



ENTREVISTA A: JOSIP SLISKO*

Por: **Johan Nicolás Molina Córdoba** **



Fotografía: Josip Slisko

Josip Slisko (JS) es profesor – investigador en la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (1991-actual). Licenciado en física de la Universidad de Sarajevo (Bosnia y Herzegovina, 1971). Magíster en Filosofía de la Ciencia, en la Universidad de Zagreb (Croacia, 1978). Doctor en ciencias Filosóficas de la Universidad «Kiril y Metodiye» en Skopie (Macedonia, 1989). Investiga el aprendizaje y la enseñanza de la física y las matemáticas, desde el año 1994, es miembro del Sistema Nacional de Investigadores de México, en el Nivel 2. Desde el año 1993 organiza el taller internacional “Nuevas Tendencias en la Enseñanza de la Física”. En este, en sus 30 ediciones, han participado como ponentes invitados los más destacados investigadores internacionales. En el año 2011, sus actividades académicas fueron reconocidas con La Medalla LAPEN (Latin American Physics Education Network) por las contribuciones al desarrollo, al refuerzo y al enriquecimiento de la educación en física en América Latina. En el año 2023, la Sociedad Mexicana de Física, a través de su División de Enseñanza, le entregó la Medalla al Mérito Académico “Carlos de Sigüenza y Góngora”.

Nicolás Molina (NM) es Licenciado en Física de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia. Estudiante de último ciclo de Maestría en Astronomía en el Observatorio Astronómico Nacional (OAN) de la Universidad Nacional de Colombia. Es editor de la revista especializada del OAN eSPECTRA, y miembro del Grupo de Enseñanza de la Física (GEAF) de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y del Group of Solar Astrophysics (GoSA) del OAN. Además es cofundador de Orbitamautas, un semillero dedicado a la difusión, divulgación y enseñanza de la Astronomía.

NM: Profesor Slisko, le ofrezco un cordial saludo agradeciendo aceptar darnos esta entrevista. En primer lugar, me gustaría que nos contara un poco sobre la trayectoria profesional y aquello que le ha llevado hasta donde está en estos momentos.

JS: La carrera de Licenciatura en Física terminé en el año 1971. Parece interesante mencionar que desde aquel entonces dedicaba tiempo a la música que siempre me ha interesado. Tenía la oportunidad de obtener una beca que me ubicaba en un puesto de

* Profesor-investigador Titular “C”, Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, jslisko@fcfm.buap.mx

** Maestrante programa de Astronomía. Observatorio Astronómico Nacional, jomolinac@unal.edu.co

trabajo en el centro de investigación de una empresa grande en cómputo. Allí tenía la oportunidad de estar en la frontera de la ciencia porque allí comenzó el desarrollo de técnicas computacionales para la ciencia.

Por amor a la música dejé pasar tal oportunidad y rechacé la plaza de trabajo. Esto me generó un problema porque debía regresar el dinero de la beca, pero tuve “suerte” de que había una escuela donde faltaban profesores de física y aceptaron regresar la beca, dándome un trabajo en la enseñanza, y ahí comenzó mi carrera como profesor. Luego de esto, cursé una maestría en filosofía de la física y, en el año 1978, logré tener una plaza docente en la universidad de mi ciudad Mostar, en Bosnia y Herzegovina. En el mismo año, me fui a México, porque obtuve una beca del gobierno mexicano. Tenía unas ideas para hacer cosas en física teórica, pero finalmente descubrí que no tengo tanto talento ni habilidades en este camino. Regresé muy triste a mi ciudad. El panorama académico cambió: quien no lograra llegar a nivel de doctorado perdería su plaza en la docencia universitaria.

Después de varios intentos y dilemas presenté a un doctorado en ciencias filosóficas. El trabajo resultó interesante porque pude conectar el Marxismo con el desarrollo de la mecánica cuántica, demostrando que una intervención ideológica en mecánica cuántica tuvo consecuencias graves. Es conocido que el marxismo de la Unión Soviética, en un determinado momento, estaba en contra de la interpretación de Copenhague de la mecánica cuántica porque era muy idealista. A pesar de que llega un momento en el que se aproximan.

Lo que ocurrió fue que en aquel entonces se tomó la interpretación de Copenhague y se transformó terminológicamente, gracias al protagonismo de Fock, en una “interpretación marxista”. Todos los críticos de la interpretación de Copenhague se convierten en “enemigos ideológicos” y ya no se pudo publicar nada que criticara dicha interpretación, pues no era aceptable.

En Occidente, en cambio, la interpretación de la mecánica cuántica trataba de bajar al nivel del

experimento. Se buscaba meter en el experimento las cuestiones filosóficas como “la mecánica cuántica vs el realismo local”. Ahí ocurrió un gran avance: fenómenos cuánticos no son compatibles con el realismo local. Pero, ¿qué pasó en la Unión Soviética? Era prohibido publicar sobre estos temas y todo aquel que criticara la interpretación de Copenhague o la interpretación oficial de Fock no prosperaba. Mi investigación documental fue evidencia de que hubo un retraso de 30 años debido a la reducción de la libertad de investigación en la Unión Soviética. Fue interesante demostrar que meter ideologías en la ciencia nunca es bueno. Así obtuve, en el año 1989, mi doctorado en filosofía de la mecánica cuántica, específicamente en aspectos ideológicos.

En el año 1991 me volví a México. Me invitaron para dar un curso de filosofía de la física, pero cuando llegué me ofrecieron una oportunidad para dedicarme a la educación matemática. Les dije que no podía hacerlo porque no sabía del tema. Entonces me pidieron que me dedicara a la enseñanza de la física y acepté. Pensaba que enseñaba bien y de hecho escribía libros de texto de física en Bosnia, aunque en realidad no tenía conocimientos sobre la ciencia del aprendizaje y su relación con la enseñanza de la física.

Me costó mucho trabajo conocer el campo y ver que todo lo que yo pensaba sobre enseñanza de la física era parcialmente o totalmente falso. Claro que hay que conocer la física para no decir errores, pero la manera cómo se debe enseñar para que los estudiantes aprendan era muy diferente. La revisión de la literatura de investigación y la aplicación de los resultados más importante en mí labor docente me pusieron en una ruta en la que ya tengo casi 30 años de experiencia en el aprendizaje y la enseñanza de la física.

Suelo usar este orden “aprendizaje y enseñanza”, porque pienso que esto es un orden natural. Si no sabemos cómo la gente aprende la física, no podemos enseñar bien. Pero, comúnmente, la gente dice “enseñanza y aprendizaje”, pero es una costumbre que es endeble. Incluso en México dicen “enseñanza

– aprendizaje”, que implica una relación dialéctica: “si no hay enseñanza – no hay aprendizaje” o “si no hay aprendizaje - no hay enseñanza”. Es interesante este aspecto terminológico.

NM: *Sí, suele entenderse la enseñanza-aprendizaje como un solo término y en realidad no suele haber mucha reflexión sobre el sentido que tiene. En general, hay muchos profesores que enseñan física sin comprender qué es lo que están haciendo. ¿Has tenido alguna experiencia en este sentido?*

JS: Sí, yo lo viví en carne propia. Es un episodio que muchas veces cuento. Cuando llegué a México, tenía amigos en el Instituto de Física de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Cuando se enteraron algunos de ellos de que yo me dedicaría a la enseñanza de la física, decían: “Oye, ¿tú sabes qué hace una persona que sabe Física?” “¿Qué hace?”, preguntaba yo. Decían: “Tal persona es investigadora.” Luego preguntaban: “¿Sabes qué hace una persona que no sabe la física?” “¿Qué hace?”, respondía yo. Decían: “Esta persona, ¡enseña física!” Me quedé con mal sabor en la boca. Pero el juego continuaba, porqué decían: “¿Sabes qué hace una persona que no sabe enseñar física? Pregunté muy sorprendido: “¿Qué hace?” Su respuesta con una sonrisa de triunfo era: “¡Esta persona enseña cómo enseñar física!” Me parecía muy perversa e insultante la idea de desprecio que tenían tales investigadores en física hacia las personas que se dedican a la enseñanza de la física.

Obviamente el problema es complejo y tiene que ver, entre otras cosas, con el reparto del poder académico. Si uno quiere meterse en un campo de física (partículas elementales, mecánica cuántica o lo que sea), no puede hacerlo si no ha publicado artículos en este campo. Los que han publicado allí no permiten fácilmente que otros se integren al campo. Pero, cuando se trata de enseñanza, éstos mismos piensan que, aunque nunca hayan investigado y publicado algo sobre enseñanza, ellos saben cómo se enseña, Entonces, se tiene una doble cultura.

Comencé a investigar esta polaridad de “cultura de investigación” y “cultura de enseñanza” coexistiendo en las mismas personas. Los resultados que encontré a lo largo de muchos años son preocupantes: ¡se pueden encontrar libros de texto para la enseñanza de la física publicados por científicos de la física que contienen errores conceptuales! Se puede decir que esto ocurre básicamente porque los físicos buscar el rigor cuando se trata de los artículos de investigación en la física. Sin embargo, cuando se trata de enseñanza creen que pueden escribir libros de texto de cualquier manera, poner números que no existen, e inventar ejemplos fantásticos que nunca pueden ocurrir en la realidad. En los Estados Unidos, afortunadamente, ya se reconoce que la enseñanza de la física es un campo de la física y la revista "Physical Review – Physics Education Research", publica los reportes de investigación en enseñanza de la física. Con mucha razón, la atención principal de los investigadores se enfoca en las concepciones alternativas de los estudiantes y las secuencias didácticas que las pueden cambiar. Sin embargo, faltan investigaciones sobre la calidad de los libros de texto. ¡Es increíble que casi todos los libros de texto de física presentan de manera totalmente errónea cómo funciona el elevador hidráulico!

Es imposible que una persona que no sabe de investigación educativa en aprendizaje y enseñanza de la física, o, aún peor, que piensa que estos conocimientos son basura y no valen nada, adecúe su diseño de enseñanza según modelos científicos. Eliminar o reducir la presencia de tales personas en la educación no será fácil, ya que implica reajuste de cuestiones de poder académico. Aunque para muchos es claro que las universidades ya no pueden seguir siendo pasivas y tradicionales, no se sabe cómo será el próximo modelo universitario. Será un reto diseñar un currículum nuevo de física que se adapte a las exigencias de la modernidad y satisfaga las necesidades de la sociedad actual.

NM: *Tengo curiosidad por saber si en Bosnia ocurre esta misma situación de la falta de reconocimiento*

de la investigación en Enseñanza de la física como un campo específico. También, me inquieta saber cómo se entiende la formación de profesores de física tanto en Bosnia como en México.

JS: Sí, es muy erróneo y hasta peligroso continuar mandando el mensaje de qué los jóvenes, que no logren formarse como físicos puros y tener reconocimiento a nivel mundial, siempre pueden enseñar física sin ninguna preparación adicional, porque son dos campos disciplinares diferentes que tienen sus propios requerimientos de conocimientos y habilidades. Surge entonces el problema de cómo brindar una educación de calidad en física, especialmente a nivel preuniversitario, que es fundamental. Alguien mencionó muy acertadamente que **el objetivo actual no es tener más personas en la física, sino tener más física en las personas.** Esto plantea un desafío completamente distinto y mucho más complejo que simplemente seleccionar a un pequeño grupo de estudiantes talentosos y entrenarlos para que sean la próxima generación de investigadores en física. Elevar el nivel de pensamiento físico en la población es la verdadera cuestión. Necesitamos promover un mayor pensamiento científico y crítico en la sociedad, ya que esto es lo que impulsa el avance social. Sin embargo, muchos físicos tienen una visión limitada y solo se preocupan por aquellos estudiantes que pueden realizar tesis de licenciatura, maestría y doctorado, y publicar investigaciones. Desde un punto de vista personal, esto puede parecer perfecto, ya que solo les interesan unos pocos estudiantes capaces de llegar a la frontera del conocimiento. Sin embargo, esto tiene enormes consecuencias sociales, que son negativas.

La física a menudo se percibe como aburrida, innecesaria e incluso tortuosa para los estudiantes. Esta imagen negativa de la física debe cambiar, ya que la actividad de investigación en física depende en gran medida de la percepción social. En algún momento, las personas que odian la física pueden estar en las posiciones políticas que permiten tomar decisiones sobre proyectos de investigación en física y eliminarlos por completo. Los físicos que piensan

así parecen ser miopes y no ven la importancia de promover una imagen positiva y relevante de la física desde edades tempranas. Sin embargo, esta imagen solo puede ser promovida por otro tipo de personas: aquellas que se preparan para ser agentes de cambio, no solo personas que ven la enseñanza como un trabajo de segunda categoría y piensan que solo necesitan exponer sus conocimientos de física. Necesitamos una nueva generación de individuos capaces de desarrollar un pensamiento profundo en los estudiantes, y solo podremos lograrlo si contamos con maestros y maestras adecuadamente preparados. Es un problema complejo, pero debemos abordarlo. En primer lugar, es necesario contar con una legislación y una solución económica adecuadas. Si los salarios y el estatus social de los maestros no son adecuados, no se logrará atraer a personas talentosas al trabajo educativo. Necesitamos hacer que la educación sea atractiva para aquellos que tienen habilidades y capacidades, para que puedan lograr estabilidad económica y prosperidad trabajando arduamente en la enseñanza. Si se les asignan demasiadas horas de clase sin un puesto estable o si no se les paga lo suficiente, ¿cómo se espera que resuelvan este problema?

En México, lamentablemente, en muchas facultades no se tiene un curso obligatorio de enseñanza de la física en la licenciatura. Por suerte en mi propia facultad tal curso existe. Sin embargo, en un momento, hubo una propuesta de eliminar tal curso, argumentando que su temario no era pertinente para la mayoría de los estudiantes y que sería mejor si fuera opcional para la minoría de los estudiantes con el interés en la enseñanza. La idea parecía prosperar, pero una estudiante, Belinka González, en una reunión donde se discutía esta propuesta, levantó la mano y dijo algo como: "Estimados profesores, en este curso he aprendido más física que en muchos otros cursos que he tomado con ustedes. No lo deben eliminar." A raíz de ese comentario, ¡el curso se mantuvo como obligatorio! Aunque los tiempos han cambiado y ya nadie habla de eliminarlo, aún no existe formalmente un programa de estudio de enseñanza de la física.

En cuanto a la formación de maestros de física, actualmente las Escuelas Normales Superiores son los lugares donde se imparte. Allí se preparan a las personas para enseñar física en secundaria. Sin embargo, esta es otra historia y tal vez no sea conveniente comentarla ahora. No sé cuántos lugares en México realmente adopten la postura de dividir la carrera de física en diferentes caminos. Aquellos que deseen ser físicos investigadores tendrán su propia trayectoria, y aquellos que quieran ser físicos educadores deben seguir su propio camino. Desde mi punto de vista, este sería el enfoque correcto. A menudo les digo a mis estudiantes que no deben soñar con convertirse en investigadores de torres de marfil, donde solo se dedican a la investigación. Siempre tendrán que enseñar. Si no saben nada sobre cómo funciona el proceso de aprendizaje, incluso al impartir cursos técnicos, no es seguro que lo hagan de la mejor manera. Simplemente seguirán enseñando como les enseñaron a ellos: -Aquí tienes el contenido, ahora resuelve este problema-. Para que realmente haya un verdadero aprendizaje, toda la cuestión de la calidad de la enseñanza depende de mecanismos de control. Como mencioné antes, en la física profesional tenemos mecanismos de control (editores y árbitros en las revistas de investigación), pero en la enseñanza casi no existen. Nadie está observando cómo estás enseñando, cómo calificas los exámenes, cómo impartes tus lecciones.

NM: He visto que trabajas bastante con la experimentación discrepante en la clase de física ¿Qué ventajas ofrecen a la hora de enseñar física?

JS: Las ventajas en términos de cambiar el esquema de pensamiento del estudiante son significativas. Generar motivación para que los estudiantes enfrenten el reto de un experimento discrepante es fundamental. En este sentido, la idea de los experimentos discrepantes se relacionan con un enfoque bien trabajado y conocido, como el enfoque de "Predecir, Observar y Explicar" o POE. En este enfoque, se plantea una situación en la que los estudiantes deben hacer una predicción sobre lo que sucederá si se cambia algún detalle. Aquí es donde los alumnos

a menudo caen en la trampa de predecir algo que debería suceder según sus propias ideas y modelos conceptuales. Sin embargo, cuando observan que sus predicciones no se cumplen, se produce un experimento discrepante.

Es importante que los estudiantes vean que sus ideas no funcionan como esperaban. Después de observar la discrepancia entre lo predicho y lo observado, deben explicar lo sucedido. Un experimento discrepante puede desencadenar un fenómeno conocido como "desequilibrio cognitivo", ya que los seres humanos siempre buscamos un equilibrio entre nuestras ideas sobre el mundo y lo que realmente sucede en el mundo. Cuando ocurre algo que desafía nuestras ideas, buscamos alcanzar "equilibrio cognitivo", lo cual puede implicar una reestructuración o incluso un cambio completo de nuestras ideas. Como dijo Aristóteles, el aprendizaje comienza con la sorpresa. Cuando el mundo nos sorprende y sucede algo inesperado, es cuando realmente comenzamos a replantearnos nuestras ideas.

El experimento discrepante puede desempeñar un papel importante en este proceso de reflexión, reevaluación y cambio de ideas. Sin embargo, también es necesario tener en cuenta un fenómeno potencialmente no deseado en el modelo POE. Si se abusa de los experimentos discrepantes, los estudiantes pueden desarrollar una actitud no deseada. Por ejemplo, pueden adoptar la postura de que su primera idea, la que les parece correcta, seguramente es incorrecta y la descartan automáticamente. Este efecto no es muy beneficioso si se exagera el uso de experimentos discrepantes. Una alternativa más amigable, promovida por Eugenia Etkina en el modelo ISLE (Interactive Science Learning Environment), es el enfoque de "observar, explicar y poner a prueba explicaciones". Este enfoque permite que los estudiantes observen un fenómeno y generen diferentes explicaciones. Aquí se valora la diversidad de pensamiento, al mostrarles a los estudiantes que una misma cosa puede ser interpretada de diferentes maneras. Después, se les pide que demuestren la viabilidad de su explicación a través de un experimento de verificación.

De esta manera, se suaviza el enfoque, evitando que los estudiantes se sientan constantemente equivocados. Ahora, pueden pensar en sus explicaciones como hipótesis que desean demostrar que son correctas. Proponen experimentos para poner a prueba sus explicaciones y así demostrar su validez. También se pueden considerar nuevos aspectos y realizar nuevos experimentos para analizar las predicciones hechas por diferentes explicaciones. Últimamente me inclino más por el enfoque en el que los estudiantes proponen diferentes explicaciones y buscan verificar su viabilidad. Es un cambio que me agrada, ya que fomenta la participación activa de los estudiantes en el proceso de aprendizaje.

NM: Muchos profesores suelen decir que esto les exige mayor trabajo...

JS: Sí, es una crítica común sobre el factor tiempo en la enseñanza. Es cierto que invertir en la planificación y ejecución de experimentos discrepantes puede implicar un gasto considerable de tiempo, aunque eso se compensa de otras maneras. Muchos profesores argumentan que se ven obligados a priorizar los resultados, como el número de estudiantes que pasan exámenes de admisión a universidades o que aprueban los cursos. Este enfoque centrado en los resultados puede generar una negación a dedicar tiempo a la enseñanza, especialmente en el ámbito universitario, donde la investigación suele ocupar un lugar prominente. Existe una preocupación de que enseñar conceptos y pensamiento crítico, que no están directamente relacionados con los exámenes de admisión, sea una pérdida de tiempo.

Es comprensible que los profesores opten por enseñar lo que se evaluará en los exámenes de admisión, ya que sus evaluaciones y posiciones académicas están en juego. Si los estudiantes no tienen éxito en los exámenes, eso se refleja negativamente en los profesores. Por eso, muchos prefieren enfocarse en enseñar lo que se evaluará y asegurarse de que sus estudiantes aprueben. Sin embargo, como mencioné anteriormente, la enseñanza tradicional basada en este criterio de resultados no tiene en

cuenta aspectos fundamentales, como el desarrollo de habilidades importantes para la vida y el pensamiento crítico.

Creo que el cambio en el sistema educativo debe ser profundo, especialmente en lo que respecta a los exámenes de admisión. Si modificamos el tipo de exámenes de admisión, también debemos cambiar la forma de enseñar. La única manera de fomentar el desarrollo del pensamiento científico es a través de exámenes que evalúen ese tipo de pensamiento. Si se utilizan exámenes de pensamiento creativo y crítico, queda claro que la enseñanza tradicional no tiene oportunidad, ya que no se enfoca en enseñar esas habilidades. Existe una especie de conspiración entre la enseñanza tradicional y los exámenes tradicionales, que están diseñados para medir el cumplimiento de estándares. Esto representa un problema que no se puede resolver sin un enfoque distinto en la educación.

Últimamente me he interesado mucho en el pensamiento crítico y creativo de los estudiantes. Me alegra ver que los estudiantes son capaces de proponer experimentos muy originales, que van más allá de lo que se enseña convencionalmente. Publiqué varios artículos basados en las ideas creativas de los estudiantes, especialmente relacionadas con las demostraciones de ingravidez en la caída libre. Personalmente, confío mucho, también, en el pensamiento crítico de los estudiantes. Un ejemplo concreto tiene que ver con un error grave que se encuentra en una edición del libro de texto “Fundamentos de física” de Halliday, Resnick y Walker en que aparece un problema que describe el movimiento de una esfera con un diámetro de seis centímetros y una masa de seis kilos. Al pedirles a los estudiantes que cuestionen críticamente lo que dicen los problemas numéricos en tal libro de texto, uno de los estudiantes de primer semestre de licenciatura en física señaló que no podía ser posible tener una esfera con esas características. Descubrió un error en la densidad, que resultaba mucho mayor que cualquier densidad real en la Tierra. A pesar de que este error ha pasado desapercibido en cuatro ediciones del libro de texto (¡que ha sido revisado

por cientos y utilizado por miles de profesores con doctorado en física!), un estudiante fue capaz de detectarlo. Su atención no estuvo sobre qué fórmula usar para calcular lo indicado, sino si la situación descrita en el problema era o no viable. En el análisis, el estudiante usaba sus experiencias sensoriales: Me parece que el tamaño de la esfera es muy pequeño para que tenga tanta masa.

Los autores y revisores detrás de las ediciones de ese texto no han mostrado pensamiento crítico ante un error en un problema de física, donde se mencionaba una esfera con un diámetro de seis centímetros y una masa de seis kilos. Este pequeño ejemplo demuestra la utilidad de enseñar explícitamente el pensamiento crítico. Además, considero que también es importante enseñar habilidades de comunicación, colaboración y estrategias de aprendizaje autorregulado, ya que son habilidades necesarias para enfrentar los constantes cambios tecnológicos. En mi opinión, el papel del profesor no se limita a enseñar una materia específica como física. También debemos enseñar para formar ciudadanos íntegros, fomentando habilidades del siglo XXI: loss pensamiento crítico y creativo, la comunicación, la colaboración y, sobre todo, las estrategias de aprendizaje. Enseñar física o cualquier otra materia de manera integral implica brindar a los estudiantes herramientas que serán útiles en su vida posterior. Aunque enseñar estas habilidades puede resultar desafiante, especialmente en un sistema educativo tradicional, considero que es fundamental. Requiere un esfuerzo mental por parte de los estudiantes que no se encuentran en la enseñanza tradicional. Es importante fomentar el trabajo grupal, ya que esto puede ayudar a los estudiantes a desarrollar estas habilidades. Afortunadamente, la física y las matemáticas son contextos ideales para enseñar estas habilidades, ya que siempre podemos poner a prueba las ideas mediante experimentos y modelaciones lógicas. Promover estas habilidades es brindar a los estudiantes las herramientas necesarias para su vida futura.

El maestro o la maestra debe presentar la importancia de estas habilidades como algo fundamental para

el futuro de los estudiantes. Convencerlos de que esto les beneficiará es crucial, pero no es una tarea sencilla. No tengo una receta específica para lograrlo en todas las asignaturas, ya que cada una tiene sus propias particularidades. En asignaturas como ciencias sociales, donde predominan las opiniones, puede ser más complicado. En el arte, por ejemplo, las apreciaciones pueden ser subjetivas. Sin embargo, en física y matemáticas hay posibilidades de comparar ideas, evaluar su productividad y aceptabilidad. Es ahí donde podemos fomentar el pensamiento crítico y creativo. El desafío radica en cómo lograr este cambio a gran escala. Personalmente, creo que es necesario un cambio en la universidad, ya que el modelo actual no es sostenible en un mundo en constante transformación. Es inconcebible que, en comparación con los profesionales del siglo XVII, el único profesional que no ha cambiado su forma de trabajo sea el profesor universitario, a pesar de todos los avances tecnológicos disponibles.

El cambio integral no será fácil debido a la resistencia al cambio por parte de muchos profesores, que no quieren perder la comodidad de simplemente exponer contenido. Además, existe una percepción de que la enseñanza es una carga o un obstáculo para la investigación. El problema radica en que la universidad tiene una gran inercia y carece de cambios significativos. No tengo una receta específica para lograr este cambio integral en la universidad en este momento. En mis cursos, hago lo que puedo y tengo la ilusión de que está funcionando. Permíteme contarte un episodio como ejemplo...

En el curso "Desarrollo de habilidades de pensamiento complejo", fomento la reflexión y les pido a mis estudiantes que escriban ensayos. Para evaluar si estoy logrando mi objetivo les realizó una encuesta anónima. Una de las preguntas que les hago es si comparten lo que aprenden en el curso con otras personas. Recuerdo que una respuesta en particular me impactó. Un estudiante dijo que comparte todo lo que hace en el curso con su familia, pero lo mejor lo guarda para compartirlo con su novia. Me pareció una respuesta genial y pensé que si logramos que los estudiantes discutan sobre lo que

aprenden en el curso de física con sus parejas, estamos haciendo algo bien. Creo que esta conexión emocional con el contenido se logra más con “cambios conceptuales” causados por los experimentos discrepantes y menos a través de la manipulación de ecuaciones y fórmulas. Es necesario ir más allá y generar una experiencia significativa de aprendizaje. A veces, como profesores, estamos acostumbrados a hablar desde nuestra posición de experiencia y no escuchamos lo que los estudiantes tienen para decir. Es importante que haya un diálogo fluido y una escucha activa y respetuosa.

NM: *Sí, he visto mucho ese dilema entre profesores que quieren hacer cosas alternativas pero no pueden desprenderse de la formalidad de las matemáticas y consideran que si el estudiante no domina una ecuación entonces fue tiempo perdido, así se hallan “divertido” en la clase, ¿qué opinas de esto?*

JS: En cursos de física, debería haber un lugar natural para los lados cualitativos y cuantitativos. ¿Qué quiero decir con esto? Pues que existe un camino natural que se debe seguir. Primero, está la exploración cualitativa y conceptual. Ahí es donde todo debería comenzar. Luego viene la exploración cuantitativa y experimental. Después, si deseas profundizar y abordar aspectos cuantitativos y detalles finos, es cuando entran los modelos matemáticos y la comparación entre ellos. La matemática se puede utilizar como una herramienta, pero realmente no tiene sentido utilizarla de manera aislada. Esto se debe a que los estudiantes no van a aprender física sólo mediante la manipulación matemática. De hecho, hay varios resultados de investigación educativa que demuestran que la manipulación matemática no contribuye al aprendizaje conceptual de la física. Esto significa que los estudiantes pueden resolver cientos de problemas cuantitativos, pero cuando se les presenta un problema cualitativo donde no deben utilizar ninguna fórmula, si intentan usarla, estarán equivocados. Esto indica que no han comprendido la parte conceptual. Permíteme darte un ejemplo para ilustrar esto.

Imagina que tomas una lata de gaseosa dietética y la colocas en un recipiente con agua. Lo sorprendente para muchos es que la lata flota y sale un poco de agua. Ahora, te preguntas qué pasaría si viertes el aceite en el recipiente. La gran mayoría de los estudiantes dice que la lata se hundirá o bajará cuando se coloque en el aceite. Cuando la lata se eleva y se coloca casi completamente en el aceite, es como un milagro para ellos. Predecir y explicar tal comportamiento de la lata no es fácil porque tienen una idea muy arraigada. Algunos dicen que si hay un barco flotando y te subes a él, el barco se hundirá más porque hay más peso en el barco. Entonces, si hay agua y echas aceite sobre la lata, la lata se hundirá.

La explicación es un poco más compleja debido a que el aceite ejerce presión hacia abajo no solamente sobre la lata sino, también sobre el agua alrededor de la lata. La presión hidrostática del aceite sobre el agua es un poquito mayor que la presión hidrostática sobre la lata. Según el principio de Pascal, tal presión de aceite sobre la superficie del agua se transfiere y empuja la lata hacia arriba. Cuando se les explica esto, lo aceptan y se sorprenden de no haberlo podido explicar anteriormente. Ahora, te doy este ejemplo por la siguiente razón: si alguien quiere introducir el modelo matemático, debería conocer la densidad de la lata, la densidad del agua (que ya se conoce) y la densidad del aceite, para luego calcular cuánto va a salir la lata del agua hasta que se establezca el equilibrio. Sin embargo, en muchos libros de texto, en varias ediciones, la explicación del equilibrio se expresa de la siguiente manera: el peso de la lata se equilibra con la fuerza de empuje del agua y la fuerza de empuje del aceite. Pero esto es erróneo conceptualmente, aunque te sale correcto el cálculo numérico.

Permíteme aclarar un punto importante. El aceite no ejerce la fuerza de empuje sobre la lata. La única fuerza de empuje que actúa es la del agua. La acción del aceite sobre la lata es una fuerza hacia abajo. Lo que empuja hacia arriba es la fuerza de empuje del agua, junto con una fuerza adicional debido al principio de Pascal. Este ejemplo demuestra que

incluso profesionales de la física, tienen la misma idea errónea de que el peso de la lata se equilibra con la fuerza de empuje del agua y del aceite. Pero esto es conceptualmente incorrecto. Este es solo un pequeño ejemplo que demuestra la importancia de tener un aprendizaje conceptual primero antes de desarrollar modelos matemáticos.

Cuando los físicos aprendían física, tenían errores conceptuales y se generaban discusiones. Nadie podía decir "tú no sabes, esto es así". Se armaban debates y discusiones. Eso es lo que ocurría cuando los físicos aprendían física como físicos. Ahora, cuando los estudiantes deben aprender física, parece que se espera que no tengan dudas. Sin embargo, las dudas que tienen los estudiantes de hoy son a menudo las mismas que tuvieron los físicos en algún momento de la historia. Este es otro tema importante que debería abordarse, permitiendo que los estudiantes conozcan al menos algunos episodios importantes de la historia de la física. No sobra destacar que los libros de texto de física presentan la historia de manera muy reducida y, a veces, errónea.

NM: Bueno hay muchos otros temas que quisiera que conversáramos, por lo pronto, le agradecemos la disposición para dialogar y analizar todas estas situaciones que circundan al campo de la enseñanza.

JS: Gracias a ti por la paciencia y por las bonitas preguntas, que si han estado enfocadas en problemas cruciales de enseñanza. No son temas sencillos. Espero que en el futuro haya oportunidades para colaborar en algún proyecto educativo juntos.

Publicaciones recientes del profesor Josip Slisko

Slisko, J., "Textbook and curriculum alignment," in The International Handbook of Physics Education Research: Special Topics, edited by M. F. Taşar and P. Heron (AIP Publishing, Melville, New York, 2023), pp. 15-1–15-34.

- Krulj, I. & Slisko, J. (2023). Absence of buoyant force in free fall: A magnetic demonstration. *The Physics Teacher*, 61(4), 312 – 313.
- Slisko, J. & Corona Cruz, A. (2022). Demonstrating free-fall weightlessness with a charged needle electroscope. *Physics Education*, 57(5), 053006.
- Slisko, J. & del Rosal Garduño, R. (2022). A bubble-based demonstration of free-fall weightlessness. *The Physics Teacher*, 60 (6), 527.
- Slisko, J. (2022). Students' demonstrations of atmospheric pressure. *The Physics Teacher*, 60(6), 514-515
- Slisko, J., Božić, M. & Marković-Topalović, T. (2021). The physical cause of atmospheric pressure: weight of air or molecular motion and impacts? *The Physics Teacher*, 59(6), 470 – 473.
- Slisko, J. (2021). Facebook-supported tasks for exploring critical and creative thinking in a physics teaching course. *Knowledge Management & E-Learning*, 13(1), 58–82.
- Slisko, J. (2021). El tomate que no flota en agua: Una posible secuencia para el aprendizaje activo de ingravidez. *Góndola. Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 16(1), 38 - 45.
- Slisko, J. (2020). Demonstrating the physics involved in astronaut spacewalk training. *The Physics Teacher*, 58(9), 680 - 681.
- Slisko, J. (2020). What students can learn from Fibonacci's error in solving "The lion in a pit" problem. *Góndola. Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 15(2), 216 – 238.
- Slisko, J. & Kutleša, Ž. (2020). Water jet from a bottle in free fall. *Physics Education*, 55(4), 053004 (4pp).
- Slisko, J. (2020). A new role for the Cartesian diver: Showing free-fall weightlessness. *The Physics Teacher*, 58(6), 446

