artística: sensibilidad, percepción e innovación. Posteriormente se elaboró un proyecto cuyo objetivo era divulgar contenidos de matemática básica, mediante una obra de teatro elaborada y puesta en escena con el trabajo colaborativo de un grupo de niños de 6 a 14 años. Los resultados mostraron que el uso de las vías de la educación artística, al trabajar contenidos académicos,

promueve simultáneamente al aprendizaje de éstos y la formación de la creatividad (González, 2015).

Con el afán de verificar la viabilidad de utilizar estos elementos en educación superior en la formación de valores en futuros ingenieros, se trabajó en la elaboración de actividades didácticas para un curso de Ecuaciones Diferenciales en la carrera de Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica, utilizando la teoría matemática en el contexto de las ciencias para los contenidos matemáticos. Como resultado de este proceso, se obtuvo que los elementos de sensibilidad y percepción que desarrolla la educación artística, favorecen la integración de contenidos para el desarrollo de un actuar ético en actividades académicas, cuyo contenido es de matemáticas (Camarena y González, 2015).

Los resultados obtenidos en los trabajos mencionados mostraron la viabilidad de utilizar las vías de la educación artística en la formación de la creatividad, como aportación transversal en asignaturas de matemáticas y ciencias, lo que se identifica como una necesidad, ya que es una característica presente en el perfil de egreso de las carreras de ingeniería y ciencias. Por ello se decidió aplicarlas en un curso de la licenciatura en Ingeniería Matemática. La investigación consistió en un diagnóstico de las necesidades formativas para el desarrollo de la creatividad, en estudiantes del último semestre de la carrera mencionada, mediante el análisis de protocolos de investigación elaborados por ellos como trabajo final para un curso cuyo objetivo es el desarrollo de las competencias investigativas.

Esta investigación mostró que se requiere formar la creatividad de los estudiantes que participaron, ya que con respecto a la sensibilidad, la mayoría muestra dificultad para identificar problemas reales relacionados con su área de estudio. En cuanto a la percepción, se obtuvo que los estudiantes analizan el problema utilizando aprendizajes de los dos últimos semestres de la carrera, y evadían el uso de una matemática robusta. La innovación resultó incipiente, puesto que la mayoría de los estudiantes plantearon repetir alguna investigación que les resultó interesante, en un contexto diferente (González L.M. y González A., 2016).

Para profundizar en el tema, se decidió trabajar con cada una de las vías para la formación de la creatividad. En este documento se presenta el análisis de la sensibilidad, mediante un estudio de casos, para identificar los elementos que pueden favorecer en mayor grado el desarrollo de la misma en la formación de ingenieros.

Marco metodológico

Las ideas expuestas en el marco teórico fundamentan la hipótesis de trabajo que orienta esta investigación. Se propone que, mediante el análisis evolutivo de proyectos de investigación elaborados por estudiantes del último semestre de una carrera de ingeniería, se puedan identificar las etapas del proceso investigativo en las que se presentan oportunidades de intervención didáctica, para favorecer el desarrollo de la sensibilidad como una vía para el desarrollo de la creatividad.

Se decidió realizar una investigación de corte cualitativo, que consistió en un estudio instrumental de casos, en el que se analizó el proceso de elaboración de protocolos de investigación, elaborados por alumnos del último semestre de Ingeniería Matemática, para atender la necesidad de comprender en qué momento se pone en práctica la sensibilidad como vía para el desarrollo de la creatividad, y relacionar los resultados de este análisis con el nivel de la innovación que logra cada autor. La intención del estudio es obtener elementos para la construcción de propuestas didácticas, que favorezcan el desarrollo de la sensibilidad como vía para la formación de la creatividad (Stake, 1998, p.11-16). El número de casos a elegir recomendado por Hernández, Collado y Lucio (1996, p. 385) para estudios en profundidad, es de tres a cinco, atendiendo al número en el que se obtiene la saturación de categorías.

Para tomar los datos se utilizó la observación participante en un curso impartido por la autora, de manera que se actuó como profesora e investigadora durante el mismo. La decisión se fundamenta en que, el doble rol desempeñado aporta datos para mejorar el curso, y favorece el uso del método de investigación elegido.

Según DeWalt & DeWalt (2002, citado por Kawulich, 2006), este método faculta al investigador el aprender acerca de las actividades de las personas en estudio, provee el contexto para desarrollar directrices, genera elementos para seguir investigando e incrementa la calidez del estudio, permitiendo que se cubra lo que informa Fine: requiere convertirse en parte del grupo estudiado (2003, citado por Kawulich, 2006). Además, reduce la incidencia de que las personas actúen de forma especial cuando advierten que son observadas (Bernard, 1994, citado por Kawulich). Otra ventaja es que los avances de los trabajos fueron entregados en formato digital, contándose con el registro completo de los mismos, y con la autorización del grupo de estudiantes para usar dicha información en la investigación. Se omiten nombres y datos de los casos en estudio que puedan llevar a la identificación de los mismos, para proteger la confidencialidad de los participantes.

El contexto de los casos

El grupo en estudio constó de 26 estudiantes del último semestre de una carrera de ingeniería en el que se trabajan competencias investigativas. Para favorecer el trabajo colaborativo en la realización de los proyectos, la autora utilizó el llamado *blended learning*, o semipresencial, ya que como apoyo se utilizaron tecnologías no presenciales (Bartolomé, 2004). De acuerdo con los estudiantes, la entrega de actividades, tanto para regular el aprendizaje como para obtener la calificación (Jorba & Casellas, 1997) se realizó en el espacio virtual del curso. Las actividades de aprendizaje consistieron en presentar avances en el diseño de un protocolo de investigación, que podían entregar en el momento que necesitaran retroalimentación y el número de veces que consideraran necesario. Había fechas

límite para la entrega completa de una sección del proyecto, que inició el 22 de enero de 2015. La primera entrega era el estado del arte, 23 de febrero; en seguida el marco teórico y metodológico, 20 de abril; y el proyecto completo con las tres secciones, 1 de junio. Las primeras dos fechas daban lugar a una calificación solo informativa, la calificación se otorgaba al proyecto completo que se entregaba al final del curso. Todos los miembros del grupo podían leer los trabajos de los demás, lo que permite la emulación, evaluación mutua y transparencia en la evaluación realizada por la profesora. Los criterios de evaluación que se utilizaron durante el curso se obtuvieron por consenso, con la participación de la profesora y los estudiantes del mismo.

De acuerdo a lo que se encuentra en la literatura especializada, para complementar el contexto individual de los casos y validar interpretaciones, respecto a los elementos que conforman la creatividad y que se consideran en esta investigación, se utilizaron preguntas que fueron colocadas en el espacio virtual del curso, y ahí respondieron los estudiantes. En la tabla 1 se incluyen las preguntas relacionadas con el objetivo de este trabajo.

Tabla 1. Diseño de preguntas para contextualizar los casos y validar interpretaciones.

Rasgos del pensamiento creativo	Elementos que lo conforman	Indicadores	Preguntas
Personalidad (Laime)	Sensibilidad a los problemas (Romo Santos, 1986) Relevancia (Wigodski, 2005)	Identificación de problemas reales con impacto social	¿Qué te motivó a elegir el tema? ¿Quiénes recibirán un beneficio si se usa tu trabajo? ¿De qué manera? ¿Por qué es importante el desarrollo de tu trabajo?
	Originalidad (Romo Santos, 1986) Innovador (Wigodski, 2005)	Nivel de innovación que muestra en el estado del arte (Aranguren, 2012)	¿Piensas que tu trabajo es innovador? ¿En qué? Demuestra que tu trabajo es innovador.

Motivación (Laime)	Intrínseca	Búsqueda de satisfactores a largo plazo e internos en las frases motivacionales	¿Cuáles son los principales aprendizajes que has obtenido al realizar este proyecto? ¿Para qué pueden servir?

Una característica del contexto escolar al que pertenece la muestra es que las ciencias sociales no son ciencia; son fáciles de aprobar y sus contenidos son innecesarios. Esto ocasiona que al inicio exista ausentismo, de manera que durante el primer mes de clase asistieron asiduamente y entregaron sus actividades resueltas solo 12 estudiantes; otros tres asistían y realizaban entregas esporádicamente; una persona se dio de baja por motivos de salud; y cinco no entregaron sus actividades. Al final del curso (mes y medio más tarde), el número de estudiantes que realizó las entregas correspondientes fue de 20; pero una se invalidó, debido a que la estudiante que entregó el protocolo en cuestión no había cumplido durante el curso, y los requisitos de presentación del mismo coincidían con los solicitados por la profesora que imparte el curso en otro grupo. Al indagar al respecto se comprobó que entregó el trabajo realizado por un estudiante de otro grupo.

En los proyectos finales de los estudiantes se encontró que ninguno propuso algo totalmente novedoso; cinco propusieron una modificación a productos, procesos o servicios, que llevan a mejorarlos y 14 propusieron aplicar procesos ya conocidos a empresas que no los conocían.

Tabla 2. Grado de innovación de los protocolos entregados por los estudiantes del grupo.

Grado de innovación	Casos	Elección del tema a partir de	Objetivo	Valores implícitos
Mejora a un producto, proceso o servicio, a nivel de mercado.	1	Empresa familiar	Aportar conocimiento al campo de estudio	Científicos
	2	Servicio social	Mejora en la calidad de alimentos	Económicos
	3	Problemas como usuario	Protección del medio ambiente Mejores condiciones en el transporte público para las personas	Biológicos

	4	Servicio social	Mejora financiera	Económicos
	5	Beca para auxiliar de investigación	Optimización en el uso del espacio	Económicos
Aplicación de procesos conocidos	6-12	Elegir una empresa con bajos rendimientos	Mejorar la utilidad de una empresa	Económicos
	13-19	Tema interesante	Aprender	No se identificaron

Resultados

Para profundizar se eligieron tres estudiantes cuyo desempeño presenta características diferentes: El primero corresponde al conjunto cuya intención es innovar a nivel de empresa; el segundo y el tercero corresponden al conjunto que proponen innovar a nivel de mercado.

Caso 1

Es un estudiante sin experiencia en el campo laboral que mostró asiduidad en el curso, llegaba tarde a las sesiones presenciales y fallaba en las entregas en el espacio virtual.

Para la primera evaluación que consistió en elaborar el estado del arte, en un primer intento revisó solamente dos trabajos, uno sobre la metodología Seis Sigma y su aplicación en México, y el otro acerca de la aplicación de la estadística multivariada en el control de procesos industriales, de los que escribió una síntesis (22 de febrero).

Una semana después (28 de febrero) inició la elaboración de fichas de trabajo: tres fichas de una tesis de licenciatura en las que mencionó: una estrategia de productividad para una industria farmacéutica, el nombre de la herramienta principal de la estrategia propuesta, un concepto de calidad y el objetivo de la investigación. Otras tres fichas de una tesis de licenciatura que trata sobre la formación de líderes dentro de una carrera de ingeniería. En las fichas mostró las exigencias del área de gestión de las organizaciones hacia los ingenieros, algunos elementos que un líder requiere aprender y desarrollar, y un concepto de «industrial».

En esa misma fecha presentó otras tres fichas de una tesis de maestría en que se mostró el diseño de un plan de distribución de un producto terminado: en una escribió sobre la función de un sistema de inventarios; otra sobre la importancia de

contar con un plan realista y la veracidad de los datos relacionados con dicho plan; y la importancia de tomar en cuenta de manera primordial la distancia entre planta y cliente, y entre clientes. No entregó los demás avances acordados por el grupo, puesto que no llegó a elaborar el estado del arte. Consultó pocas fuentes, faltó la crítica a las investigaciones consultadas y la puntualización de las oportunidades para innovar que se pueden identificar de las mismas.

Para la segunda evaluación entregó el marco teórico y el metodológico (26 de abril). Se pudo observar que tenía clara la idea de la metodología que deseaba utilizar, pero no mostró ideas acerca de qué innovar.

En la tercera evaluación debían entregar el protocolo completo, intentó completar el estado del arte, para lo cual revisó una tesis de maestría de México; dos de magister de Colombia; una de magister de Chile; y tres de licenciatura de Chile, Guatemala, y de Perú. Sin embargo, faltó indicar las aportaciones concretas de cada una y las oportunidades para continuar investigando.

De acuerdo con los criterios de evaluación consensuados en el grupo, las características de su trabajo son:

¿Cuál es el tema?

El planteamiento del tema es breve y conciso:

Modelo óptimo-estadístico para la mejora de calidad y maximización de ventas de la empresa X S.A.

¿Qué se hará?

Se observa que lo que propone es el uso de una herramienta que aprendió en uno de los cursos de su carrera, para buscar la optimización en los procesos de la industria X:

El propósito del modelo que se propondrá, tendrá como objetivo principal impactar directamente en conjunto con la metodología Lean hacia la mejora de calidad lo cual conlleve a mejores ventas y mayor prestigio para la empresa de trajes X S.A. La empresa X empleará y optimizará la producción por medio de modelos estadísticos que además se reflejarán en la calidad de dichos productos: La maquinaria empleada en la producción será revisada continuamente para disminuir costos a futuro. La empresa X realizará un estudio de mercado para maximizar las ventas. Los recursos económicos y materiales que se obtendrán gracias a la prevención y revisión de calidad aportarán mayor prestigio a la empresa.

¿Cómo se hará?

Muestra conciencia de que usará lo que se conoce ampliamente en su área de estudio:

A lo largo de la investigación se usarán los modelos de optimización y estadísticos más comunes, como el método gráfico, simplex, la esquina noroeste, regresión

lineal, análisis de correlación, entre otros. Es fundamental mencionar que para la evaluación de la gestión y control de calidad fueron usadas herramientas administrativas convencionales.

¿Para qué se hará?

Pretende realizar el control de la calidad de una empresa para incrementar ganancias y prestigio. No se observa que este trabajo se desarrolle para la promoción de los valores internos de la profesión:

El fin de este protocolo de investigación es mostrar a la empresa X que, aplicando un modelo óptimo-estadístico propuesto por mí, las expectativas de la empresa serán superadas. El propósito del modelo que se propondrá, tendrá como objetivo principal impactar directamente en conjunto con la metodología Lean hacia la mejora de calidad, lo cual conlleve a mejores ventas y mayor prestigio para la empresa de trajes X.

¿A qué se espera llegar?

Habla de lo que el método que propone puede propiciar, sin indicar aspectos innovadores:

El objetivo no es simplemente implementar el modelo en la compañía, la idea es buscar las diferentes alternativas que pueden ir surgiendo de los errores causados, llevar a cabo un control y mejoramiento de los mismos, realizar un seguimiento del comportamiento de la productividad y el análisis constante de los estadísticos de tiempos y movimientos para dar soluciones efectivas a los tiempos de ciclos prolongados por diversas razones que se pueden presentar. De esta forma y de manera sistemática, X promueve y asegura dentro de su organización la cultura de la medición del desempeño de los proyectos de producción y calidad.

¿Qué existe sobre el tema?

En el estado del arte de su protocolo menciona dos ejemplos de asociaciones que han utilizado la metodología que se propone usar, en ellos incluye alabanzas a la misma, pero no indica aportaciones al conocimiento encontrados, por ejemplo:

En el 2013 la Sociedad Española de Directivos Sanitarios –SEDISA– publicaba el «Compromiso SEDISA con la sostenibilidad y las reformas los servicios sanitarios públicos», aportando recomendaciones. La tercera de ellas indica es imprescindible actuar sobre los procesos para conseguir la eficiencia de los mismos que, según la evidencia disponible, supone un margen de mejora importantísimo, que además de mejorar la eficiencia del sistema vía ahorro de costes, procesos innecesarios y eliminar el desperdicio, también nos aporta el valor añadido de mejorar la calidad de la atención y la seguridad del paciente.

También incluye una lista de técnicas y estrategias que se han utilizado en otros sectores:

Otras empresas han conseguido importantes logros en la mejora de la productividad con la incorporación de técnicas y estrategias. Por ejemplo. EFQM. Lean, Just in

Time, Kanban, Outsourcing, Offshoring, Six Sigma, BPR, SPC, Benchmarking, QFD, etc.

Además menciona otras áreas en las que se ha utilizado la metodología Lean:

Industria de plástico, editoriales, planta envasadora de lubricantes, empresa dedicada a la elaboración y comercialización de frituras, del sector sanitario.

¿Qué oportunidades se obtuvieron a partir del estado del arte?

Menciona problemas en general que suelen presentarse en las empresas, pero falta indicar qué se ha solucionado en las investigaciones anteriores:

A lo largo de la historia en el mundo de las industrias, nos hemos encontrado con el problema de la óptima producción y de las mermas debido a muchos factores como pueden ser la ineficiencia del personal, la mala estimulación hacia los empleados, falta de mantenimiento en la maquinaria y muchos otros problemas más.

Falta que relacione su idea con el estado del arte:

No contar con datos e interpretarlos correctamente es para los administradores como caminar en la oscuridad. Contar con los datos les ilumina, les permite ver lo que está aconteciendo y en consecuencia tomar las medidas más apropiadas.

¿Cuáles son sus límites?

Se puede observar que no identifica limitaciones en la metodología que propone:

La metodología y el modelo óptimo estadístico que se pretende implementar no parecen tener limitaciones ya que, la aportación de esta investigación es parte de un cúmulo de otras investigaciones que han sido usadas en distintas industrias con grandes resultados y es por esto mismo que, así como será usado en esta empresa podrá ser usado en algunas otras con características similares las cuales son mencionadas a lo largo del texto.

Especificar la innovación

Menciona que la metodología propuesta no se ha aplicado a la industria textil:

Una gran ventaja que se observó durante la investigación es que será la primera vez que se usará la metodología «Lean Production» en la industria textil, lo que permite dar una gran aportación a futuras personas interesadas tanto en la industria textil como posibles investigadores en el tema.

Sin embargo, en otra página del proyecto menciona el uso de la metodología que propone en dos ejemplos de la industria textil, por lo que se observa una contradicción:

Aplicación de Lean management al ciclo de maduración en una empresa industrial

Industria Haber's

Empresa 100% mexicana, líder en el mercado en la producción de trajes, se ha posicionado como una de las mejores empresas en el sector de la confección, a través de nuestras marcas: Robert's, High Life, Men's Factory, y las franquicias de Hugo Boss.

Desde hace más de 30 años grupo Haber's, se ha dedicado al diseño de prendas de vestir con altos estándares de calidad, nuestro prestigio es el resultado de un arduo trabajo, contamos con un grupo de profesionales altamente capacitados, y con la tecnología de punta necesaria para la confección.

Podemos satisfacer completamente cada uno de los requerimientos de nuestros clientes con productos de óptima calidad, tiempos de entrega oportunos y excelentes precios.

Empresa Cavalier

Dentro del crecimiento de la empresa, en el año 1972, se lleva a cabo la firma del contrato de licencia exclusiva con la marca francesa Christian Dior, logrando así colocarla como una de las marcas de más prestigio en el mercado nacional. Para el año 2006, Dior toma la estrategia comercial de retirar todas sus licencias a nivel global convirtiendo a Industrias Cavalier como su último licenciatario en el mundo.

En el año 1992, la empresa amplió sus actividades con la exportación de sus productos a EE.UU y Canadá. Actualmente, aproximadamente la mitad de nuestra producción se vende en estos países.

Argumentos

Para mostrar el valor epistemológico – No se encuentran argumentos al respecto, lo que indica como originalidad es la posibilidad de que mejore una empresa:

Por el momento lo único innovador que tiene mi trabajo se encuentra en los objetivos ya que aún no hay resultados. Uno de los más importantes es «Los recursos económicos y materiales que se obtendrán gracias a la prevención y revisión de calidad aportarán mayor prestigio a la empresa». El prestigio es algo fundamental para el crecimiento de cualquier empresa.

Para mostrar la viabilidad – Menciona las características que deben tener los usuarios de la metodología Lean:

La metodología que se expone ha sido aplicada, y por tanto se dirige, a plantas con las siguientes características: tamaño mediano [...] autonomía de gestión [...] actividad industrial [...] y nivel tecnológico medio [...]

Viabilidad económica: Servirá para estudiar informes sobre los factores de costo de un plan propuesto para la empresa X.

Viabilidad de mercado: El estudio de viabilidad de mercado ayudará a determinar si la ubicación es beneficiosa para la empresa X.

Viabilidad técnica: Este estudio analizará las posibles soluciones técnicas para garantizar que el sistema sea realizable en su eficacia para la empresa X.

Para mostrar las bondades de la propuesta – Compara lo que propone con lo más usado:

Los practicantes de ingeniería industrial han logrado determinar las causas de las pérdidas más representativas de los procesos y establecer medidas de mejoramiento para los mismos. El compromiso es seguir gestionando dentro de la

organización la planificación, aplicación de un modelo óptimo-estadístico, cumplimiento, análisis y retroalimentación constante de Lean Production en todos los aspectos industriales que rodean la organización. En primera instancia las herramientas de control y gestión de la calidad servirán para dar un diagnóstico de la situación actual de la empresa [...] el uso de estas herramientas es retroactivo ya que, se usan de forma periódica de principio a fin. Los modelos estadísticos [...] lo que más aporta a la investigación son los análisis de correlación lineal o no-lineal. Todo esto tiene bases con la media muestral/poblacional y la desviación estándar [...] Propuesta del modelo(s) Óptimo-Estadístico(s) para la mejora de calidad y producción de nuestros productos centrará una parte importante en la simulación para evitar pérdidas y tener noción del potencial que puede acarrear la aplicación de los modelos en la empresa de Trajes X [...] La clave de la optimización de BPM frente a las tecnologías tradicionales es la capacidad de abordar la optimización de procesos individuales en tiempo real, así como la capacidad para identificar los cambios estratégicos para los procesos empresariales; logrando eficientes unidades de valor a largo plazo y el ahorro de costes asociados.

Bosquejo de los métodos – Incluyó:

Objetivo.- La empresa X que se dedica a la fabricación de ropa, empleará y optimizará la producción por medio de modelos estadísticos que además se reflejarán en la calidad de dichos productos. Hipótesis de trabajo.- Utilizando el método simplex se verá un incremento en las ventas en un lapso de 6 meses. La mejora de la calidad y la innovación continua en la ropa hará que la empresa X incremente las ventas. Con la prueba de hipótesis de dos muestras pareadas se hará la comparación de la venta entre la ropa que ya se encuentra en el mercado y la de diseño nuevo. Disminuirá la merma de la mercancía ocupando la mayor cantidad de tela con el menor desperdicio posible. Mediante el método simplex se revisará la producción de los trajes de tal manera que la elaboración de las tallas de los clientes sean las más precisas y no halla rezago de ropa.

Los instrumentos que utilizará, según declara, son: Software: Excel, R studio, Lindo y Minitab 2.5. El procedimiento que propone es:

Recabar datos; analizar el plan de producción actual con las herramientas de administración (gráficos de control, Pareto, gráfico P, etc.), realizar un análisis estadístico; elaborar un nuevo plan de producción, el cual se pueda implementar a corto plazo y crear un modelo que simule las ventas y costos para poder optimizar las utilidades.

Las referencias que consultó son páginas de Internet de instituciones educativas, blogs de cursos e instituciones gubernamentales. En el producto entregado para esta segunda evaluación faltó indicar qué tipo de estudio haría, incluir la citación, las referencias y la ortografía.

Fundamento teórico – Describe qué son los modelos de optimización y la función que desempeñan con la conceptualización requerida, como: pronósticos de venta, promedio móvil y móvil ponderado, diagrama de causa-efecto o diagrama causal, hoja de verificación, gráfico de control, histograma, diagrama de dispersión y

muestreo estratificado. Posteriormente describe la idea de capacidad de un proceso y de la evaluación de los índices de capacidad con su clasificación; el mantenimiento de la calidad con sus principios; las herramientas de análisis en el mantenimiento de calidad y sus etapas. Para terminar, presenta la metodología Lean con los cinco principios rectores claves para implementarlo y algunos beneficios que se pueden obtener mediante el uso de dicha metodología.

En resumen, se tiene que en el protocolo completo el estado del arte siguió inconcluso, sin mostrar las oportunidades de intervención. La originalidad de su propuesta resultó mínima, puesto que consiste en aplicar en una empresa una metodología para el control de la calidad ampliamente utilizada en diferentes empresas. En sus respuestas a las preguntas de contextualización y validación expresó que tiene la expectativa de trabajar realizando análisis estadísticos, proponer modelos que optimicen hasta crear/renovar procesos, enfocado a beneficiar empresas micro; ya que el desarrollo de temas orientados a mejorar la calidad le permitirá aplicar muchas herramientas que obtuvo durante su formación académica. El curso de Sistemas de Calidad le permitió valorar su importancia en empresas en cualquier ámbito, para obtener reducción de mermas de recursos (monetarios, materia prima o tiempo), incremento en la utilidad, reconocimiento mundial, etc.

Caso 2

Es un estudiante con experiencia en el campo laboral, debido a que su familia posee una empresa y conoce la principal problemática que enfrenta. Mostró asiduidad y puntualidad en el curso, y la entrega de sus trabajos fue oportuna. Desde el inicio dio muestras de tener una motivación elevada para la realización del trabajo que, según expresó en sus respuestas a las preguntas de contextualización y validación, representa la oportunidad de aplicar la Econometría y la Simulación, herramientas que pueden complementarse y resolver gran variedad de problemas en los sectores industrial, financiero y de investigación. También pudo observarse que en el análisis de los documentos que revisó, identificó aportaciones y oportunidades para mejorar las investigaciones presentadas en ellos. Mencionó que le interesaba la realización del trabajo, porque elaborar el protocolo le aportaría elementos para mejorar:

La empresa en estudio es de mi familia, debido a que me fue sumamente interesante analizar el crecimiento económico que hemos tenido mediante el uso de estas herramientas, además de ayudarle a mejorar aspectos de los mismos. Noté que el uso de la simulación estadística y los procesos estocásticos son herramientas muy eficientes que se complementan.

¿Cuál es el tema?

El planteamiento del tema es breve y conciso:

Pronóstico de los ingresos de una empresa del sector transporte del año 2016 a 2020

¿Qué se hará?

Se observa que lo que propone es la realización de pronósticos para la toma de decisiones en una empresa:

Desarrollar una metodología capaz de dar pronósticos a corto, mediano y largo plazo, para una empresa dedicada al sector público a través de un modelo matemático, a fin de tomar la decisión de adquirir una nueva unidad para dar servicio público a finales del presente año, además de que la metodología y los modelos matemáticos deben ser adaptables a las necesidades de la empresa, para futuros cambios en las ganancias netas que obtiene diariamente la empresa durante los años comprendidos entre 2016 y 2020.

¿Cómo se hará?

Muestra conciencia de que lo que usará se conoce ampliamente en su área de estudio:

La aplicación de la Econometría y la Simulación, son dos herramientas las cuales pueden complementarse y resolver una gran variedad de problemas en todos los sectores industriales, financieros y de investigación, ya que siempre es necesario tener una perspectiva clara del futuro. Este método se basa principalmente en el uso de la simulación y las series de tiempo en la variante de los modelos RegARIMA, que es una clase especial de modelos de series de tiempo, cuando éstas presentan una tendencia muy marcada y reflejada en sus ingresos, en aplicación a un empresa dedicada al servicio público, en la cual es de suma importancia conocer los posibles escenarios a los que esta empresa puede enfrentarse, para así poder tomar decisiones cruciales que la empresa tiene planeada para los siguientes años.

¿Para qué se hará?

Se propone, además de mejorar el proceso para tomar decisiones en una empresa, aportar conocimiento. En este protocolo de investigación se propone una manera más eficiente para poder pronosticar las posibles fluctuaciones:

El proyecto puede aportar una metodología nueva y un nuevo enfoque en el arte de pronosticar, ya que el pronóstico a largo plazo, ha sido una de las grandes problemáticas de una empresa, debido a que es muy complicado conocer las posibles fluctuaciones que puede tener un modelo, y es cuando se recurre al análisis de regresión.

¿A qué se espera llegar?

Se reitera la intención de aportar conocimiento al campo:

Los resultados que puede arrojar esta investigación es un nuevo enfoque en el análisis de los procesos, ya que se puede obtener un estudio más completo acerca de fenómenos tan complejos como lo son las variables económicas, y que puede repercutir en la manera de estudio de variables muy complejas en otras ramas de la ciencia.

¿Qué existe sobre el tema?

Realizó la revisión de seis trabajos: tres protocolos para este mismo curso, realizados por estudiantes del año anterior; tres tesis de licenciatura, dos realizadas en México, una en la Capital de la República y una en el estado de Oaxaca, otra más en Argentina; y una tesis de maestría realizada en México. De ellas extrajo las aportaciones y limitaciones relacionadas con su proyecto, y las comentó. Por ejemplo:

«Muchas aplicaciones reales se han trabajado con series de tiempo y han obtenido muy buenos resultados. En general, cuando se tienen datos ordenados cronológicamente en el tiempo, resulta útil modelarlos aplicando estas herramientas. (Gonzales Sierra M.A. 2010)».

Evidentemente es porque las series de tiempo modelan bien las fluctuaciones del «futuro cercano». Es aquí donde las series de tiempo tienen su punto débil, porque en ocasiones es necesario tener una perspectiva a largo plazo del futuro del fenómeno para hacer planeaciones importantes que pueden repercutir en el éxito y fracaso de una empresa.

¿Qué oportunidades se obtuvieron a partir del estado del arte?

Indica que los dos modelos que pretende combinar se han utilizado de forma separada, y que de hecho uno de ellos, la Simulación, hace falta que se valore en las empresas:

Los modelos de simulación no han sido una herramienta explotada por las empresas debido a que no conocen el potencial que tienen estos modelos con la «imitación de la realidad», además la recolección de estos datos para poder realizar un análisis econométrico mediante el uso de series de tiempo con tendencia, es un amplio campo el cual no se ha estudiado con cuidado.

Las series de tiempo y la simulación deben de ser herramientas complementarias, que se deben utilizar en la empresa por las necesidades que se tienen día con día de tener una panorámica del futuro para la toma de decisiones. Como se ha visto, la aplicación de estos dos grandes temas en la Economía es un terreno inhóspito, del cual se puede obtener mucha información valiosa.

¿Cuáles son sus límites?

No incluyó las limitaciones que puede presentar su propuesta: el porqué de la investigación como conclusión al estado del arte.

Se observa un interés por compartir el conocimiento que genere el trabajo de investigación que propone:

El producto de la investigación es la creación de nuevo conocimiento. Este nuevo conocimiento puede ser luego difundido a través de la docencia en las salas de clases, como ejemplo de la aplicación de las matemáticas, más específicamente de la aplicación de la Simulación y la Econometría.

De igual forma se pretende que el resultado de la investigación tenga contacto con actividades de asistencia técnica, o sea presentada en conferencias y otros foros;

también puede servir de base a otros proyectos de investigación, puede ser aplicado para solucionar problemas dentro del territorio nacional.

El desarrollo de este trabajo plasmará una forma más segura de manejar los flujos de efectivo dentro del país, por lo que sí este trabajo llega a tener un gran impacto, puede mejorar de manera considerable la economía del país, debido a que siempre se estarán tomando buenas decisiones en cadena.

Especificar la innovación

Muestra claridad en lo que su trabajo aportará:

Más específicamente, el producto de la investigación dejará como resultado una nueva metodología en el arte de pronosticar, dejará un nuevo enfoque en el desarrollo de métodos que tengan que ver con el pronóstico de corto, mediano y largo plazo.

Argumentos

Para mostrar el valor epistemológico – Incluye argumentos relacionados con la aportación de su trabajo al área de conocimiento correspondiente:

Este trabajo dará una nueva metodología y un nuevo enfoque en el arte de pronosticar, debido a que trabajar con pronósticos, implica seguir muy de cerca el desarrollo de los mismos, además la metodología que se desarrollará, permite actualizar el modelo de manera continua para arrojar futuros pronósticos más certeros; también permite ajustar la variación del fenómeno frecuentemente mediante los cambios de parámetros del modelo de simulación, es decir los pronósticos requieren de datos que alimenten el modelo para actualizarlo y conocer cuál es el que da mejores resultados.

Trabajar desde una perspectiva diferente, ocupando diversas herramientas matemáticas para conjuntar un método capaz de hallar los futuros escenarios en los que un fenómeno se puede encontrar. En ocasiones es necesario tener una perspectiva más profunda del futuro desarrollo del fenómeno, es decir conocer la variación que un fenómeno puede tener a un intervalo de tiempo mayor, es ahí donde la metodología a desarrollar dará solución a este problema a partir de la constante mejora de modelos, para pronosticar a corto plazo con ayuda de la simulación, para conocer los diferentes escenarios a los que el fenómeno se va a encontrar.

Los analistas financieros y estadísticos (por mencionar algunos), podrán ocupar esta metodología para tomar decisiones y conclusiones de una manera más eficiente. El desarrollo de este trabajo puede dar una alternativa al problema de encontrar pronósticos certeros a mediano y largo plazo, que no se ha desarrollado completamente.

Para mostrar la viabilidad – Conoce la empresa y por lo tanto utiliza argumentos de costos y de necesidades formativas para el personal. Menciona el bajo costo, comparado con la potencialidad predictiva:

Realmente, llevar a cabo el proyecto es muy viable y sobre todo muy económico, debido a que solo será necesario adquirir un equipo de cómputo donde se llevará a

cabo todo el proceso, ya que la empresa contempla todo el uso de papelería debido a que ellos tienen registros de sus entradas y salidas de efectivo netas; además de que el software empleado es gratis y entonces se reduce aún más, porque no es necesario adquirir alguna licencia para poder ocupar todo el potencial que presenta R; además contemplan el uso de Internet a fin de una más extensa comunicación con todo el personal de la empresa y los clientes por medio de los teléfonos celulares.

El entorno de programación de R es un lenguaje fácil de entender y muy práctico por lo que las capacitaciones al dueño de la empresa, deberá ser entendida rápidamente.

Como podemos observar el proyecto es muy económico y tiene una enorme eficacia en la hora de tomar las decisiones en la empresa, ya que solo se realiza una inversión y el mantenimiento del equipo no genera costo alguno.

Bosquejo de los métodos – Describe qué usará y explica los motivos de su elección:

Iba a ocupar los modelos integrados en los modelos de series de tiempo, pero finalmente no se ocupó debido a que estos modelos no atrapaban de manera eficiente las variaciones del fenómeno.

- Metodología Box-Jenkins: Pronósticos a corto plazo
- Software R: Realizar la validación e implementación del modelo de serie de tiempo y realizar el modelo de simulación propuesto con sus respectiva validación.
- Base de datos en Excel: Recolección de datos para posteriormente leerlos desde el software R.

Fundamento teórico – Menciona que utilizará: series de tiempo estacionales; distribución normal; modelos auto-regresivos con medias móviles; teorema del límite central; pruebas de hipótesis; regresión lineal de dos variables; modelos discretos y continuos.

Caso 3

Es una estudiante que realizaba su servicio social con opción a elaborar tesis en una escuela del área de ciencias biológicas, de manera paralela al curso en el que se realizó la presente investigación. Este hecho le permitió contar anticipadamente con un objetivo elaborado previamente por ella y su asesor para la realización del protocolo. Desde el inicio dio muestras de tener una motivación elevada para la realización del trabajo, que era, según expresó en sus respuestas a las preguntas de contextualización y validación, la importancia de relacionarse con otras ciencias, de forma que el conocimiento obtenido sea más completo y contundente.

Mencionó que la interdisciplinariedad en los temas es importante para poder desarrollar nuevas tecnologías fundamentadas en diversas áreas; y para ella era importante encontrar la solución de problemas reales y no solo suposiciones.

¿Cuál es el tema?

El título que dio a su trabajo fue:

Análisis matemático y de imagen de la microestructura en distintas variedades de manzana a través de técnicas de microscopía

¿Qué se hará?

Se puede observar que tiene un objetivo claro:

Estudiar y comparar a través de análisis de imagen la microestructura de tejido de manzana de diversas variedades nacional e internacional (México var. Golden Delicious, Red Delicious y Estados Unidos var. Washington, Granny Smith) a través de distintas técnicas de microscopía y de análisis de textura mecánica.

¿Cómo se hará?

La propuesta metodológica estaba muy estructurada:

La metodología se buscó que fuera integral ya que no solo era analizar cualitativamente los fenómenos o imágenes, sino que también se observaba la parte cuantitativa y cómo se fundamentaba con las otras ciencias, para que cuando se realice, los resultados sean más concisos e integrales.

La metodología propuesta para este protocolo es la siguiente:

- Microscopía óptica: análisis de las características de tejido y célula de cada manzana
- Análisis fisicoquímico: (peso, volumen y acidez titulable). Nos permitirá ubicar el estado de maduración y qué características físicas tienen nuestras manzanas que escogimos.
- Colorímetro: Nos permite identificar el color que tiene la manzana y relacionarlo con su estado de maduración.
- Microscopía electrónica de barrido ambiental: nos permite reafirmar las características microestructurales vistas en la microscopía óptica. Además relacionar el análisis de imagen con la porosidad y la firmeza de cada manzana.

¿Para qué se hará?

Muestra estar convencida del impacto que puede tener su trabajo en la calidad del producto:

Esta información podría ser de utilidad para el control de calidad en la clasificación de las variedades de manzana. El análisis de la microestructura de la manzana puede beneficiar a los productores, ya que, si los mismos conocen cómo es la manzana en la parte micro y cómo afecta a sus características macrofísicas, pueden controlar la forma en que realizan la cosecha de este producto. Con ello podrán mejorar la calidad del producto en las características que son requerimientos de satisfacción del consumidor, como son firmeza, crujencia, color, etcétera.

¿A qué se espera llegar?

Muestra claridad en el aporte de su trabajo al conocimiento:

Es un trabajo muy completo que no solo se basa en la parte matemática del objeto estudiado, sino también analiza su microestructura en diferentes áreas como biología,

química, computación y microscopía. Lo que permite que sea real ya que toman en cuenta todo lo que constituye el objeto, además de que los recursos que necesitamos son mínimos debido a que el Instituto tiene los diversos microscopios que se necesitan en la investigación, por lo cual es económico el trabajo

¿Qué existe sobre el tema?

Realizó la revisión de una tesis de licenciatura; 30 artículos de revistas científicas; dos libros; tres páginas de Internet de organizaciones, una mundial y dos nacionales; y una página para detalles técnicos del equipo. Utilizó algunas referencias para construir el estado del arte. Lo más relacionado con su trabajo fue:

En otros estudios propiamente en manzanas con microscopía óptica se encontró como varía la morfometría de la manzana a lo largo de su tiempo de vida, donde se descubrió que hay una compresión en las células debido a la disminución del agua. Estos hechos se confirmaron en el estudio a través de los datos obtenidos de la microscopía. Los datos fueron analizados mediante histogramas y análisis estadístico donde concretaron las conclusiones dichas anteriormente. (OEY, 2007).

Uno de los primeros pioneros en microscopía electrónica de barrido ambiental (MEBA) en manzanas fue Chen (2006), quien realizó experimentos para ver los cambios microestructurales en las manzanas y a partir de sus datos encontró que el tejido de manzana tiene mayor porosidad en su forma natural, comparado con otras frutas y vegetales. Esto se debe al contenido de agua que se encuentra en el tejido. Otro tipo de microscopía es la Microscopía de electrónica de barrido (MEB), que fue ocupada para poder evaluar y relacionar atributos de la manzana como la crujencia, esponjosidad, dureza y jugosidad. Todos estos atributos se relacionaron con las características de microestructura de la manzana que fue observada a partir del (MEB). Con estas correlaciones pueden ser cuantificadas y entender las diferencias en la textura de la manzana. Así mismo se pueden identificar los cambios de microestructura. (ALLAN-WOJTAS, 2003)

En 2015 se realizó un estudio de manzanas ocupando el sistema de visión por computadora, fue ocupado para encontrar defectos en las manzanas, tomando un nuevo método para la detección automática de manzanas defectuosas combinado con la corrección automática, el número del candidato defecto, conteo región y la máquina de relevancia. El estudio concluyó que el algoritmo propuesto es eficiente y adecuado para la detección de manzanas con defectos. (ZHANG, 2015).

En algunos de los artículos revisados encontramos la forma de poder cuantificar la porosidad de la fruta (ϵ) la cual se calcula con los valores de ρ_b y ρ_s que son la densidad aparente (ρ_b) que se determina midiendo el volumen de la muestra por el desplazamiento, usando un picnómetro con agua como líquido de referencia. La densidad de sólido-líquido (ρ_s) que se mide la pulpa de la muestra, donde se homogeneiza a fin de eliminar los poros y el aire. Y a partir de estos valores se calcula la porosidad de la fruta (ϵ) ecuación: (NIETO, 2004) (YAN, 2008)

La firmeza específica de la manzana está relacionada con otras características de calidad (rigidez, porcentaje de jugo, contenido de sólidos solubles, valorables acidez, parámetros de color rojo de fondo y lateral). Estas características al ser controladas nos dan como resultado una mayor crujencia, firmeza y aumento en el

jugo de manzana (RIZZOLO, 2010). Algunos estudios han realizado una comparación entre 2 variedades de manzana (Granny Smith y Golden Delicious) durante un almacenamiento de 30 días, encontraron que la variedad Granny Smith tiene una mayor firmeza durante todo el periodo. Además de observar que la acústica y la firmeza son una relación directamente proporcional que disminuye conforme pasa el tiempo. (CEN, 2013).

El color también es una prueba para los consumidores de calidad por lo que se busca investigar de ciertos tratamientos para manzanas con el fin de mejorar el color y puedan ser seleccionadas. Uno de los tratamientos es a partir de aminoácidos como Aminoetoxivinilglicina donde pudieron concluir que este tipo de tratamientos son una herramienta que permite mejorar el color de la manzana en específico de la variedad Crip's Pink. (WHALE, 2008).

¿Qué oportunidades se obtuvieron a partir del estado del arte?

Ella pudo observar que hacía falta combinar estudios para contar con una información más completa:

Existen actualmente diversos estudios de manzana que se relacionan con técnicas de microscopía, con la dimensión fractal, porosidad y procesamiento de imagen. Estas herramientas ayudaron a elevar la calidad de la manzana; sin embargo no han sido conjuntadas en un mismo estudio, validadas desde un punto de vista matemático y que además correlacione con otras especies de manzana. Por lo cual, esta investigación busca aplicar las herramientas anteriormente descritas para un solo estudio.

¿Cuáles son sus límites?

Ella menciona otros posibles estudios, pero comenta que eligió los más significativos:

Solo se enfocará a la microestructura de las manzanas con los parámetros morfométricos, en la parte de macro-estructura se relacionará solo con la porosidad, firmeza y color de la manzana. Se tomaron estas únicas características, debido a que con ellas se puede generalizar el comportamiento de una manzana durante su estado de consumo y almacenamiento. Además tomando en cuenta que es un poco ambicioso el trabajo porque tomamos cuatro variedades podemos asegurar que con los estudios y características evaluadas será suficiente y contundente el resultado.

El porqué de la investigación como conclusión al estado del arte:

Esta investigación podría proveer de un marco matemático o estadístico computacional en el ámbito de microscopía y análisis de imagen dando otro enfoque a las biociencias que es necesaria con el fin de entender este tipo de sistemas. Con los datos obtenidos podemos encontrar la relación de cada manzana con su textura, resistividad y aceptación de los consumidores. Por lo tanto, este estudio podría proporcionarle una visión general de cómo los parámetros morfométricos, espacios intercelulares y la porosidad de las células de manzana influyen en toda la estructura y consistencia de la fruta. Por lo que esta información podría ser de gran utilidad para el control de calidad en la clasificación de las variedades de manzana.

Especificar la innovación

Muestra claridad en lo que su trabajo aportará:

Es innovador debido a que no se ha realizado un trabajo que conjunte diversas ciencias y que se aplique en las variedades de un mismo fruto. Además de conjuntar diversas técnicas de microscopía que ayudarán a entender las conclusiones finales, y que permitirá a personas de otras áreas poder conjuntar el conocimiento con mayor entendimiento. Lo que conlleva a que sea un trabajo integral que permite dar otra visión y forma de realizar investigaciones.

Argumentos

Para mostrar el valor epistemológico – Incluye argumentos relacionados con la aportación de su trabajo al área de conocimiento correspondiente:

Existen actualmente diversos estudios de manzana que se relacionan con técnicas de microscopía, con la dimensión fractal, porosidad y procesamiento de imagen. Estas herramientas ayudaron a elevar la calidad de la manzana; sin embargo no han sido conjuntadas en un mismo estudio, validadas desde un punto de vista matemático y que además correlacione con otras especies de manzana. Por lo cual esta investigación busca aplicar las herramientas anteriormente descritas para un solo estudio. Los microscopios que se utilizarán en esta investigación se encuentran actualmente en las instalaciones del IPN-ENCB (Escuela Nacional de Ciencias Biológicas) Zacatenco lo que facilitará poder realizar los experimentos correspondientes con un menor costo.

Esta investigación podría proveer de un marco matemático o estadístico computacional en el ámbito de microscopía y análisis de imagen, dando otro enfoque a las biociencias que es necesaria con el fin de entender este tipo de sistemas. Con los datos obtenidos podemos encontrar la relación de cada manzana con su textura, resistividad y aceptación de los consumidores. Por lo tanto, este estudio podría proporcionarle una visión general de cómo los parámetros morfométricos, espacios intercelulares y la porosidad de las células de manzana influyen en toda la estructura y consistencia de la fruta. Por lo que esta información podría ser de gran utilidad para el control de calidad en la clasificación de las variedades de manzana.

Para mostrar la viabilidad – Está consciente de que recibirá el apoyo del laboratorio en el cual está realizando su servicio social y tesis:

Los microscopios que se utilizarán en esta investigación se encuentran actualmente en las instalaciones del IPN-ENCB (Escuela Nacional de Ciencias Biológicas) Zacatenco lo que facilitará poder realizar los experimentos correspondientes con un menor costo.

Discusión

A partir de la comparación en el desempeño de los tres casos, se construyó una tabla en la que se presenta, como primer elemento a comparar, la especificación de

la innovación, y en las siguientes filas, los indicadores que se tomaron para caracterizar el uso de la sensibilidad:

Tabla 3. Comparación de los casos

Elemento a comparar	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Comparación
Especificación de la innovación.	Aplicar la metodología Lean en una empresa que no la ha utilizado.	Combinar el uso de las series de tiempo y la simulación para mejorar la toma de decisiones.	Integrar en un mismo estudio diferentes técnicas aplicadas a variedades de un mismo fruto.	Los tres casos muestran claridad en la aportación que puede lograr su proyecto. En el caso 1, solo usar un proceso existente en un lugar que no se conoce. En el caso 2, combinar dos estrategias para mejorar un proceso.
Conocimiento del campo laboral.	No contaba con ella.	Lo adquirió en una empresa de su familia.	Lo fue adquiriendo paralelamente al curso, realizando servicio social en un laboratorio de investigación.	El caso 1 no expresó elementos que permitan inferir que conoce el campo laboral. Los casos 2 y 3, sí.
Motivación	Obtener una calificación aprobatoria del curso (entregó los trabajos que no daban lugar a calificación solo cuando se marcó que eran requisito obligatorio).	Propiciar un crecimiento en la empresa familiar. Aportar nuevo conocimiento a la econometría.	Relacionarse con otras ciencias (curiosidad científica); aportar conocimiento nuevo mediante el trabajo interdisciplinario; mejorar la producción de un alimento que se cultiva en México.	El caso 1, ante la entrega de trabajos mostró elementos para identificar motivación extrínseca. Los casos 2 y 3 expresaron ideas que muestran motivación intrínseca.

	Aplicar a un caso real lo visto en un curso.			
Qué utilizará	Modelos de optimización y estadísticos más comunes en conjunto con la metodología Lean.	Aplicar los procesos estocásticos y la simulación estadística combinadas.	Análisis físicoquímico. Microscopio óptico. Algoritmo Mexican Hat. Color y colorímetro. Microscopía electrónica de barrido ambiental. Dimensión fractal.	Los tres incluyen un sustento teórico estructurado.
Revisión para identificar oportunidades de investigación sobre el tema.	Siete tesis de licenciatura y de posgrado, de las que extrajo la idea de las bondades de la metodología Lean.	Seis tesis de licenciatura y de posgrado, de las que extrajo las principales aportaciones, y una oportunidad de aportar; la combinación de dos formas de pronosticar, una a largo y otra a mediano plazo.	Una tesis de licenciatura; 30 artículos de revistas científicas; dos libros; tres páginas de Internet de organizaciones, mundiales y nacionales y una página para detalles técnicos del equipo. De ello observó que podía aportar una integración de varias técnicas para mejorar la calidad de las manzanas.	Los tres casos revisaron trabajos suficientes para el alcance del curso, pero el caso 1 no expresó aportaciones ni oportunidades.
Argumentación para mostrar el	Aporta objetivos	La combinación	Integración de técnicas y	El caso 1 no incluye

valor epistemológico.	para los que no hay resultados.	que propone permite tener una perspectiva más profunda del futuro desarrollo de un fenómeno.	validación desde un punto de vista matemático, correlacionando distintas especies de dicho fruto, para mejorar la calidad.	argumentos; los casos 2 y 3, sí.

De la tabla puede verse que el nivel de innovación observado en los protocolos de los casos 2 y 3 es mayor que en el caso 1. Las diferencias que se pueden observar a partir de los datos obtenidos durante el curso son:

Conocimiento del campo laboral/ motivación

Caso 1: No sabía qué tema elegir, le resultó difícil decidir y terminó por aplicar el contenido de uno de los cursos que realizaba de manera paralela con el que analizó en esta investigación. Entregaba trabajos cuando aportaban elementos de juicio para la aprobación del curso, de lo que se puede inferir que su motivación era extrínseca.

Caso 2: Expresó que su familia tiene una empresa en la que él aporta sus conocimientos para la toma de decisiones con base en pronósticos, buscando encontrar un método novedoso para ello. Se pueden encontrar motivos extrínsecos, como mejorar la economía familiar; e intrínsecos, como aportar conocimiento a la econometría, lo que se relaciona con uno de los bienes internos de la profesión que estudia.

Caso 3: Declaró desde el inicio que deseaba realizar el trabajo del curso con el tema que desarrollaría en su servicio social, el que sería en un laboratorio de alimentos. Le interesaba trabajar de manera interdisciplinaria y su proyecto podría beneficiar a los productores de manzana. Se pueden encontrar dos motivaciones intrínsecas, la primera relacionada con su desarrollo personal y la segunda con uno de los bienes internos de la profesión que estudia.

Qué utilizará

En el caso 1, una metodología conocida y probada en ciertas empresas; los casos 2 y 3 combinarán metodologías para encontrar una mejor forma de lograr el resultado obtenido.

Revisión para identificar oportunidades de investigación

En los tres casos se revisaron referencias. El caso 1, para aprender más sobre la metodología a utilizar; los casos 2 y 3, buscando diferentes metodologías para elegir de cuales podían extraer más información para su proyecto.

Argumentación para mostrar el valor epistemológico

Lo que presenta el caso 1 como argumento no contiene elementos de los textos argumentativos, puesto que no aportará un nuevo conocimiento al campo. Los casos 2 y 3 afirman que con su trabajo aportarán al campo, y los argumentos se fundamentan en una comparación de lo que existe actualmente para resolver problemas similares a los que plantean, y lo que pretendían realizar.

Las citas bibliográficas se relacionan al final del artículo por orden alfabético de apellidos. Para las citas se aplican las normas APA. Las referencias bibliográficas corresponden a menciones hechas en el texto. Dentro del texto las referencias se indican entre paréntesis, el/los apellido/s de los/las autores/as y el año de publicación, separados por una coma. Cuando el nombre del autor aparece explícitamente en el texto, se pone el año del trabajo entre paréntesis.

Conclusiones y/o posibles usos

En los resultados puede observarse que el conocimiento del campo laboral favorece el desarrollo de la sensibilidad a los problemas que se presentan y su impacto social. Si se relacionan con las razones que motivaron la elección del tema, puede verse que en los casos en que hubo una aportación al conocimiento del campo, en el discurso había elementos que se vinculan de manera inmediata con alguno de los bienes internos de la profesión que estudian, lo que lleva a la reflexión ética de la profesión.

Otro elemento que puede favorecer el desarrollo de la sensibilidad, es la habilidad para realizar crítica científica a documentos que muestren resultados de investigación, identificando aportaciones originales del mismo y oportunidades para continuar.

En conclusión, se puede afirmar que los proyectos que alcanzaron un mayor nivel de innovación, son de estudiantes que tienen conocimiento del campo de trabajo de su profesión, obtenida mediante la participación en actividades laborales de interés o de la integración en proyectos de investigación, ambos con impacto social; y que además podían distinguir oportunidades de avanzar en el tema de investigación mediante la crítica científica, realizada al elaborar el estado del arte para el planteamiento del problema.

Propuesta

Para la formación de ingenieros innovadores es indispensable que los egresados sean capaces de plantear problemas de investigación creativos. Una de las vías para la formación de la creatividad es el desarrollo de la sensibilidad hacia los problemas del área de conocimiento correspondiente, lo que puede favorecerse mediante el conocimiento del campo profesional, de manera que exista un compromiso con el desarrollo del mismo; y la habilidad para realizar crítica científica, de forma que puedan identificar oportunidades de intervenir. Para relacionar estos

dos elementos, se recomienda la realización de proyectos de investigación abiertos, para que los estudiantes tengan la necesidad de construir su pregunta de investigación a través de la crítica a documentos científicos, e identificar el impacto social que tendrá su proyecto, previo acercamiento al campo laboral de la profesión para la que se forman. Con esto se puede obtener un plus, puesto que los estudiantes tendrán un primer contacto con los bienes internos de la profesión, que podría utilizarse para la reflexión ética que lleve a la construcción de un código deontológico consensuado e interiorizado, de su profesión.

Referencias

- Bartolomé, Antonio. (2004). Blended Learning. Conceptos básicos. Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación, 23, pp. 7-20.
- Bunge, Mario. (2004). La investigación científica: su estrategia y su filosofía. Siglo XXI, 3ª edición.
- Camarena, Patricia & González, Luz, Educación Artística y Matemática en el Contexto de las Ciencias, *Memorias de la XIV Conferencia Interamericana de Educación Matemática*, V. 13: Nuevos enfoques y relación con otras áreas. 105-115, Chiapas, México 3 a 7 de mayo (2015)
- Errázuriz, Luis Hernán (2006). Desarrollo de la sensibilidad estética: un desafío pendiente en la educación chilena. Santiago de Chile: Universidad Católica. (Versión digital descargable en: <https://es.scribd.com/document/123993874/ERRAZURIZ-Sensibilidad-estetica>)
- Garza Rivera, R. G. (1999). La enseñanza de las ciencias básicas en la formación de ingenieros. *Ingenierías*, 2(5), 55-58.
- González A. L.M. y González V. A., Diagnóstico para la formación de la creatividad en ingenieros, En: *XXI Memorias de extensos de la Reunión Nacional Académica de Física y Matemáticas*, 24-26 de agosto de 2016, PP. 368-374.
- González A.L.M., El Cascanueces y sus cascacocos. Una obra de teatro infantil de divulgación matemática, *Memorias de la XX Reunión Nacional Académica de Física y Matemáticas*. 17-24, Ciudad de México, México 11 a 13 de noviembre (2015).
- González, C.M., Aguilar, Z.J., & Gardoni, M. Triz, the systematic creativity strategy, used in multidisciplinary product design teams. *DYNA*, 83(6). 337-352 (2008). Obtenido el 16 de junio de: <http://www.revistadyna.com/busqueda/la-estrategia-de-creatividad-sistematica-triz-con-equipos-multidisciplinares-de-diseno-de-producto>
- Hernández, S. R., Collado, C. F., & Lucio, P. B. (1996). Metodología de la investigación (6ª edición). Edición McGraw-Hill. México ISBN: 978-1-4562-2396-0
http://www.bdigital.unal.edu.co/view/subjects/37.html#group_C

- Ibar, J. A. (2001). La educación artística, clave para el desarrollo de la creatividad. N. O. de Alarcón (Ed.). Ministerio de Educación.
- Cuellar J.A. & Effio, M.S. Orientaciones Pedagógicas para la Educación Artística en Básica y Media. Ministerio de Educación Nacional. Viceministerio de Educación Preescolar, Básica y Media. Bogotá D.C. Colombia. ISBN: 978-958-691-395-9, 2010. [Documento en línea] obtenido el 7 de julio de 2014 de: www.colombiaaprende.edu.co/html/home/1592/articles-173456_archivo1.pdf
- Jorba, J., & Casellas, E. (Eds.). (1997). La regulación y la autorregulación de los aprendizajes: volumen I. Síntesis. Pp. 21-24
- Kawulich, B. (2006). La observación participante como método de recolección de datos [82 párrafos]. *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research* [On-line Journal], 6(2), Art. 43, <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0114-fqs0502430>.
- Laime, P. M. C. (2005) La creatividad: un enfoque cognitivo integrativo, en: *Cultura*, Año XXIII, No. 19. Universidad San Martín de Porres. Facultad de Ciencias de la Comunicación, Turismo y Psicología. Perú. Obtenido el 9 de mayo de 2016 de: http://www.revistacultura.com.pe/revistas/RCU_19_1_la-creatividad-un-enfoque-cognitivo-integrativo.pdf
- Lechuga, J.A. (2016) Curiosidad científica, otro nombre de la creatividad. Diario de Yucatán (31 de julio de 2016) Recuperado el 26 de septiembre de 2016, de <http://yucatan.com.mx/merida/curiosidad-cientifica-nombre-la-creatividad#sthash.wNFK1iDk.dpuf>
- Manual de Oslo. Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación. OECD. Tragsa, 3ª edición. Eurostat. 205-211
- Ortega, C. ¿Qué es la educación artística? en: *Apuntes de la Especialidad en Educación Artística*. Escuela de las Culturas - Centro de Altos Estudios Universitarios OEI. 2014.
- Pita, S., & Pértegas, D. S. (2003). Pruebas diagnósticas: Sensibilidad y especificidad. *Cad Aten Primaria*, 10, 120-124.
- Rodríguez, J.; Ferruzca, M.; Göbel, A. Indicadores para conocer mejor la creatividad, diseño e Innovación en México. Universidad Autónoma Metropolitana, México. 2015. Documento obtenido el 21 de marzo de 2017 de: http://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/2378/Indicadores_para_conocer_mejor_la_creatividad.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Romo, M. (1986). Treinta y cinco años del pensamiento divergente: teoría de la creatividad de Guilford. *Estudios de psicología*, 7(27-28), 175-192. Pp. 175-192.
- Ruiz, E. (2004). Las nuevas tareas de los ingenieros en las industrias manufactureras: Hacia la desprofesionalización de la ingeniería. *Perfiles educativos*, 26(104), 57-78. Recuperado en 26 de septiembre de 2016, de

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-26982004000300004&lng=es&tlng=es.

- Ruiz, C. E. (2000) Educación por el arte, de H. Read. En: *Revista Aleph* (114). pp. 77-94. ISSN 0120-0216. Obtenido el 8 de marzo de: Biblioteca Digital de la Universidad Nacional de Colombia
- Soto, I. B. R. (2011). Investigación científica e Investigación tecnológica como componentes para la Innovación: Consideraciones técnicas y metodológicas. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, (2011-08).
- Stake, E.R. Investigación con estudio de casos. Madrid, Morata, 1998.
- Tobón, S. (2008). La formación basada en competencias en la educación superior: el enfoque complejo. México: Universidad Autónoma de Guadalajara. P. 5
- Torres, J., Acevedo, D., & Montero, P. (2016). Proyectos de Aula Semestrales como Estrategia Pedagógica para la Formación en Ingeniería. *Formación universitaria*, 9(3), 23-30. Recuperado en 16 de junio de 2016, de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50062016000300004&lng=es&tlng=es. 10.4067/S0718-50062016000300004.
- Wigodsky, T. Creatividad e intuición: interpretación desde el mundo empresarial. Documento de Trabajo, Centro de Gestión. Social Science Reserch Network. 2005, n.75 Recuperado el, 15 de mayo de 2016 de: <http://www.dii.uchile.cl/~ceges/>

Percepción y lenguaje en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias: el caso de la noción de función en el campo de las Matemáticas

Ríos Jarquín Diana Wendolyne, Luz María de Guadalupe González Álvarez, Erick Lee Guzmán

Escuela Superior de Física y Matemáticas, Instituto Politécnico Nacional

*-¿Tratan las matemáticas de signos escritos?
Tampoco como el ajedrez trata de figuras de madera.-
Wittgenstein, Gramática filosófica (1931-1934).*

La problemática del estudio

Este trabajo surge como parte del proyecto “Formación y desarrollo de la creatividad en la ciencia” que actualmente se desarrolla en la Escuela Superior de Física y Matemáticas. Dentro de éste se hace un acercamiento a uno de los elementos principales de la formación de la creatividad, la percepción.

Entendemos como percepción el primer acercamiento directo con el mundo que nos rodea, y éste nos provee de herramientas para llevar a cabo la interpretación del mundo. Sin embargo, el proceso no termina aquí, los seres humanos reinterpretemos el mundo a través del lenguaje, y es ahí donde nace el interés de esta investigación, ya que este elemento juega un papel muy importante en la enseñanza de la Matemática.

Así, para fundamentar este estudio se tomaron en cuentas dos variables de gran importancia en el lenguaje de las matemáticas: las semánticas y las sintácticas; y se seleccionaron dos teorías: la “Teoría de los campos conceptuales” de Gerard Vergnaud y la “Teoría de las representaciones semióticas” de Raymund Duval, respectivamente.

Realizar un estudio en donde pudieran verse ambos tipos de variables requería considerar un objeto matemático que no sólo tuviese representaciones diversas, sino que además debía tener diversidad de interpretaciones dentro y fuera de la matemática misma. Por esto, al hacer el análisis del programa de estudios de la Licenciatura en Física y Matemáticas se encontró la noción de función, que se ubica de manera transversal en la mayoría de las asignaturas de los primeros cuatro semestres (tronco común), si no es que en todas. Además, después de un recorrido histórico por su origen epistemológico fue posible ver cómo, desde su origen, esta noción estuvo cargada de transversalidad, sobre todo en disciplinas distintas a la Matemática.

El objetivo de este trabajo es evidenciar la necesidad de extender las consideraciones teóricas y didácticas de la enseñanza de la noción de función, en el campo de la matemática, tomando en cuenta el elemento percepción,

considerando a éste un articulador de las interpretaciones y reinterpretaciones del objeto matemático función, que en el marco de la creatividad, resulta de suma importancia para potencializar las habilidades y conocimientos de los estudiantes de la licenciatura.

1. ¿Cómo estudiamos el lenguaje?

El estudio del lenguaje de la Matemática conlleva a considerar dos aspectos sumamente importantes de éste, la función comunicativa que ejerce dentro y fuera de la Matemática, y su naturaleza fundamentalmente simbólica. Para esto, se estudiaron las dos variables más importantes en el lenguaje de las matemáticas: variables sintácticas asociadas a las reglas, procedimientos, algoritmos y obstáculos del lenguaje matemático; y variables semánticas entre las que se encuentran la funcionalidad y el significado de las expresiones matemáticas (Giménez, 1994, p. 58).

1.1 Sintaxis del lenguaje matemático y el enfoque de la teoría de las representaciones semióticas

Dada su naturaleza intangible, los objetos matemáticos se interpretan y manipulan a partir de representaciones semióticas en un contexto de representación, por ello es importante identificar las propiedades de transformación y procesamiento de las representaciones en cada uno de estos contextos.

Duval (2006) menciona que las transformaciones dependen del sistema semiótico de representación en el que se producen éstas. Así, de aquí en adelante, distinguiremos dos clases de transformaciones de representaciones semióticas: la *conversión* y el *tratamiento*.

Por un lado, la *conversión* es una transformación vinculada con un cambio de registro semiótico, por ejemplo: del registro de representación numérico (tablas de datos) al registro de representación gráfica o figural (gráficas); y el *tratamiento* está relacionado a las transformaciones que se hacen dentro de un mismo registro de la representación, como es el caso de la factorización dentro del registro algebraico. Ilustraremos estas dos operaciones cognitivas a través de un esquema, en el que se plantea un enunciado en el lenguaje natural, y posteriormente se interpretan las transformaciones con lo que significan en el contexto del objeto matemático, una relación lineal:

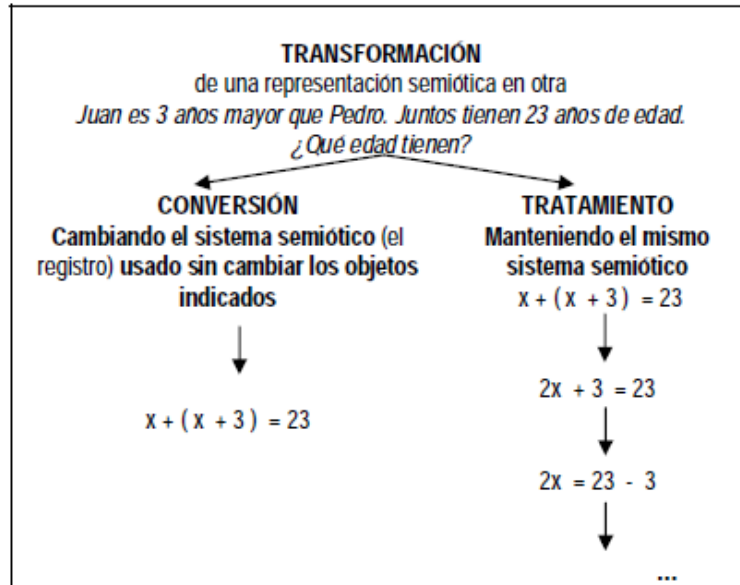


Figura 1. Transformación de registros semióticos³⁸

El uso de estas transformaciones puede ser de gran utilidad para los estudiantes, pues no sólo facilitaría la manipulación de los objetos matemáticos de una forma más eficaz, sino que también potencializaría los conocimientos que se adquieren en el nivel superior.

Por otra parte, existen otras operaciones cognitivas asociadas a la semiótica de las ciencias: visión y visualización. En el contexto de las ciencias naturales, la visión se entiende, ya que proporciona el acceso directo a algún objeto físico, de aquí que la percepción juegue un papel muy importante, pues: “no hay nada más convincente que aquello que puede ser visto”, así la visión parece brindar una inmediata aprehensión de objetos o situaciones. En el caso de la Matemática, la visualización es la que proporciona el puente entre los objetos matemáticos y sus representaciones, debido a la naturaleza abstracta de dichos objetos (Duval, 1999, p. 12).

Sin embargo, en la enseñanza de la matemática formal, su lenguaje no debe considerarse sólo como una sintaxis de signos matemáticos desprovista de significado referencial; tampoco debe tratarse como un conjunto de expresiones notacionales del significado de conceptos matemáticos acabados (Gómez-Granell, 1989, p. 7). Por esto, en la realización de este estudio también se consideraron las variables de tipo semántico.

³⁸ Extraído de la obra traducida de Duval, 2006

1.2 El lenguaje matemático y su significado: la teoría de los campos conceptuales

Antes se mencionó que no debe pensarse en el lenguaje matemático sólo como un conjunto de simbolizaciones articuladas entre sí; sino que cada una de esas simbolizaciones tiene un significado y una funcionalidad dentro y fuera de la Matemática, con este fin se recurre a la teoría de los campos conceptuales.

Es importante notar que un objeto matemático no sólo tiene significado a través de su definición, también lo adquiere a partir de las situaciones conceptuales en las que se ve inmerso. Primero aclaremos qué se entenderá como concepto, de acuerdo al enfoque de esta teoría:

...un concepto es una tripleta de conjuntos: $C(S, I, G)$, donde:

S: conjunto de situaciones que dan sentido al concepto (referencia)

I: conjunto de invariantes sobre los que reposa la operacionalidad de los esquemas (significado)

G: conjunto de formas lingüísticas y no lingüísticas que permiten representar simbólicamente el concepto, sus propiedades, las situaciones y los procedimientos de tratamiento (significante). (Vergnaud, 1990, p. 7).

Para aclarar la definición anterior diremos que en el conjunto S se encuentra la matemática de dentro y fuera de la escuela, que adquiere significado en la práctica y ante la diversidad de ésta. El conjunto I comprende dos ideas elementales de la matemática formal: la primera es el *concepto en acto* que se asocia a la argumentación matemática, que en el sentido de Duval, se vincula a la pertinencia de dicha argumentación, aún más que a su viabilidad; y la segunda es el *teorema en acto* que se asocia con el papel de la lógica en matemáticas; es decir, todas aquellas proposiciones que se asumen verdaderas sobre lo real; finalmente, el conjunto G se relaciona con la idea de *registro semiótico*, en el sentido de Duval, en él se encuentran los diferentes tipos de lenguaje de la matemática, gráfico, algebraico, numérico y natural.

Por otro lado, Moreira (2000) afirma que en esta teoría un campo conceptual se entiende como “un conjunto informal y heterogéneo de problemas, situaciones, conceptos, relaciones, estructuras, contenidos y operaciones del pensamiento, conectados unos a otros y, probablemente, entrelazados durante el proceso de adquisición”, entendiendo adquisición como aprendizaje en el sentido didáctico.

Existen tres ideas centrales en esta teoría. La primera establece que un concepto no se forma dentro de un solo tipo de situaciones; la segunda, que una situación no puede analizarse bajo un solo concepto; y por último, que la construcción y la interiorización de las propiedades de un concepto o situación es un proceso de desarrollo constante.

Ahora bien, desde una teoría conjunta, de las representaciones semióticas y de los campos conceptuales, es posible percibir el proceso de aprendizaje desde una perspectiva más amplia, unificadora y sistémica, ya que, en palabras de Vergnaud “el lenguaje y los símbolos matemáticos juegan un papel en la conceptualización y la acción. Sin los esquemas y las situaciones, quedarían vacíos de sentido”.

1. La transversalidad de una noción matemática en el programa de estudios como elemento de articulación

Para identificar qué noción matemática era idónea para elaborar este estudio, se recurrió a los primeros cuatro semestres del programa de estudios de la licenciatura en Física y Matemáticas, ya que todas las especialidades tienen en común esta parte del programa. Al hacer la revisión del programa se encontró que se hace uso de la noción de función, si no explícitamente a través de su definición, sí en la mayor parte de las asignaturas como Cálculo I, II y III, Análisis Vectorial, Ecuaciones Diferenciales, Álgebra IV y otras. En algunos casos la noción se abordaba desde su definición formal (Cálculo I), con su representación gráfica y analítica (Cálculo III), en la modelación de fenómenos como el flujo o la conducción del calor (Análisis Vectorial), como resultado de una ecuación (Ecuaciones Diferenciales) o incluso como una relación de equivalencia (Álgebra IV).

Por otra parte, se hizo una revisión bibliográfica de las dificultades que presentan los estudiantes de diferentes niveles académicos, en cuanto a la noción de función, y se encontró que muchas de las dificultades se deben al uso del lenguaje: por su rigor; en muchas ocasiones por la ausencia de significado del mismo (Crespo, Homilka y Lestón, 2011); por el manejo de los distintos registros de representación semiótica, así como por las transformaciones dentro de ellos.

2. ¿El lenguaje es suficiente para construir significado?

Camacho-Ríos, en 2011, al aplicar una situación didáctica en distintas etapas a estudiantes de nivel superior, con relación a las funciones trigonométricas, pudo observar que:

Las dos experiencias desarrolladas muestran cómo el conocimiento matemático involucrado fue disociado de su origen y sus coyunturas adecuadas a la enseñanza con cierto éxito. No obstante, la propuesta rompe con la forma tradicional del discurso matemático e irrumpe en éste con un rediseño más dinámico que pone en el centro de la enseñanza a la actividad desarrollada por los estudiantes. (p. 170)

Estudios como éste nos hicieron ver que había una variable que no se estaba tomando en cuenta, el *origen epistemológico* de la noción de función.

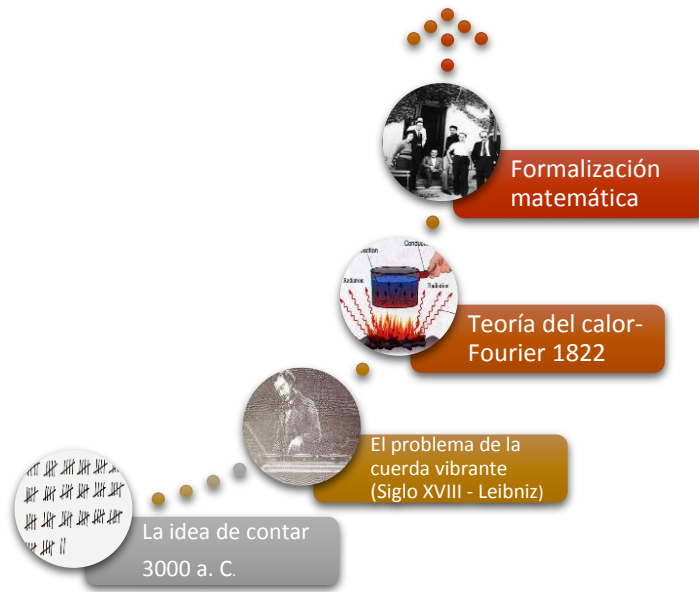


Figura 2. Estadios del desarrollo epistemológico de la noción de función

Después de un recorrido histórico con relación a la noción de función, se pudieron identificar cuatro estadios importantes:

El primero se dio a la par de la idea de conteo y del pensamiento funcional que se manifestó a través de las tablas de correspondencia que se encontraron. Respecto a esto, hay evidencia de que en la cultura babilónica se daba solución a problemas con ecuaciones cuadráticas, determinadas ecuaciones cúbicas y algunas bicuadradas. El método que utilizaban se basaba en la compleción de cuadrados.

A principios del siglo XVIII la modelación, en el contexto de la Física, era un tema muy importante y uno de los más representativos fue el de la cuerda vibrante, que representó un reto para los matemáticos de la época. Consiste de “una cuerda elástica atada a dos extremos fijos (como la cuerda de una guitarra), ésta se estira hasta que adquiere una forma determinada, y en ese momento se suelta para que vibre libremente” (Cuevas y Díaz, 2013, p. 168). El reto estriba en hallar una expresión analítica que modele la posición de la cuerda en un determinado instante t .

La búsqueda de una solución a este problema dio pauta a la formulación de varios elementos relativos a las funciones como: tipos de funciones (pares, impares, periódicas,...), propiedades de funciones, y sobre todo, un avance en la forma en que se define. En esta discusión figuraron matemáticos como Euler, Bernoulli, D'Alembert y Leibniz, quien por primera vez usó la palabra función para denotar un

objeto matemático relacionado con una curva, es decir, hasta este momento no se hablaba de funciones en el sentido matemático actual.

Un tercer estadio fue la discusión generada por los trabajos de Fourier en su Teoría Analítica del Calor, donde por primera vez se dio cuenta de la propiedad más importante de las funciones, la correspondencia unívoca. Sin embargo, la existencia de ambigüedades en torno a la definición de función y de continuidad fue motivo para que la comunidad científica del siglo XIX continuara el trabajo de desarrollo del concepto.

Un gran paso en este proceso de conceptualización de la noción de función fue la formalización de G. L. Dirichlet cuando por primer ocasión propone, en 1829, el concepto moderno de función, $y = f(x)$, como: “y es una función de una variable x, definida en el intervalo $a < x < b$, si a todo valor de la variable x en este intervalo le corresponde un valor definido de la variable y. Además, es irrelevante en qué forma se establezca esta correspondencia” (Kleiner, 1989, p. 9).

Este proceso de conceptualización y formalización de la Matemática genera el que parece ser el último estadio en la construcción de la noción de función. Durante el siglo XX hubo un proceso de consolidación del concepto de función, en esta etapa el grupo de matemáticos franceses Nicolas Bourbaki³⁹ tuvo un papel muy importante. En 1939 se presentó a la función como: “una regla de correspondencia entre el dominio y el rango, donde ambos conjuntos son arbitrarios”. En general su definición fue la siguiente:

Se dice que un gráfico F es un gráfico funcional si, para toda x, existe como máximo un objeto que corresponde a x en F. Se dice que una correspondencia $f = (F, A, B)$ ⁴⁰ es una función si el gráfico de F es un gráfico funcional, y si su conjunto de partida es igual al conjunto de definición de F. Dicho de otro modo, una correspondencia $f = (F, A, B)$ es una función si, para todo x que pertenece al conjunto de partida A de f, la relación $(x, y) \in F$ es funcional en y; el único objeto que corresponde a x por f se llama valor de f para el elemento x de A, y se designa por $f(x)$ o fx (o $F(x)$, o Fx) (Bourbaki N., 1968, p. E II.13).

Así, la revisión epistemológica de la noción de función deja ver cómo, con el paso de los años, la transversalidad que dio origen a esta noción matemática, pareciera estar oculta en la forma en la que se plantea en el programa de la licenciatura en Física y Matemáticas.

³⁹ Grupo de matemáticos, en su mayoría franceses, de los años 1930's que “*pretendían poner orden en las matemáticas...*” a través del análisis de obras matemáticas y de la modernización de los conceptos matemáticos.

⁴⁰ La tríada (F, A, B) hace referencia al gráfico F de la función, A es el conjunto dominio y B el codominio.

Acerca de la relación entre lo que se enseña, lo que se aprende y lo que se reproduce

Una vez hecha esta revisión, se procedió a hacer un estudio de la producción de los estudiantes de las asignaturas de Cálculo I, Cálculo III, Análisis Vectorial, Ecuaciones Diferenciales y Álgebra IV, durante la resolución de exámenes y se encontraron diversas dificultades, las que se clasificaron en las categorías: Conceptualización, Tratamiento y Conversión. Estas categorías se obtuvieron de la teoría que sustenta la investigación (teoría de representaciones semióticas y teoría de campos conceptuales).

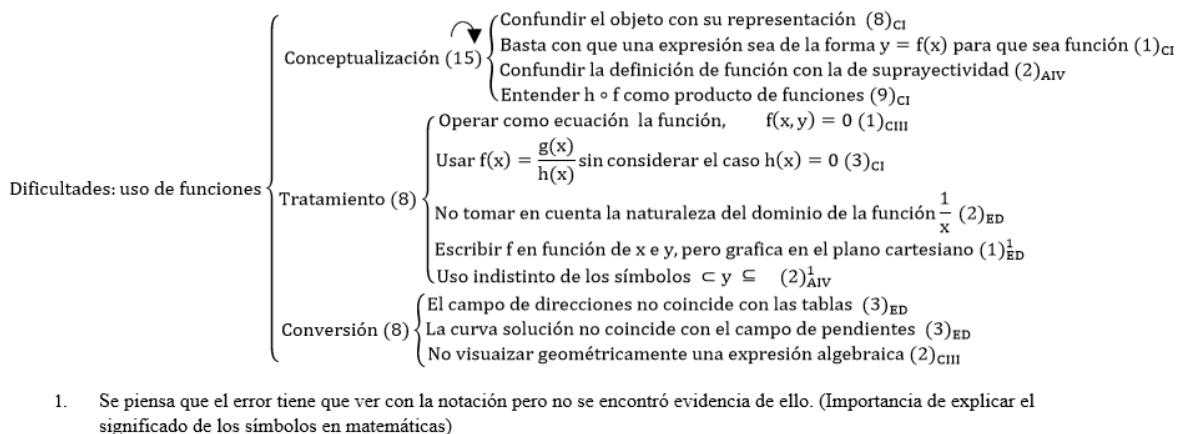


Figura 3. Dificultades que enfrentaron los estudiantes de la licenciatura

Una de las observaciones más importantes que resultó del análisis de las dificultades consiste en que, en el caso de los estudiantes de Cálculo I, cuando se les pedía identificar si la gráfica de una circunferencia representa una función, algunos buscaron escribir la representación algebraica de la circunferencia de la forma $y = f(x)$ y esto bastaba para poder identificarla como una función; sin embargo, cuando se les preguntaba por la definición de función, hacían énfasis en el carácter unívoco de la correspondencia entre los elementos del dominio y el contradominio.

Cabe mencionar que, aunque muchas de las dificultades que enfrentaron los estudiantes fueron relativas al uso del lenguaje (*Tratamiento* y *Conversión*), hubo casos en los que estas dificultades se debían no al concepto de función en sí mismo, sino a la ausencia de una interpretación o significado en otros contextos, como en el caso de Análisis Vectorial, donde la interpretación estaba asociada a la descripción de un fenómeno físico, la propagación del calor.

Ser consciente de estas dificultades lleva a reflexionar sobre la relación que existe entre lo que se enseña de forma aislada (definiciones, teoremas y aplicaciones), lo que los estudiantes interpretan y lo que son capaces de reproducir.

Se han podido identificar algunos de los inconvenientes que enfrentan los estudiantes ante la resolución de problemas en que participa el concepto de función, explícita o implícitamente en que los diferentes registros de representación semiótica funcionan como herramientas cognitivas y operativas, para interpretar fenómenos en el campo de la Física.

Sin embargo, después de identificar estos obstáculos se reconoce que no todos tienen su origen en la comprensión del concepto formal de función, sino en los diferentes entornos en los que ella se significa dentro de la matemática. En términos de la teoría utilizada, podríamos decir que son las variables sintácticas (lenguaje y representaciones de la matemática) y semánticas (estructuras conceptuales de la matemática) las que dificultan el quehacer matemático de los estudiantes. Así, se propone no dar por acabados los conceptos y algoritmos de la Matemática, pues éstos se resignifican y aprenden de forma continua a través de su uso. En particular, como hemos visto, el concepto de función está presente de manera transversal en la formación de los estudiantes de Física y Matemáticas, y por ello su aprendizaje tiende a ser constante, resignificarse a través de las situaciones, escolares y no escolares, pues si bien la Matemática que se trabaja en la licenciatura es avanzada y sumamente abstracta, su significación cobra sentido en los escenarios en los que se aplica.

Un nuevo camino...

Los resultados de esta investigación ayudan a visualizar futuras oportunidades, en las que los objetos matemáticos se signifiquen a través del lenguaje de la Matemática y de su uso en otras disciplinas como la Física.

Así, investigar y generar situaciones didácticas que involucren objetos matemáticos, en el plano conceptual y operativo, es crucial en la generación de conocimiento científico innovador dentro y fuera de la Matemática. Por otra parte, un factor crucial para lo anterior lo conforman las investigaciones en curso respecto a la formación de la creatividad en la ciencia, en particular la Física y la Matemática, ya que la percepción (una vía en la formación de la creatividad) es un medio útil para analizar la información, relacionando el mundo exterior con el universo interno, lo que está íntimamente relacionado con la formación de campos conceptuales relativos a los objetos matemáticos.

Referencias

- Cuevas, C. A., & Díaz, J. L. (2013). La historia de la matemática un factor imprescindible en la elaboración de una propuesta didáctica: El caso del concepto de función. *El Cálculo y su Enseñanza* 5, 165-179.
- Duval, R. (1993). Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives* (pp. 37-65).
- Duval, R. (1999). Representation, vision and visualization: Cognitive functions in mathematical thinking. Basic issues for learning. *Annual Meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (pp. 3-26). 124
- Duval, R. (2000). Argumentar, demostrar, explicar: ¿continuidad o ruptura cognitiva? *Educación Matemática* 12(2) 149-151.
- Duval, R. (2006). Un tema crucial en la educación matemática: La habilidad para cambiar el registro de representación. *La Gaceta de la RSME* 9 (pp. 143-168).
- Escuela Superior de Física y Matemáticas. (2010). *ESFM, Conócenos 2010*. [CD-ROM]. CDMX, Sin Editar.
- Farfán, R. M., & García, M. (2005). El concepto de función: Un breve recorrido epistemológico. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa* 18, 489-494 pp.
- Gómez-Granell, C. (1989). La adquisición del lenguaje matemático: un difícil equilibrio entre el rigor y el significado. *Comunicación, Lenguaje y Educación* 3-4, 5-15.
- Moreira, M. A. (2002). La Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud, la enseñanza de las ciencias y la investigación en el área. *Investigaciones en Enseñanza de las Ciencias*, 7(1), 1-28 pp.
- Sureda, P., & Otero, M. (2011). Nociones fundamentales de la Teoría de Campos Conceptuales. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias* 6(1), 1-14.
- Vergnaud, G. (1990). La Teoría de los Campos Conceptuales. *Recherches en Didactique des Mathématiques* 10(2), 133-170.

Experiencias del Club de Astronomía de ESFM

Guillermo Alfonso Del Moral

Introducción

El documento que presentamos en el marco de las Jornadas Académicas de Didáctica de las Ciencias 2017, tiene como objetivo fundamental hacer un recuento de las experiencias del Club de Astronomía de la ESFM.

Es un testimonio escrito que abarca desde su fundación, por qué se crea, su razón de ser como agrupación estudiantil interesada en aprender de la Astronomía y difundirla en los eventos en que participa.

En este documento, de forma sucinta, se narran los motivos que dieron origen a lo que hoy es el Club de Astronomía de la ESFM.

Desde mí ingreso al IPN me pareció inaudito que no se practicara la astronomía observacional entre estudiantes y académicos, de manera que me di a la tarea de realizar prácticas de observación astronómica y construcción de instrumentos, prácticamente desde cero.

Desde que soy aficionado a la Astronomía, el Planetario del IPN me ha abierto sus puertas y participo con él en diferentes eventos.

Este interés me ha permitido contribuir, con un modesto esfuerzo, a formar generaciones de nuevos astrónomos o físicos, matemáticos e ingenieros que han acogido con profundo placer el gusto por observar el cielo, han aprendido a construir sus instrumentos, participan en actividades del Instituto para divulgar esta hermosa disciplina y conocer el cielo.

Afortunadamente mirar al cielo es un espectáculo gratuito, es un libro abierto que invita a conocer la historia de la formación del Universo, haciendo uso de instrumentos que están al alcance de nuestras manos o que es posible construir con disciplina y método, cuando hay quien pueda asesorar.

Cuando observamos el firmamento podemos hacerlo directamente y conocer nuestro pasado. Dadas las enormes distancias de estrellas y galaxias, las vemos como eran hace miles de millones de años. La observación de objetos astronómicos sirve para corroborar lo aprendido en el aula; por ejemplo: saber que una galaxia vecina la vemos como era hace 2.4 millones de años, reafirmar conceptos de relatividad y disfrutar cuando se le percibe como una débil luz de color gris y forma definida.

Observar desde nuestra casa la Vía Láctea nos ubica como pequeños seres, que con ayuda de la tecnología, podemos disfrutar conocer nuestro sitio en el Universo, haciéndonos sentir una enorme soledad ante la magnificencia de un cielo completamente despejado.

Como género humano, con los alumnos se comparte una lección gratuita de humildad ante la impresionante realidad del Universo, que nos permite interactuar con él por medio del uso de la tecnología que actualmente proporciona cualquier

teléfono celular. Observar constituye un remanso de paz y diversión sana, que nos recuerda a los pensadores griegos que daban clases fuera de las aulas.

Como grupo con intereses afines, en las prácticas de campo, éstos se comparten, identifican y se reproducen por sí mismos en la próxima salida. Me enorgullece decir que no es necesario recurrir a teorías de modelos educativos, ya que se practican en el grupo, y no es necesario dar lecciones de valores, porque los aprendemos juntos. El conocimiento de una disciplina se toma con más gusto cuando lo practicas y explicas durante una observación. La honestidad y el trabajo solidario se ejercen desde que se cuida el escaso equipo con que se cuenta. Nuestros instrumentos los cuidamos porque son una ventana al conocimiento.

Por lo anterior considero que todo esto tiene algo de innovador, y agradezco este foro para difundirlo y compartirlo, dignificando más nuestra labor docente.

Así puedo decir, con profunda satisfacción, que en esta actividad he cosechado sonrisas y agradecimientos, mismos que me sirven de incentivo para prepararme más en el aspecto docente. No se requiere una maestría o doctorado, cuando lo que se tiene por recompensa es la sonrisa y agradecimiento de un estudiante, que con su entusiasmo y esfuerzo, nos contagia para volver a realizar una observación o colaborar en el evento Noche de Estrellas.

La Escuela y su Club de Astronomía son reconocidos en importantes foros en que ha participado, como: implantar el Récord Guinness por apuntar el mayor número de telescopios a la Luna, en una Noche de Estrellas y varios maratones Messier. También se han registrado eclipses de Sol y Luna y tránsitos de Venus y Mercurio.

Sin temor a equivocarme puedo decir que el Maratón Messier, que se realiza año con año organizado por la Sociedad Astronómica Queretana, es uno de los eventos que motivan a los estudiantes que han participado en él, logrando resultados importantes en diferentes categorías, como: competir con grupos similares durante una noche de observación, reportando el mayor número de objetos del Catálogo Messier, dibujo y pintura de éstos; fotografías y premio al mejor telescopio construido por un aficionado.

El cielo es muy cambiante, conocerlo por medio de la observación en eventos, agrega algo más a nuestra labor al interactuar con grupos similares en eventos colectivos.

La importancia de esta actividad radica en que lo que se aprende impacta en la formación del estudiante, es una labor complementaria que no forma parte del currículum, se efectúa sin la presión de la carga académica. Simplemente se disfruta, realizar o innovar en el ámbito académico tiene que ver con el interés de aprender por gusto y no por obligación.

Una clase fuera del aula marca diferencias, invita a la experimentación. El aprendizaje se da cuando lo facilitas, cuando en un ambiente favorable compartes el conocimiento en un clima de respeto y novedad. Saber dónde hay objetos que no todos ven, que solo es posible verlos con instrumentos, lo hace más desafiante. Aún más cuando se trata de lograr la fotografía de un objeto que solo es visible con ayuda de la tecnología. O bien, cuando se logra disfrutar de eventos muy distantes

que todavía hace unas décadas se consideraban muy complicado de observar, como una supernova, con mis alumnos hemos visto por lo menos dos. Igualmente registramos tránsitos que otras personas no se enteraron o no tuvieron oportunidad de observar (uno hace cinco años y otro hace un año).

En muchas ocasiones invocamos o rendimos culto a Urania, la musa del cielo, especialmente cuando nos ofrece noches despejadas y cielos limpios para poder disfrutar de sus bondades.

Objetivos

- Compartir con grupos interesados, técnicas, conocimientos y experiencias, considerando la difusión de la ciencia como piedra angular que beneficia a la sociedad; con el compromiso de retribuir al país y a los grupos sociales que participan en esta actividad, los conocimientos aprendidos en la práctica de la ciencia.
- Propiciar una organización al interior del Club que permita dividir tareas y programar actividades.
- Producir materiales para autogenerar conocimientos. Éstos se colocarán en un sitio en Internet, conocido como nube, que respalda la información para consulta de grupos afines o público interesado, estableciendo redes mediante el uso de tecnologías más avanzadas (7).
- Apoyar a la difusión de la Astronomía como ciencia.
- Participar en eventos como «Noche de las estrellas», Record Guinness, Maratón Messier, congresos, simposios o conferencias.

Marco teórico

Vivir en un mundo globalizado hace necesario construir y por qué no, innovar en diferentes formas para allegar el conocimiento y mejorar el aprendizaje. Para ello se dispone de algunos medios que proporciona la modernidad, como: uso de las tics; construcción de instrumentos de calidad a bajo costo, donde los alumnos aprendan y el aprendizaje sea significativo; que permitan la sana convivencia en grupo, en que los valores como solidaridad, respeto y trabajo en equipo se aprendan y se practiquen de acuerdo a ideas, propuestas y proyectos, haciéndolos suyos. Bajo esta óptica se concibe el qué hacer, adónde dirigir nuestro esfuerzo en el ánimo de impactar significativamente las formas de aprender, de acercarnos a los estudiantes, de entender y respetar su estilo de comunicación, propiciando su deseo de aprender Astronomía con la estrategia adecuada, y la práctica de la misma como trabajo continuo observacional, crítico y sistemático.

Enseñar ciencias a la población significa un punto de encuentro en eventos a los que acuden todo tipo de asistentes, sin importar preparación, disciplina y edad. En la interacción con ellos hay que saber comunicar el conocimiento científico. El ejercicio de esta práctica en el ámbito de la difusión, facilita a la población adquirir

conocimiento; y que se desarrollen habilidades de comunicación y síntesis en el estudiante, al mostrar, como en nuestro caso, una estrella, planeta, nebulosa o cualquier objeto al que apunta el telescopio, tratando de explicarles qué están observando.

Como futuros profesionistas, la interacción con la población conlleva el enriquecimiento en la formación del estudiante, al asumir un rol de comunicador de la ciencia, y lo hace un ciudadano sensible y comprometido, al vincular su quehacer ante la sociedad (9).

Lleva tiempo el paso entre aprender a aprender y saber comunicarlo; pero si se adquiere esta práctica es una herramienta potencialmente útil. En la mirada del que aprende se lee si se pudo comunicar el conocimiento, y repetirlo cobra en él mayor interés si se realiza con gusto. Es en ese momento cuando se inicia la autorregulación del aprendizaje, y cada vez nuestra intervención como facilitador del proceso es menor.

Retomamos esta valiosa aportación (10) en virtud del lema mismo del Instituto, «La Técnica al Servicio de la Patria», que da sustento a las actividades del Club. Técnicas y tecnología cercanas a la población son condicionantes en los eventos a donde se acude a difundir la ciencia. Son eventos educativos masivos de corte muy distinto a los que solo aportan datos y efemérides astronómicas, información que generalmente preguntan los asistentes. Pueden ser explicaciones desde lo que es un planeta, cómo observarlo, en qué fechas puede verse; hasta preguntas más complejas cómo qué es un cometa, un agujero negro o una lluvia de estrellas.

De acuerdo con lo antes expuesto, la experiencia requiere un paulatino ordenamiento y sistematización de la información. Coincidimos con los autores (11) en lo que implica construir un modelo, en este caso educativo, como una construcción teórica caracterizada por un nivel de abstracción.

En apego al rigor que representan los modelos teóricos, éstos deben estar dotados de hipótesis, plantear problemas para abordar situaciones concretas que, al validarse, sirvan para construir una teoría (12). En consecuencia, el presente trabajo es un primer esfuerzo por sistematizar la información de una experiencia, iniciar un análisis, construir los primeros referentes teóricos, o elaborar algunos conceptos que expliquen la realidad y permitan analizar y organizar la información.

Coincidimos en que la educación de un sujeto no es solo resultado de la educación escolar (13)...«La educación es permanente, es una dimensión de la vida humana».

Cuando relacionamos este aspecto con la acción educativa en una institución, aun sin formar parte del currículo, la acción organizada y sistemática de educar, adquiere un carácter intencional, al vincularla a la práctica o ejercicio de una profesión. La intencionalidad pretende entrenar en una disciplina que favorece la creación de hábitos de registro, de organizar, analizar y registrar información por distintos medios, la mayoría electrónicos.

Es avasallante la producción de información en esta disciplina a nivel mundial, producto del desarrollo tecnológico y la exploración espacial; baste decir que hoy en día se descubren nuevos planetas en otros sistemas estelares similares al

nuestro, novas, nebulosas, galaxias, y un sin número de objetos que nos hacen sentir cada vez más pequeños.

Por tanto año con año insistimos que es necesario, por lo menos, conocer cómo son nuestra galaxia, los planetas y la magnificencia de los eclipses, cometas y tránsitos.

La maravilla de fotografiar lo que nuestros ojos no ven, pero se tiene la certeza de que ahí está y saber su ubicación, no tiene precio. Compartir y enseñar todo esto a quien tiene gusto por lo mismo es muy gratificante, y por qué no, tener la satisfacción de haber formado a un nuevo profesional en la materia.

En este tenor es la intencionalidad buscada, la interacción que se persigue. Bajo estas circunstancias esperamos cambios en la conducta de los alumnos; así buscamos una instrumentación consecuente.

En el siguiente apartado se menciona el contexto en que se inscribe la historia del Club, algunas reflexiones, conclusiones e imágenes que ilustran las experiencias obtenidas durante su vida activa, que sin duda pueden formar parte de una investigación más profunda para enriquecerlo, y que ésta sea una primera aproximación de lo realizado.

Marco contextual

Desde que fundamos el Club de Astronomía de ESFM nos dimos a la tarea de reactivar actividades que años atrás se venían realizando al interior de la escuela. Se ha funcionado de acuerdo a los vaivenes de quienes la dirigen, unas veces con apoyo, otras sin él, tratando de mantener activa una tarea que desde que prestamos nuestros servicios en el Instituto, ya nadie realizaba. Según nuestra forma de ver las cosas nos parece increíble que en una escuela de esta naturaleza no se fomente el interés por conocer el cielo, como se dice comúnmente en el medio, en vivo, un placer que, además de contemplativo generalmente está asociado a una práctica que realizan los aficionados.

Ante esta actitud nos propusimos enseñar a construir instrumentos al que carece de medios para comprarlos, convencidos de que es inaudito que un futuro astrónomo no tenga instrumentos para observar el cielo; es como si un médico no contara con un estetoscopio para conocer el estado de salud de su paciente. En este contexto, y en el ánimo de buscar un lugar de encuentro con personas de intereses afines, que muchas veces requieren de descanso mental o de contrastar la teoría que reciben, es que nos hemos impuesto esta labor, que se ha visto enriquecida desde que he cursado la Maestría en Educación; a partir del quinto módulo trabajé para fortalecer el Club. La formación recibida y lo enriquecedor de mantenernos constantemente trabajando para aplicar y practicar lo aprendido, ha traído como consecuencia la documentación de esta experiencia desde hace aproximadamente diez meses, arrojando como resultado la construcción de facetas diferentes, de acuerdo a los objetivos de cada uno de los módulos cursados.

En el último módulo, y de acuerdo a las aportaciones de nuestra formación docente, hemos tenido que vencer dificultades, como las pocas reuniones que se pudieron realizar con los alumnos, dado que el semestre inició después de que se nos pidió

realizar el diario de campo. A pesar de solo contar con tres reuniones, en dos de ellas se trabajó para organizar y sistematizar la información del Club.

Han participado alumnos de nuevo ingreso, que ubicamos como población flotante por no ser constantes en su asistencia a las reuniones; pese a ello se retomaron las actividades con la mayoría de los alumnos, un grupo de alrededor de 12 elementos. De la información del diario de campo se derivó un plan de trabajo que puede mantenernos activos a lo largo del semestre, puesto que implica siete puntos a desarrollar como actividades específicas.

La instrumentación y análisis de los siete puntos (que se abordan en el proceso metodológico) fue construida por los alumnos respondiendo a su problemática, intereses, puntos de vista, y lo más importante, por consenso, de una manera participativa respetando sus puntos de vista y al mismo tiempo estableciendo y comentando las normas a seguir para un mejor funcionamiento, asumiendo cada uno de ellos una tarea, compromiso o labor a desarrollar.

La práctica docente la percibimos como un ir y venir de la teoría a la realidad, de lo planeado a lo que se logró, de lo aprendido a lo que se disfrutó al vivir plenamente la experiencia. Ese ir y venir (interacción) permite nutrirla con la teoría, modelos, conceptos, herramientas de análisis, instrumentos de evaluación y estrategias didácticas, empleadas para construir el aprendizaje de manera significativa.

Interrogantes y conclusiones

¿Cómo surge el Club de Astronomía de la Escuela Superior de Física y Matemáticas?

¿Bajo qué enfoque interactúa el Club de Astronomía cuando participa en algún evento?

¿Cómo se preparan para brindar información de calidad y difundir el conocimiento científico?

¿Cómo se organiza a su interior?

¿Cuáles son sus nexos con otros grupos afines?

¿Qué materiales ha producido para compartir en redes sociales o páginas de Internet y bajo qué principios se rige?

¿Qué experiencias puede compartir?

Enseguida damos respuestas:

Como se mencionó, el Club de Astronomía surge como una necesidad de complementar la formación académica de los estudiantes de manera integral, teórica y práctica, de manera recreativa.

El enfoque que se pretende desarrollar es el de formar divulgadores de la ciencia como una práctica social que apoye eventos de corte científico, donde la población en general acuda a contemplar las maravillas celestes.

En el aspecto formativo se busca producir materiales de calidad utilizando las tecnologías más recientes para competir, representando a la institución, con agrupaciones de mayor tradición en el medio astronómico y en correspondencia con la calidad de lo aprendido en el aula, reforzado con la práctica observacional obtenida en campo. Para ello se han establecido vínculos y nexos con agrupaciones afines, como en el último evento donde se participó en la Noche de Estrellas Universitaria en el Campus de la Universidad Autónoma de Hidalgo. De la misma manera, durante el desarrollo del Maratón Messier 2013 se interactuó con otras agrupaciones, como los miembros de la Sociedad Astronómica Queretana, el Taller de Astronomía Carta del Cielo, la Sociedad Astronómica de México y otros grupos que asistieron al evento.

El valor de contar con un diario de campo permite documentar la opinión de los alumnos, conocer cómo ven el trabajo que realizan y respetar su opinión, lo que queda plasmado en el registro, además de ser la historia del grupo.

La importancia de manejar la información que se produce al interior del grupo, sobre todo en temas astronómicos, juega un doble papel. Primero, para autocapacitarnos como divulgadores de la ciencia, y segundo para respaldar la información que se produce en la nube y compartirla con otros grupos afines.

Cuando se trabaja por un fin común y se toma gusto por lo que se hace en equipo, resulta más gratificante. No hacerlo por obligación es un atractivo más para motivar la participación de los estudiantes, el saber que son tomados en cuenta modifica la práctica generalizada de no considerar la opinión de los involucrados en el proceso. Otra cuestión que es relevante mencionarles es la finalidad de llevar un diario. La importancia de cómo modifica el trabajo, entre alumnos y docentes, lo convierte en una posibilidad más de realizar cosas por gusto y no por obligación, involucrando a todos, dividiendo tareas, priorizando lo más importante y estableciendo reglas al interior sobre el uso adecuado del equipo y el manejo responsable del mismo.

Como plan de mejora pretendemos compartir en las próximas salidas de campo, un telescopio Newton de 12 pulgadas diseñado especialmente para cielo profundo.

Integrar a las salidas, de ser posible, a los padres de algunos de los jóvenes que así lo han solicitado, después de que han compartido con ellos sus experiencias.

Establecer formalmente vínculos con distintos grupos de aficionados a la astronomía con los que se mantienen actividades similares desde hace años.

Una segunda etapa que ha permitido la continuidad del Club han sido las siguientes experiencias:

Registro fotográfico de tránsitos de Venus y Mercurio, prácticas observacionales y aprendizaje de técnicas de video y astrofotografía lunar, solar y planetaria en las instalaciones de la ESFM.

Asistencia y apoyo al Planetario Luis Enrique Erro en las siguientes acciones:

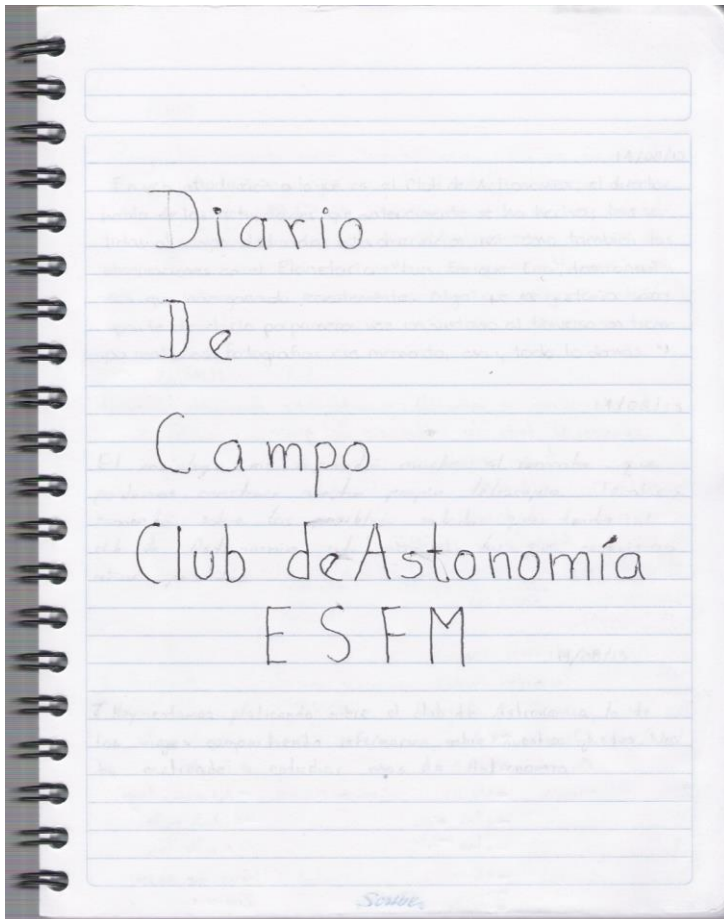
Exposición fotográfica para la Noche de Estrellas de diciembre 3 de 2016 y la participación en la instalación de cinco telescopios.

Organización para la observación del eclipse parcial de Sol del 21 de agosto de 2017. El registro fue de más de 300 personas entre estudiantes maestros y alumnos de la ESFM, ESIME y ESIQIE. Se contó con cinco telescopios, binoculares y lentes pegados a las normas de seguridad para la observación. Los telescopios también utilizaron filtros especiales para proteger la vista y disfrutar del evento.

Participación en la XII Reunión Académica de la escuela en el mes de agosto del presente año con el tema de Astrofotografía solar, lunar, planetaria y de cielo profundo.

Deseo agradecer la participación y apoyo de los miembros del Club en tareas de organización en acciones como las descritas antes, lo que ha representado un éxito dando a conocer lo que hacemos y mostrarnos como grupo interesado en divulgar la astronomía y compartir, con la comunidad estudiantil, eventos como el eclipse parcial de Sol, que a pesar del clima, finalmente la naturaleza fue bondadosa, permitiéndonos disfrutar la totalidad del eclipse. Como un resultado el número de estudiantes interesados en formar parte del Club se incrementó.

Anexos



Referencias

- 1.- Diario de campo, fotografías de eventos
- 2.-Respaldados en la nube
- 3.- Ídem
- 4.-Cfr. Anexos
- 5.- <http://gadm1380.wix.com/clubdeastronomiaesfm>
- 6.-Cartel “¿Tienes un telescopio y no sabes usarlo? “Club de Astronomía ESIA Ticomán.
- 7.- El respaldo de la página del club con materiales de astronomía (mega.co.nz) se activa desde la página del club.- <http://gadm1380.wix.com/clubdeastronomiaesfm>.
- 8.-Periódico El Universal, record Guinness.
- 9.- Coincidimos en las apreciaciones del autor Carlos Tedesco Juan en “Educación Ciencia, Tecnología y Sociedad” p.17.
- 10.- López Cerezo .Idem p. 9.
- 11.- Arredondo Galván, y otros “Notas par un Modelo de Docencia” Perfiles educativos, No. 3-27 UNAM.
- 12.- Obra citada. Cfr p.3.
- 13.- (sic p.5).

Fuentes bibliográficas

- Arredondo Galván et .al. “Notas para un Modelo de Docencia” en Perfiles E. Emilio Tenti Fanfani “Consideraciones sociológicas sobre profesionalización docente” Educ. Soc., Campinas, Vol. 28 No. 99, pp. 335-353, mayo/ago. 2007. educativos, No. 3 pp. 3-27.
- Francisco Imbermon Muñoz “Actualidad y nuevos retos de la formación permanente” REDIE .Revista Electrónica de Investigación Educativa, vol. 8, No. 2, 2006, p, 0 Universidad de Baja California, México.
- Jurjo Torres Santomé “La práctica reflexiva y la comprensión de lo que acontece en las aulas” Universidad de la Coruña.
- Mariano Martín Gordillo Compilador et. al. “Educación Ciencia Tecnología y Sociedad” Primera Edición Ed. Edita, octubre 2009, Centro de Altos Estudios Universitarios de la OEI Bravo Murillo, 38.28015 Madrid, España.
- Miguel Ángel Santos Guerra “Entre Bastidores” El Lado Oculto de la Organización Escolar. Ediciones Algibe. Primera Edición 1994.
- Paulo Freire “Pedagogía de la Autonomía” Paz e Terra S.A. Sao Paulo Brasil 2004.

Fuentes hemerográficas

- Cartel de la convocatoria al IX Maratón Messier 2013 “Sociedad Astronómica Queretana” Querétaro, México, febrero 2013.

Cartel de la convocatoria al Reto México “Gaceta Politécnica” Instituto Politécnico Nacional, 20 de abril 2013.

Cartel de la 5ta. Noche de Estrellas Universitaria, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Sociedad de Astronomía UAEH, 7 de diciembre de 2013.

Fuentes cibergráficas

<http://gadm1380.wix.com/clubdeastronomiaesfm>

www.liada.net www.astrosur.com www.parhelio.com www.astronomos.org

Fotografías

Registro de eventos anteriores a la fundación del Club: eclipses, tránsito, observación solar, imágenes en h alfa del Sol y fotografía de cielo profundo.

Actividades de promoción para formar el Club y entrenamiento en el uso del equipo.





Entrenamiento previo al maratón en el planetario Luis Enrique Erro.



Salida de entrenamiento al Estado de México



Participación de los estudiantes seleccionados en el Maratón
Messier 2013





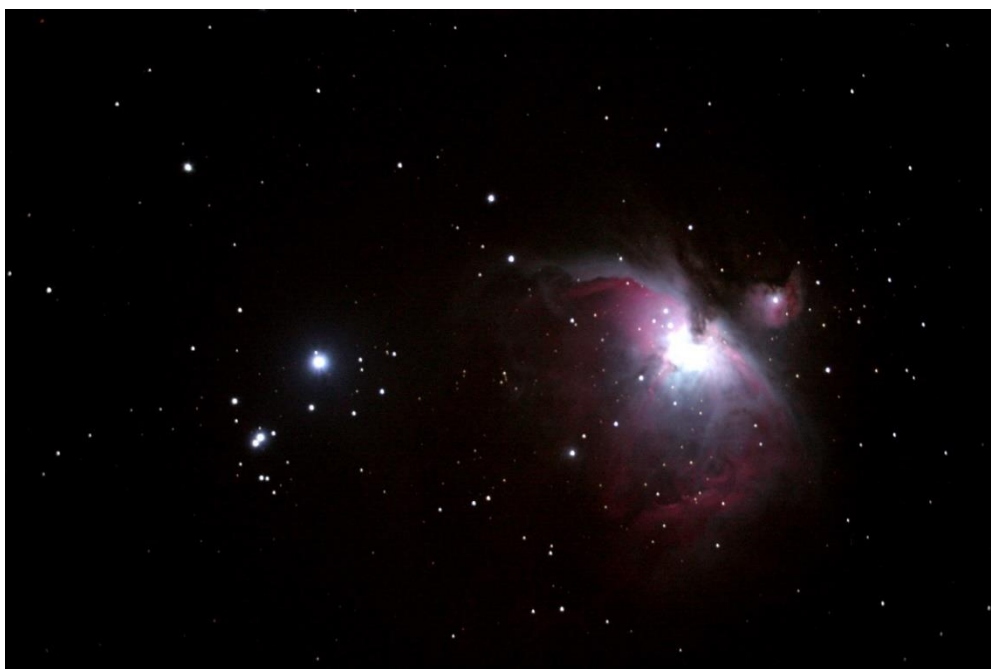
Imágenes de cielo profundo obtenidas durante el Maratón Messier 2013.



Galaxia del Remolino M51

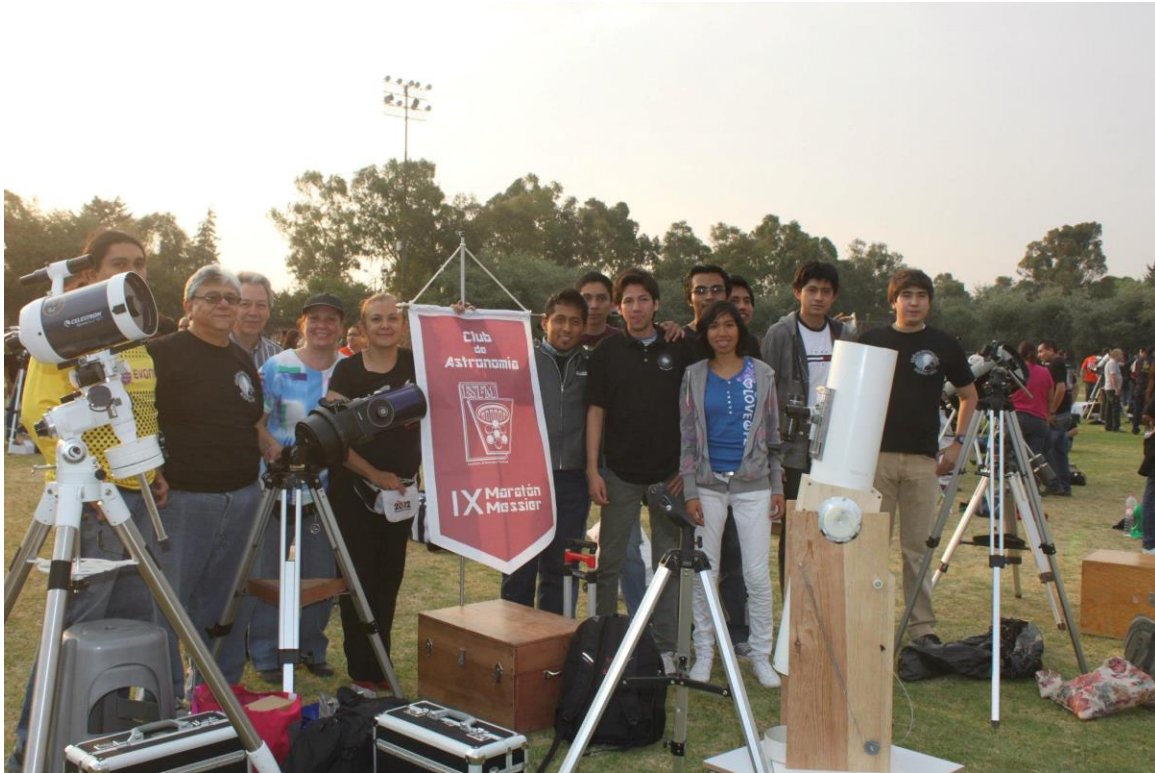


Paisaje lunar



Nebulosa de Orión M42

Asistencia del Club al Reto México





COCOLLAGE DE ACTIVIDADES DE OBSERVACIÓN SOLAR

Tránsito de Mercurio



Salida de observación a Tlahuelilpan



Preparativos de la noche de estrellas



Actividades del club durante el eclipse parcial de Sol del 21 e agosto de 2017



Lista de acrónimos y siglas

ESFM.- Escuela Superior de Física y Matemáticas

ESIA.- Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura

UAEH.- Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

PLEE.- Planetario Luis Enrique Erro

SAUAEH.- Sociedad Astronómica de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

SAQ.- Sociedad Astronómica Queretana

IPN.- Instituto Politécnico Nacional

Glosario de términos

MESSIER.- Nombre del catálogo de 110 objetos estelares realizado por el Astrónomo francés Charles Messier. Se publicó por primera vez en 1774.

DOBSON.- Nombre de montura para telescopios newtonianos diseñada por el astrónomo aficionado John Dobson en los años cincuenta.

LIADA.- Liga Iberoamericana de Astronomía.

Cuentos en la ESFM

Berenice Monserrat Torres, Esaú Gamaliel Hernández Osorio, Josué Hernández Torres,
Oscar Isaac Pérez Ruíz,
Isabel García Soperanes y Gabriela Rueda Morales

Presentación

Como parte del curso de Laboratorio de Física I impartido de enero a julio del 2017, se desarrolló una actividad experimental denominada “Que zapato es el más adecuado para caminar en el Laboratorio”, cuyo objetivo era conocer y aprender sobre las fuerzas de fricción. Esta idea atrajo la atención de los alumnos, fue desarrollada como una actividad semi-abierta en la que los estudiantes experimentaron sobre su propio calzado, utilizando materiales de laboratorio y discutiendo el procedimiento y los resultados en grupo. Como tarea se les pidió que redactaran un cuento al respecto, ya que en ese semestre estaba poniendo en práctica actividades involucradas con el desarrollo del pensamiento creativo. Esta actividad tomó por sorpresa a los alumnos, quienes respondieron con diversas actitudes, desde emoción a desagrado. Se observó que las tareas entregadas se pueden dividir en: 1) Descripción de la actividad práctica, 2) Narración breve sin estructura de cuento y 3) Cuentos breves.

La escritura como una actividad relacionada con la comunicación es ampliamente requerida en el Laboratorio, ya que siempre hay que documentar las prácticas y argumentar los resultados. En este caso la escritura del cuento cambió el contexto, ya que además de poner a prueba sus conocimientos de Física, fomentó el pensamiento creativo y la sensibilidad. En aras de que la actividad tuviera un adecuado desarrollo, se les permitió la libre expresión de sus ideas y estilos de escritura, y debido a que para la mayoría de los alumnos esta fue su primera experiencia en la escritura de un cuento, se detectaron errores de estructura, gramaticales y de redacción, que requieren de otro tipo de estudio.

Como parte del seguimiento a esta actividad se repartieron en clase estas tareas (sin nombre del autor) para leerlas, donde reconocieron algunas historias entretenidas y divertidas que comentaron con agrado. A todos los alumnos se les invitó a presentar su cuento en estas Jornadas Académicas de Didáctica de las Ciencias, solo cuatro valientes respondieron al llamado. Con ayuda de la Lic. Isabel se revisaron detalles ortográficos y de puntuación, tratando de respetar la versión original, ya que el propósito de esta actividad es desarrollar su creatividad y sensibilidad, más no cumplir con las reglas literarias para publicar un cuento.

Esta actividad no formó parte de la evaluación del curso, pero cabe resaltar que en algunos trabajos se evidenciaron deficiencias en el manejo del tema tratado, esto

requiere especial atención porque en estos casos el aprendizaje no ha sido significativo, ya que no pueden pasar de un contexto a otro. Al respecto se elaboraron estrategias para cubrir estas necesidades; por lo que este recurso es útil en el proceso enseñanza-aprendizaje.

Sin más los invito a disfrutar de los cuentos.

Gabriela Rueda

El baile deslizante

Ciudad de la Suela era una ciudad para todo tipo de zapatos y era la capital de los sueños para aquellos zapatos que pretendían ser grandes estrellas. Cómo olvidar la época del Rock n' Roll cuando esos zapatos negros que relucían al ritmo de la música o aquella vez en los años sesenta, cuando unas botas cafés cautivaban al mundo con uno de los mejores sonidos en Zapabbey Road.

Muchos zapatos llegaban con sueños y esperanzas a Ciudad de la Suela, uno de ellos se llamaba Tapper, un zapato fuera de lo común, que soñaba ser bailarín. Su historia comienza en su primera audición, lo que él no sabía, era que iba a ser una decepción total.

—Bueno, terminamos contigo por hoy, siguiente. Tu nombre amigo.

—Tapper, me llamo Tapper.

—Muy bien, yo soy Agujetón, y voy a calificarte este día, así que, muéstrame lo que sabes hacer.

Tapper comenzó a deslizarse y a golpear el suelo, saltando y brincando de alegría, los saltos y los golpes al piso creaban una armonía y un ritmo especial, pero lo mejor era como se deslizaba, como se paraba sobre la punta de él mismo para sentir el ritmo que creaba. Todos en su familia le decían que bailaba excelente, que lo iban a adorar en Ciudad de la Suela, pero no fue así.

—Muy bien, suerte para la próxima amigo.

—¿Qué? ¿Por qué? ¿Podré participar en las presentaciones?

—Por supuesto que no hijo, deslizas demasiado tu suela, si crees que me equivoco, ve al médico y checa tu coeficiente de fricción, pero a simple vista, no naciste para este negocio, lo siento.

Decepcionado, Tapper consultó a su médico acerca de lo sucedido y solicitó estudios para saber su coeficiente de fricción, él no iba a permitir que el señor Agujetón derrumbara sus sueños. El doctor Blanco, le dijo que tendría que hacer unas pruebas rigurosas y que, posiblemente, le iban a causar una ligera molestia.

—Primero, tenemos que conocer tu masa, por lo que te tendrás que subir a esta báscula. —explicó el doctor— Después con un gancho atado a tu agujeta usaremos un dispositivo llamado dinamómetro para saber cuánta fuerza requerimos para moverte; es fundamental que permanezcas quieto durante este procedimiento para no alterar la medición y poder darte unos resultados correctos.

El doctor Blanco procedió a realizar el estudio de coeficiente de fricción de Tapper. Fue algo rápido, ya que Tapper colaboró de manera extraordinaria para que así fuera, manteniéndose quieto en todo momento.

—Bien, ya tenemos los resultados de la medición, en una hora puedes recogerlos en el laboratorio y pasas conmigo después.

Durante esa hora, Tapper salió a caminar y vio en los anuncios un cartel acerca del coeficiente de fricción, decía que si tu coeficiente de fricción era menor a .45 estabas en riesgo de morir en un accidente. Tapper se angustió por que Agujetón le había dicho que su coeficiente de fricción era demasiado bajo a simple vista, así que ahora, más por salud que por orgullo, Tapper se dirigió a recoger su estudio y pasó con el doctor Blanco.

—Muy bien Tapper, veamos que tenemos aquí. Vaya, tienes un coeficiente de fricción de 0.41.

Al escuchar esto, Tapper se empezó a llenar de polvo, tanto que hasta parecía un zapato blanco, al ver esto, el doctor empezó a tranquilizarlo y a explicarle lo que se había hecho en las pruebas.

—Mira Tapper, las pruebas que te realizamos al medir tu masa y la fuerza necesaria para moverte, son parte de un proceso médico muy cotidiano pero muy poco conocido, que es tan sólo sacar la fuerza de fricción. Esta fuerza de fricción es la que se opone al movimiento, y para obtener su valor necesitamos tu coeficiente de fricción y tu peso ya que la superficie en donde estás parado también genera una fuerza que se llama “Fuerza Normal” y que mientras tú estés totalmente en contacto de forma horizontal con el piso, esa fuerza Normal va a ser tu peso, es por eso que necesitamos tu masa, finalmente la fuerza que es requerida para moverte se iguala la fuerza de fricción y solo despejamos tu coeficiente de fricción para saber qué tipo de zapato eres.

—Entiendo doctor, sólo que me he asustado un poco, creo que por ser como soy jamás lograré cumplir mi sueño.

—¿Por qué dice eso, joven Tapper?

—Es que me presenté a una audición, y el maestro Agujetón me dijo que mi coeficiente de fricción era demasiado bajo como para participar en la danza, además de los carteles que vi.

—Mira Tapper, debes saber que la gente en esta ciudad está llena de prejuicios y les molesta que la gente distinta a ellos pueda sobresalir. Lo que tú necesitas es pisar nuevas ciudades. No sé si lo sepas, pero ese anuncio está ahí por cómo es el piso de esta ciudad, tan traicionero como sus habitantes. “Ciudad de Madera” parece ser el tipo de ciudad que un joven como tú necesita, no es malo que tu coeficiente de fricción sea bajo, debes estar en el lugar adecuado para explotarlo al máximo. Y con respecto al baile, en Ciudad de Madera existe un nuevo género de baile que se está promoviendo deberías ir. Tengo un conocido que tiene una academia de baile ahí mismo, te doy su número y viaja con él.

—¡Muchísimas Gracias Doctor!

Asombrado con las historias que el doctor le contó, Tapper emprendió su viaje a Ciudad de Madera, olvidando todo lo que el profesor Agujetón le había dicho en Ciudad de la Suela.

Si me preguntan cómo le fue a Tapper en Ciudad de Madera, bueno, pues sólo deben de fijarse que las primeras letras de su nombre, se usaron para describir el nuevo baile que se estaba creando, ya que él fue el mejor bailarín que el mundo conoció.

Oscar Isaac Pérez Ruiz

El corazón de las fricciolimpiadas

En una ridícula dimensión donde el calzado tiene vida e inteligencia suficiente para crear civilizaciones, existe una pequeña población llamada Zapatopolis, donde vivían 2 hermanos Ronaldo y Pedro Cordoncillos, ambos jóvenes tenis dedicados y con grandes ambiciones en la vida.

Ronaldo estaba profundamente enamorado de la bella zapatilla Zapatina Casquillo, y ella de él, pero su relación era imposible, pues su padre Don Botín Casquillo era una bota que tomaba muy en serio las Fricciolimpiadas y creía que nadie que no pudiera ganar las competencias, podía merecer a su hija, pues era una bota testaruda, llena de prejuicios, además, durante su juventud fue campeón de esas olimpiadas.

Ronaldo había intentado ganar las Fricciolimpiadas antes, pero sin mucho éxito, pues era solo un tenis deportivo, con una suela diseñada para correr y amortiguar impactos, no para tener un alto coeficiente de fricción en superficies lisas, aunque este era mayor a la de los tenis y zapatos normales, no se comparaba con las botas, que por lo general ganaban esa competencia, como el padre de Zapatina y sus dos hermanos mayores: Ramoncito y Raúl Botín.

Después de 2 intentos fallidos, tras haber sido derrotado por los hermanos Casquillo durante el 50 aniversario de las fricciolimpiadas, Ronaldo pidió ayuda a su hermano Pedro que estudiaba física

—Mira Pedro, ya salió nuevamente la convocatoria a las Fricciolimpiadas, escucha esto:

Categoría de fricción estática:

Los competidores estarán sobre una superficie lisa de metal pulida, sometidos a una fuerza constante, el que requiera una fuerza mayor que los demás para ser movido, será ganador de esta competencia.

Categoría de fricción dinámica:

Los competidores estarán sometidos a una fuerza constante, durante un tiempo determinado, el que tenga un menor desplazamiento será el ganador de la competencia.

Regla 1: Están permitidos cambios en las suelas solamente antes de la competencia

Regla 2: No está permitido añadir masas extras en el calzado

Nota: Antes de comenzar la competencia, a cada competidor le será añadida masa de tal modo que todos los competidores tengan la misma masa de 2 kilogramos.

—Muy bien, pues he estado estudiando física y he aprendido mucho, has fracasado porque ignoraste el verdadero corazón de las Fricciolimpiadas, todos creen que es empleando suelas de goma, tal como lo hacen los hermanos Casquillo, pero se equivocan, ese tipo de suela no necesariamente es el único tipo de suela con gran coeficiente de fricción, de hecho, de eso trata la competencia, del verdadero entendimiento de la física, no de buscar la mejor goma para tener la mayor fricción.

—Entonces, ¿Cuál es tú idea?

—Pues a nivel microscópico, las fuerzas de fricción y la normal se deben a las fuerzas intermoleculares, fundamentalmente eléctricas, entre dos superficies ásperas en los puntos donde entran en contacto. Al deslizarse un cuerpo sobre una superficie, se forman y rompen enlaces entre ambas, y el número total de enlaces varía, por lo tanto, la fuerza de fricción cinética no es perfectamente constante. Si pulimos las superficies, realmente aumentaríamos la fricción, pues, más moléculas podrían interactuar y enlazarse, juntar dos superficies lisas del mismo metal producirían una “soldadura fría”.

Mi idea es que ya que la superficie donde se hacen las Fricciolimpiadas es una plancha de acero pulida, usemos una lámina de acero delgada, pulida en las suelas, podemos ir con Guillermo el Zapato Zapatero para que nos haga los ajustes antes de las pruebas. Te aviso que he decidido competir en la categoría de fricción cinética.

—Está bien, entonces, ¿por qué has decidido competir?

—No planeo dejarte solo, quisiera llevar a la práctica mis conocimientos de física, prométeme algo, si no funciona, no entres en depresión como en ocasiones anteriores, ya se nos ocurrirá algo.

—Creo que he madurado, porque en sí, no es solamente por ganar que hago esto, si logramos ganar esta competencia a los Casquillo, no solamente los hermanos sino su familia me respetaran y tal vez así su padre podrá aprobar mi relación con su hija Zapatina.

— ¡Oh pues! ¿Qué te puedo decir? Su padre es una bota muy testaruda, es un veterano de las Fricciolimpiadas y lo que buscas no es nada fácil, pero vamos pues con el zapatero.

Fue así como los hermanos se dirigieron con el zapatero, y le propusieron su idea, el zapatero les contestó así:

—¿Usar una lámina de acero en la suela? ¿Se han vuelto locos?, eso jamás se ha intentado para las Fricciolimpiadas, podría ayudarles con alguna de mis suelas de

goma que me acaban de llegar, las estoy aplicando a otros concursantes para las Fricciolimpiadas. A lo que Ronaldo contesto:

—No zapatero, con las láminas pulidas será suficiente, por favor concédanos una cita para aplicarnos las suelas antes de la competencia.

—Está bien, así lo haré, vengan en 2 días, les tendré sus láminas listas. A lo que Pedro agrego:

—Gracias zapatero, sabía que podía confiar en ti.

—No lo agradezcas, es mi trabajo, ahora mismo conseguiré las láminas.

Un día antes de la competencia, los hermanos Cordoncillos se presentaron con el zapatero quien comenzó a colocarle las suelas de lámina de acero delgadas.

Al día siguiente las competencias se llevaron a cabo, los zapatos; zapatos ortopédicos, tenis y botas; se presentaron a la competencia, todos estaban sorprendidos ante las suelas que llevaban los hermanos Cordoncillo, antes de la competencia Raúl se acercó a ellos y les dijo:

—Disfruten la atención mientras dure chicos, después de que pierdan, nadie los recordará—, a lo que Ronaldo contestó:

—Quizá, pero, si ustedes pierden, nadie los dejará olvidarlo.

—¿Y eso? ¿En verdad piensan que podrán ganarnos?

A lo que Pedro agregó:

—La suela del zapato, no define completamente al ganador, también influye la superficie y otras propiedades físicas involucradas.

—Ni ahora ni nunca nuestro padre dejará que Zapatina esté con un perdedor.

—¡Ya lo veremos!

Pedro y Ronaldo se alejaron y comentaron

—Ya no los escuches, vamos a nuestros lugares.

—Colócate en tu posición, recuerda Rolando, tenemos el coeficiente de fricción de nuestro lado, ya va a comenzar la competencia, confía en ti.

—No te preocupes Rolando, todo estará bien.

Zapatina y su padre observaban la competencia desde las gradas, Zapatina entonces dijo a su padre;

— Padre, si Rolando logra ganar la competencia, tienes que prometerme que lo respetaras y nos dejarás salir.

— No creo que gane, ni aún con sus ideas raras, pero está bien, te lo prometo.

Se llevaron a los participantes a la báscula analítica para asegurarse con pesas que la masa de todos los participantes, con todo y suelas fuera de 2 kilogramos, y fue así como comenzó la competencia. Primero empezó la competencia de Pedro, se colocaron todos los participantes junto a unas marcas en el piso donde se encontraban las graduaciones de las distancias recorridas.

Pedro ajustó el cable que tiraría del él, firmemente, sin distraerse ni pensar en nada, parecía estar tranquilo, entonces se encendió la señal, el cronometro comenzó a

correr y la cuerda comenzó a tirar lentamente de los participantes, primero los zapatos y los tenis de suela plana comenzaron a deslizarse, la Fuerza ejercida en ellos no superaba los 2 Newtons (N) y estos ya se encontraban en movimiento, más adelante los botines, entre ellos Juan, comenzaron a moverse con una fuerza aproximada de 4 N y para sorpresa de todos, Pedro aún seguía sin moverse, cuando finalmente se movió, se requirió de una fuerza de 11.17 N para mantenerlo en movimiento, las gradas y los jueces no podían creerlo, pero los cálculos eran correctos, si la masa de Pedro era de 2kg, la aceleración de la gravedad 9.8m/s^2 , su fuerza normal era de 19.6 N al igual que la de los demás participantes, pero la fuerza necesaria para moverlo era de 11.17 N, lo que significaba que su coeficiente de fricción cinética era de 0.57.

Fue cuando los jueces declararon que Pedro era el ganador de la categoría cinética. Ronaldo a la distancia solo podía escuchar todo el ruido del otro lado del estadio, pero no podía saber quién había ganado, pues su competencia estaba por comenzar, tomó su lugar, colocó el cable que tiraría de él y observaba fijamente a Raúl, quien lo había vencido 2 veces en el pasado, la presión era mucha, pero finalmente decidió calmarse y observar fijamente a Zapatina, entonces la señal se encendió y el cable comenzó a tensarse, varios concursantes comenzaron a desplazarse a los 2 N de fuerza, Raúl comenzó a desplazarse a los 5 Newtons de fuerza, pero para sorpresa de todos, al igual que su hermano, Rolando seguía sin ser desplazado, pues la estrategia de la lámina pulida funcionaba, fue necesaria una fuerza de 14.5 N para mover a Rolando, El padre de Zapatina no lo podía creer, realizó los cálculos y todo parecía indicar que el coeficiente de fricción de Rolando era de 0.73, pues su fuerza normal era de $(2\text{ kg})(9.8\text{ m/s}^2)=19.6\text{ N}$ y la fuerza necesaria para moverlo era de 14.5 N, si se divide 14.5 N entre 19.6 N, el coeficiente de fricción es aproximadamente 0.73.

Los jueces analizaron y Ronaldo fue proclamado ganador de las Fricciolimpiadas, Zapatina corrió al área de competencia y Ronaldo que pensaba que todo estaba perdido, la abrazó muy fuerte, en ese momento su hermano se acercó a él con su medalla y le dijo:

—¿Ves? Te dije que íbamos a ganar, recuerda: confía en la física, no cedas a tus instintos, piensa.

—Creo que le debo mucho, después de esto creo que estudiaré Física al igual que tú. — A lo que Zapatina agregó:

—Sí, le debemos mucho, finalmente podremos estar juntos, hice prometer a mi padre que si ganabas, nos dejaría en paz y accedió.

En ese momento el padre Casquillo y sus hijos se aproximaron al trio que celebraba y Don Botín les dijo:

—Chicos, creo que les debo una disculpa por haberlos subestimado, me recordaron el verdadero significado de las Fricciolimpiadas que es el entendimiento de la física

y creo que alguien que pueda entender a la física así y ganar las Fricciolimpiadas merece mi respeto y mi permiso para salir con mi hija. A lo que Ronaldo le contestó: —Le agradezco mucho Don Botín, porque si no hubiera sido por lo mucho que me exigió, jamás habría intentado lograr hacer algo tan bien, aunque debo decirle que sin mi hermano no habría logrado esto, sus conocimientos y pasión por la física me han llevado a este momento, le puedo decir que de ahora en adelante seré un buen alumno de física y aunque no logre obtener los resultados que busque de momento, seguiré intentando, pues estoy dispuesto a aprender a razonar.

—Muy bien, no tengo más que decir, te deseo éxito.

Así fue como Rolando, después de haber intentado por casi 3 años, pudo estar con Zapatina y finalmente ganar las Fricciolimpiadas. Encontró su pasión por la física y después de ingresar a la carrera en Física y Matemáticas, se dio cuenta que no podía continuar su relación con ella pues le quitaba el tiempo y decidió dejarla y continuar estudiando.

Fin

Esaú Gamaliel Hernández Osorio

La flor y la señora raza humana

Hace mucho tiempo, casi en los inicios del tiempo de las masas móviles. Una de ellas, que se hacía denominar la Señora Raza Humana, iba caminando tranquilamente por el bosque cuando una de las flores la llamó y le preguntó:

— Dime Raza Humana, ¿cómo es que puedes caminar y nosotros las flores no?

La Señora Raza Humana, hasta entonces, sólo había caminado y caminado pero jamás se había hecho esa pregunta, y por más que lo intentó, no logró dar con una respuesta satisfactoria a la demanda de la flor. Sólo pudo decir:

— Mira hermosa flor, yo siempre he caminado, y creo que es la Sabia Naturaleza la que me ha dado esta virtud, pero más no sé al respecto. Entonces siguió su camino, luego se encontró con una gran roca y ésta le hizo la misma pregunta, y la respuesta de la señora Raza Humana fue la misma.

Y fueron muchos más los seres inanimados los que interrogaban a la Señora Raza Humana pero ésta jamás tuvo una respuesta coherente que dar.

La Raza Humana se puso a indagar acerca del extraño fenómeno que la diferenciaba de los demás seres del reino de la Reina Masa. Y nada, no conseguía obtener ni siquiera una hipótesis razonable.

Cansada la Señora Raza Humana de buscar y buscar respuesta a una pregunta aparentemente sencilla, convocó a todos aquellos seres que pudieran brindarle respuesta a semejante inquietud que ya la embargaba y no la dejaba dormir tranquila.

El Señor Peso escuchó la convocatoria de la Señora Raza Humana y fue a responderle, también acudió la Señora Gravedad, incluso la Señora Inercia fue a intentar satisfacer la demanda de la Señora Raza Humana

Cuando la Señora Raza Humana vio que eran varios los que querían solucionar su interrogante, los invitó a una reunión a su casa, levantada a orillas de un hermoso río.

Muchos curiosos se informaron de esa reunión y acudieron a presenciarla y ver cuál era la razón acerca de cómo es que la Señora Raza Humana podía caminar ya que les interesaba mucho la respuesta. La señora Raza Humana dispuso que la reunión se realizara al aire libre, de tal forma que todos pudieran escuchar las sabias palabras de los participantes. Y empezaron a proponerse respuestas:

—El Señor Peso dijo: La Señora Raza Humana, y otros seres, pueden caminar pues el peso de ellos los obliga a permanecer sobre la superficie de la Tierra. Y cuando intentan avanzar, elevando uno de los pies, es el peso el que lo obliga a avanzar y así puede dar un paso, y luego otro y otro más, logrando, entonces, que pueda caminar.

La señora Inercia escuchó atentamente las palabras del Señor Peso y agregó: lo que dice el Señor Peso es cierto, pero soy yo la encargada de que la Señora Raza Humana y otros seres dando el primer paso después continúen avanzando o

retrocediendo, si no fuera por mí, darían el primer paso y ahí quedarían sin poder avanzar o retroceder.

Fue entonces cuando la Señora Gravedad que también había escuchado al Señor Peso y a Inercia, dijo

—Es cierto lo que dicen ustedes, pero deberán tomar en cuenta, especialmente al Señor Peso, que si no existiera yo, el Señor Peso no podría actuar sobre la señora Raza Humana y otros seres que pueden caminar. Yo le soy muy necesaria, pues me encargo de empujar al pie de la Señora Raza Humana y al de otros seres animados a la superficie de la Tierra.

De entre los asistentes algunos quisieron opinar. La Señora Raza Humana, no satisfecha aún por los argumentos que escuchaba accedió a que otros participaran. Fue así, que otros emitieron su opinión, la Señora Fuerza Normal, había escuchado al Señor Peso, Inercia y Gravedad y agregó: cierto lo que dicen todos ustedes, pero deberán tener en cuenta que si no fuera por mí, la Señora Raza Humana se hundiría en la Tierra, yo soy la encargada de equilibrar el peso que tiene y dejarlo sobre la superficie de la Tierra. Si yo no existiera no habría ser en la Tierra que no se hundiera bajo su superficie. Fuerza Muscular, que también andaba por ahí, después de haber escuchado tan brillantes participaciones del Señor Peso, de Inercia, de Gravedad y su antecesor, la Fuerza Normal, no pudo más que agregar, muy cierto lo que dicen todos ustedes, pero, ¿Podría caminar la Señora Raza Humana y otros seres animados si yo no hiciera el intento de mover el pie de ellos? Verán que mi presencia es indispensable, sin mí es imposible cualquier intento de caminar, si no fuera por mí, lo único que sucedería es que la Señora Raza Humana estaría inmóvil igual que los árboles y las rocas y solo gracias al Señor Peso, Gravedad y Fuerza Normal no se elevaría ni se hundiría.

Por lo cual la señora Fuerza Muscular estaba molesta. La Señora Raza Humana ya creía que tenía la respuesta a la pregunta que tantos seres le habían hecho y para la cual no tenía argumentos que justificaran una buena respuesta, ni siquiera sabía si es verdad todo lo que dijeron o sólo lo dijeron para impresionar a los demás. Entonces les agradeció a todos los participantes y a los asistentes y les pidió que se retiraran pues ya tenía la mitad de la respuesta que necesitaba.

Todos se estaban retirando cuando de entre el tumulto surgió una fuerte voz.

— ¡Hey!, Raza Humana, lo que has escuchado es aún insuficiente para que puedas dormir tranquila.

La Señora Raza Humana, que ya creía tener la respuesta, le dijo:

— ¡No! ya no necesito escuchar más, ya tengo lo que necesito, gracias de todas formas.

La Señora Raza Humana, fue entonces a dar un paso para encaminarse a su casa y se resbaló quedándose en el mismo lugar, intentó dar otro paso y no podía, entonces, pidió que le ayudaran para lograr avanzar. El señor Fuerza Impulsiva, que aún no se retiraba, le dio un pequeño empujón y la Señora Raza Humana salió rauda sin poder detenerse, afortunadamente se le interpuso una piedra y chocó con ella y quedó con varias magulladuras. No entendía lo que sucedía.

Inercia le dijo: Señora Raza Humana, yo soy la responsable de que no te hayas podido detener, pero sugiero que escuches las palabras del Señor Fuerza Impulsiva.

Entonces, Raza Humana se paró y llamó a quien quería opinar también.

Era Fuerza de Roce, quien dijo:

- Ya ves Raza Humana, ahora que te hice falta y que querías ignorarme no has podido siquiera sostenerte en un lugar, no pudiste empezar a caminar por más que el Señor Fuerza Muscular lo intentó, y ni siquiera con el Señor Peso y Gravedad pudiste hacerlo, tampoco te ayudó la querida Fuerza Normal, solo Inercia colaboró y lo único que conseguiste fue chocar con esa piedra.

Bueno, dijo la Señora Raza Humana, y qué tienes que decirme entonces:

—Verás, cuando tu apoyas tus pies en la superficie de la Tierra, y el Señor Fuerza Muscular intenta mover tu pie, tu pie necesita donde afirmarse para impulsarse, y ahí estoy yo, permitiendo que no te resbales en la superficie de la Tierra.

¿Entiendes ahora? Bueno, ahora que quisiste escucharme puedes volver a caminar sin dificultad.

Raza Humana iba a intentar caminar y tampoco pudo hacerlo, no se resbalaba pero tampoco avanzaba. Pidió al Señor Fuerza Impulsiva que la empujara, éste lo hizo, pero aún así no logró moverse un milímetro.

La multitud que estaba aún observando lo que pasaba a la Señora Raza Humana, no podía contener la risa y las carcajadas se escuchaban de lado a lado en el reino de la Reina Masa.

Entre los asistentes surgió una voz imponente:

—Estimada Raza Humana

Todos dirigieron la vista hacia quien había hablado, y se dieron cuenta de que eran los gemelos Fuerza de Acción y Fuerza de Reacción.

Raza Humana, ya molesta con lo que le estaba sucediendo y a pesar de que todos se estaban burlando de ella, aceptó su opinión.

Tomó la palabra Fuerza de Acción. —Querida Raza Humana, cuando la Fuerza Muscular intenta mover tu pie yo soy quien me personifico en ella y soy la responsable de iniciar la acción de intentar mover tu pie, transmitiendo la fuerza sobre el suelo.

Inmediatamente continuó Fuerza de Reacción. —Y yo, apenas veo que te mueves, mi hermano hace el intento, me personifico en el suelo, y gracias a Fuerza de Roce que impide que te resbales, yo ejerzo mi Fuerza de Reacción sobre tu pie y gracias a ello puedes moverte.

La Señora Raza Humana intentó moverse y al fin pudo hacerlo. Y así es que, desde entonces, la señora Raza Humana y otros seres animados pueden caminar gracias a la gran familia de las fuerzas y otros amigos.

Raza Humana se dio cuenta que para caminar tenía que agradecer al Señor Peso, a la Señora Gravedad, a Inercia, a Fuerza Normal, a Fuerza Muscular, a Fuerza de Roce y a los gemelos Fuerza de Acción y Fuerza de Reacción.

Y es así como la Señora Raza Humana siguió caminando por el reino de la soberana masa.

Berenice Monserrat Torres Madrid

Seres conversos

Había una vez, en un planeta muy alejado a la Tierra, en el cual las leyes y constantes de la física son muy similares a las que el lector conoce, ahí habitaban unos seres llamados grooters, quienes coexistían con los llamados bolzanos. Los bolzanos siempre estaban en una de las lunas de aquel planeta, normalmente meditando y siempre desarrollando aún más sus conocimientos, ellos eran todos unos eruditos y sólo 1% de la población podría llegar a ser miembro de aquél círculo íntimo de seres supremos.

Los bolzanos estaban encargados de la seguridad, educación y gobierno, no se trataba de una cuestión democrática, era por su madurez intelectual por lo que se les permitía decidir que era lo correcto para aquella población, ellos elegían quiénes eran aptos para ocupar un lugar en aquella élite, sin embargo, por lo general intentan no meterse e interactuar con los demás habitantes, los dejaban evolucionar y desarrollar sus tecnologías e inventos de manera autónoma, en realidad, sólo en contadas ocasiones intervenían para resolver problemas que se presentaban o simplemente observaban el desarrollo.

Un buen día, los grooters tuvieron una preocupación en relación al calzado y comenzaron a crear y desarrollar uno adecuado para la sociedad, se preguntaron ¿cuál sería la mejor forma de hacer un calzado adecuado? y de los que ya estaban hechos ¿cuál sería el mejor? Los grooters llevaban un buen tiempo (al que, por cierto, los bolzanos llamaban “evo”) pensando y discutiendo sobre ¿qué elementos eran verdaderamente importantes? Observaron que, al igual que en nuestro planeta, existen distintos ecosistemas.

Llegó el instante en que no pudieron más y decidieron invocar a los bolzanos, para poder resolver su pregunta y desarrollar los calzados adecuados para cada pueblo en los diferentes suelos.

Tal vez cualquier otro habitante hubiera intentado decidirlo en base al sexo de la persona, en su estatus social, económico o incluso pensarían que con ver el calzado y quién lo había elaborado serían capaces de determinar aquella cuestión, sin embargo, no hablamos de personas comunes.

Seguramente el lector no lo sabe, pero, un Bolzano no sólo es una persona normal que estudia, medita y desarrolla su intelecto, ellos son seres supremos, incluso tienen un tipo de sangre diferente, la cual presenta superposición cuántica en todos y cada uno de sus glóbulos rojos, lo que hace que, a pesar de una hemorragia arterial, no puedan desangrarse tan rápido. Sus cerebros son aproximadamente de entre un 40% y un 60% más grandes que los comunes y presentan alrededor de 1000 veces más neuronas, haciendo posible una sinapsis sobrenatural.

Los grooters han creado una rama de la ciencia sólo para estudiar a estos seres maravillosos, se han dado por vencidos ya que no logran ver su naturaleza completa, otros un poco más extremistas pero no por ello alejados tanto de la realidad, han llegado a suponer que son semidioses o descendientes de seres espirituales muy avanzados al menos.

Así que, con el antecedente dado, ya podemos vislumbrar que ellos no procederían de la misma forma que cualquier persona, tal vez un grooter podría coincidir con el resultado de un Bolzano, pero bueno, hasta un reloj descompuesto marca bien la hora dos veces al día ¿no?

Los bolzanos, para la fabricación del calzado, procederían de la forma esperada con respecto a su naturaleza: utilizando un rito ancestral que sólo pocos son dignos de llevar a cabo sin cometer alguna aberración. Si tú tienes algo de cultura, o mejor aún, has escuchado de los bolzanos, lo reconocerás de inmediato y sabrás sobre sus investigaciones, pero, seguramente más de un grooter leerá esto y no sería justo para ellos hablar de términos que no conocen, así que los mencionaremos y definiremos un poco.

Este rito ancestral se dice que fue propuesto por primera vez como tal por un grooter llamado Gabriel (en la Tierra fue René Descartes) y está compuesto de 6 axiomas o pasos:

- 1.-Observación: Es aplicar atentamente los sentidos a un objeto o a un fenómeno, para estudiarlos tal como se presentan en realidad, puede ser ocasional o causalmente.
- 2.-Inducción: Extraer el principio fundamental de cada observación o experiencia.
- 3.-Hipótesis: Elaborar una explicación provisional de las observaciones o experiencias y sus posibles causas.
- 4.-Experimentación.
- 5.-Demostración o refutación de la(s) hipótesis.
- 6.-Tesis o teoría científica.

Siguiendo el algoritmo paso por paso, los ancestros comenzaron a hacer lo que hacen mejor que nadie: pensar.

Así que observaron su fenómeno, ellos necesitaban encontrar el mejor calzado para caminar/deslizar eficientemente en dicho suelo, entonces dedujeron que los términos principales y principios fundamentales para tal movimiento era la “Fuerza de fricción”, por supuesto sabían que existen dos de estas fuerzas. La primera: “La fuerza de fricción estática” la que se presenta en dos superficies que están en reposo y ésta se debe “romper” o sobrepasar para poder generar un movimiento. La segunda: “La fuerza de fricción dinámica” la cual se presenta en estas dos

superficies pero cuando ya se encuentran en un movimiento relativo (que suele ser un poco menor que la estática).

Generaron sus hipótesis basándose en su amplio conocimiento y sabiduría. Casi por unanimidad se concluyó que quien tuviese más altos estos coeficientes de fricción (para cada combinación de suelo-superficie), tanto estáticos como dinámicos, sería el legítimo ganador de la creación de calzado.

Los bolzanos, con conocimiento y bases de la física moderna sabían que podían crear cualquier cosa con sólo pensarlo, por ello decidieron construir un laboratorio con instrumentos de medición avanzados e incomprensibles para los grooters, una vez con el equipo adecuado, pasaron a quitarse el calzado y a hacer mediciones necesarias para demostrar o refutar las hipótesis hechas antes. Comenzaban a tomar los datos y memorizarlos para hacer las operaciones correspondientes en su cabeza, aunque todos estaban atento de los diferentes resultados, en general cada quien se ocupaba de un calzado en específico.

El que obtuvo los mejores resultados fue un bolzano llamado Fabián, los bolzanos se juntaron para discutir y compartir su sabiduría uno con otro, aquello parecía un destello de luz tan brillante como una gigante roja, poseían tanta sabiduría que cada que uno de estos sucesos acontecía, los habitantes cercanos recibían un poco de su conocimiento.

Aquel día los bolzanos se dedicaron a escribir sus reportes de una manera entendible para los grooters, y ya que eran los responsables de la educación de aquel planeta, ellos tenían que traducir los textos a todas las lenguas e idiomas de cada civilización, lo que parece una tarea difícil, sin embargo, ¿qué es difícil para criaturas semi-omnipotentes intelectualmente?

Comenzaron a publicarlos en todo tipo de fuentes de información, divulgación científica y para casos especiales se transmitían telepáticamente, esto para que pudiera llegar a todo el público y estuvieran enterados del tipo de tenis, suela y características de su calzado, que en general, eran los apropiados para poder sobrevivir y desplazarse adecuadamente por cada uno de los tan distintos suelos. Una vez terminada la divulgación, el representante de gobierno de los grooters, decidió dar un pequeño discurso a todos los habitantes, con los Bolzanos acompañándoles en la ceremonia.

Gobernador:

“Una vez más, gracias a tan maravillosos seres espirituales e intelectuales llamados Bolzanos el planeta está a salvo, debemos reflexionar acerca de su importancia en el planeta, alentarlos y apoyarlos para que sigan cumpliendo su deber de eruditos, pensadores y salvadores de todos nosotros. Nos veremos la siguiente vez que

hagan una hazaña gigantesca como la de hoy, que, les aseguro, será más pronto de lo que puedan decir “Subsucesión convergente”.

FIN.

Josué Hernández Torres



Instituto Politécnico Nacional Escuela Superior de Física y Matemáticas

Av. "Instituto Politécnico Nacional" S/N, Edificio 9,
U.P. Adolfo López Mateos, Col. San Pedro Zacatenco,
Del. Gustavo A. Madero, Ciudad de México, C.P. 07738,
Tel. (55) 57296000 Ext. 55343

www.esfm.ipn.mx

ISSN: XXXX XXXX