

La tecnología en la enseñanza y el aprendizaje de la física

Roberto Sayavedra Soto

Facultad de Ciencias, UNAM

roberto.sayavedra@alexandria21.net



LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

Los avances de la ciencia y la tecnología han influido en el desarrollo de la sociedad. Lo que son las garras al león, son los desarrollos tecnológicos a los seres humanos.¹ Por lo que ha sido una preocupación de los educadores incorporar a la tecnología en el curriculum escolar. El ejemplo se tiene con la escuela secundaria técnica en nuestro país en los años 70. El riesgo es que la incorporación de esta rama del conocimiento humano en el curriculum escolar se da en un marco filosófico que responde a la época en la que se tomó la decisión. Este tipo de decisiones en la educación marca el desarrollo de los sistemas educativos a largo plazo. Y si en los años setenta la tecnología estaba subordinada a la ciencia y podía reducirse a ella, es decir, dependía ontológicamente de ella,² la imagen que se formaron los alumnos de esa época sobre la tecnología está afectando su desempeño en la sociedad actual.

Son varios los problemas que aparecen en la práctica de los docentes cuando se maneja de forma inconsciente esta creencia de la tecnología con los alumnos. Problemas que van desde que la tecnología tiene un *status* inferior a la ciencia, ocasionando que se tenga una actitud de menor estima en los ambientes académicos al conocimiento práctico respecto del teórico, hasta confundir en las investigaciones educativas la utilización de la tecnología para el desarrollo de habilidades operativas de la misma, en vez de analizar el valor educativo de ésta. Por ejemplo, últimamente se está prestando más atención en la enseñanza de la ciencia al empleo de computadoras y sus amplias posibilidades de uso en red (como Internet) y no visualizar cómo el uso de la tecnología computacional afecta la mente de los alumnos y su visión sobre el quehacer de la ciencia.

Niiniluotto³ ha analizado con detalle la naturaleza de la tecnología, proponiendo cinco modelos sobre sus relaciones con la ciencia:

- La tecnología se subordina a la ciencia y puede reducirse a ella; depende, pues, ontológicamente, de la ciencia.
- La ciencia se subordina a la tecnología y puede reducirse a ella; es decir, depende ontológicamente de la tecnología.
- Ciencia y tecnología son más o menos lo mismo. Esta posición conduce al concepto de tecnociencia introducido por Latour.⁴
- La ciencia y la tecnología son ontológicamente independientes; también lo son desde un punto de vista causal.
- La ciencia y la tecnología interaccionan causalmente, pero son ontológicamente independientes.



Artículo publicado en el Boletín de la Sociedad Mexicana de Física, No. 2, Vol. 18, Abril-Junio 2004.

Hoy en los ejemplos de los avances de la ciencia, en específico de la física, no se distingue en dónde interviene ésta, o en dónde el avance es consecuencia de la aplicación de la tecnología. Los premios Nobel de Física del año 2002 se otorgaron por los experimentos realizados con rayos X y neutrinos "abriendo dos nuevas ventanas al Universo" (<http://nobelprize.org/physics/laureates/2002/>) para continuar con el desarrollo de la astronomía. En el ejemplo no se distingue si los experimentos se realizaron para mostrar las posibilidades de desarrollo de este tipo de tecnología; o si las necesidades de esta nueva rama de la astronomía ocasionaron que se realizaran los experimentos. Donde por cierto las técnicas experimentales empleadas por los investigadores nos recuerdan que la observación y la experimentación científicas están cargadas de una competencia práctica previa, y que está fuertemente condicionada por la tecnología.²

Si se busca una posición sobre lo que es hoy la tecnología y cuál es su influencia en el ámbito educativo llevará a un desarrollo de este trabajo fuera de los alcances del mismo. En cambio si buscamos un punto de vista operativo de la influencia de la tecnología, en sus diferentes manifestaciones, sobre el ámbito de la educación, encontraremos diferentes significados que ayudarán a los profesores a desempeñarse eficazmente cuando se asocien tales manifestaciones al hablar de Física con sus alumnos.

INFLUENCIA DE LA TECNOLOGÍA EN LA MENTE DE LOS EDUCANDOS

Cuando se busca una muestra o evidencia de la cultura humana en alguna región, se buscan muestras de la tecnología desarrollada por la sociedad que habitó dicha región. Hoy en nuestro caso, las evidencias de la tecnología desarrollada son complejas. La tecnología desarrollada hasta el momento nos "hace poderosos". ¿Cómo es o cómo se refleja este poderío? Evidentemente, la tecnología afecta diferentes campos de la vida. ¿Es la tecnología capaz de hacernos cognitivamente más poderosos? Es a través de las diferentes manifestaciones de la tecnología que el ser humano manifiesta el uso de su inteligencia para la solución de sus necesidades.

Una primera pregunta es ¿qué funciones de la mente son afectadas por la tecnología? Son varias

las respuestas posibles: sobre el conocimiento adquirido, sobre el acceso al conocimiento, y sobre la organización de los esquemas de conocimiento. Sin embargo para ocuparse específicamente de la tecnología en la enseñanza de la física, hay una clase de efectos cognitivos relacionados con el acceso y organización del conocimiento. Se trata de los efectos cognitivos sobre lo que Perkins denominó componentes tácticos de la actividad intelectual o marcos de pensamiento (*thinking frames*). Un "marco de pensamiento" es una "representación cuya intención es guiar el proceso de pensamiento apoyando, organizando y catalizando dicho proceso... el "marco" organiza nuestro pensamiento tanto como el visor de una cámara fotográfica enfoca y da dirección en el momento de sacar una fotografía".⁵

La tecnología afecta sobre los "marcos de pensamiento" de las personas produciendo clases de efectos sobre ellas cuando interactúan con la misma tecnología:

- a) La creación de metáforas que vienen a servir como "prismas cognitivos" a través de los cuales se examinan e interpretan los fenómenos,
- b) la estimulación de nuevas diferenciaciones con la consecuente creación de nuevas categorías cognitivas,
- c) la potenciación de la actividad intelectual,
- d) la potenciación de algunas habilidades específicas y la parcial extensión de otras, y
- e) la internalización de modos y herramientas simbólicas tecnológicas que sirven como herramientas cognitivas.

Estas clases de efectos no agotan la gama de posibles formas por las cuales las tecnologías impactan los marcos, pero representan una amplia variedad de los mismos.⁶

Los marcos de pensamiento implican elementos tales como estrategias de pensamiento y de aprendizaje, el uso de lo metacognitivo, las maneras de ver el mundo y el dominio de determinada habilidades de procesamiento.⁶ Estos elementos están relacionados con la dimensión del papel del individuo: va desde los efectos que son incidentales, parte del proceso individual de culturización como consecuencia de la misma influencia de la tecnología dominante, hasta aquellos más deliberados en los

cuales el compromiso de la mente juega un papel importante.

LAS METÁFORAS EN LA FÍSICA Y LA EDUCACIÓN

Este tipo de efecto no se refiere a la tecnología en sí misma, pero influye en la forma en que el individuo percibe el mundo. Tecnologías tales como el torno y el arado en la antigua Grecia, el reloj en la Europa medieval, el motor a vapor más adelante, y hoy la computadora. Estas tecnologías asumen ese rol en virtud de poder “definir o redefinir el papel del hombre en relación con la naturaleza”.⁶ Adoptada por filósofos, poetas y científicos, una tecnología nueva y dominante sirve como metáfora, como lente de aumento, a través de la cual un conjunto de ideas dispares de una cultura se enfocan hacia un mismo sentido.

Las metáforas también funcionan como reorganizaciones del conocimiento ya adquirido. Es un tipo de procesamiento de la información de segundo orden, por el que una persona usa una metáfora adquirida para reexaminar su conocimiento, para reorganizarlo, y como consecuencia para reinterpretarlo. Además, las metáforas sirven también como guías en la exploración de fenómenos nuevos.

El uso de metáforas no es ajeno a la propia ciencia, incluso en la ciencia de vanguardia como ocurrió cuando Einstein dijo: “Dios no juega a los dados” para aclarar su posición sobre la organización del Universo. Las metáforas en la ciencia pueden ser interpretadas no sólo como algo pedagógico o heurístico, sino que en ellas se muestran también

componentes significativos de las teorías científicas.⁷ Los ejemplos son: los “nichos” ecológicos, la “escalera” del ADN, la “caja negra” de la psicología. Otro ejemplo ha sido para ilustrar las diferencias entre interacción y medida en la mecánica cuántica, cuando *Schrödinger* propuso un experimento imaginario que tenía como protagonista a un gato que acabó tomando como apellido el del célebre austriaco. También es famoso en termodinámica el *demonio de Maxwell*, un ser capaz de poner en entredicho el segundo principio de la termodinámica mediante la separación de partículas de diferente cantidad de movimiento haciendo disminuir la entropía y aumentar el orden en el sistema.

Aplicando la última metáfora mencionada a las instituciones educativas y de acuerdo a lo mencionado por Bourdieu⁸ cuando planteó la idea de que el sistema escolar en su conjunto pudiera actuar como una suerte de *demonio de Maxwell* que, a cambio de una gran cantidad de energía para llevar a cabo la selección de alumnos, mantiene el orden preexistente en la sociedad en relación con el capital cultural de cada cual. Según él, más allá de las retóricas progresistas, la escuela es un complejo artefacto capaz de separar y legitimar la distinción de los poseedores de capital cultural heredado respecto de quienes carecen de él por su origen. Al margen de su radicalidad y la discusión sobre su pertinencia, es difícil negar la potencia que tiene la metáfora de Maxwell, en el uso que Bourdieu hace de ella, para revelar aspectos poco visibles de las funciones de las instituciones escolares.⁷

Sin tratar de refinar lo expuesto sobre un uso metafórico de las propias metáforas de la ciencia como en el ejemplo anterior, es evidente que la reflexión a la que nos motiva, la suposición de aplicar muchos conceptos científicos de modo metafórico a la realidad de las actividades de enseñanza y aprendizaje en las aulas tiene una enorme potencia para explicarnos muchos aspectos de la vida escolar. ¿Por qué no dejar a nuestros alumnos que utilicen metáforas cuando hablen en física?

Otro ejemplo es el desgaste que juegan los profesores innovadores *versus* los que llevan trabajando años en una institución, cuando éstos consiguen destruir lo que aquéllos trabajosamente han construido, puede quedar muy bien reflejado



y hasta explicado si se sabe cuáles son los *estados inerciales* de muchas instituciones escolares: el reposo o movimiento rectilíneo uniforme, del que sólo se apartarán por la acción de una fuerza. Y con ésta y otras metáforas dar una descripción completa de la problemática *crystalizada* a la que se enfrentan las instituciones educativas ante la necesidad de instaurar cambios en este principio de siglo.⁷

Digamos que hasta aquí el efecto sobre los “marcos del pensamiento” que nos proporciona la tecnología para explicar el comportamiento de la Naturaleza, donde incluimos a los fenómenos sociales en ella, sobre todo si se considera a la educación no como algo natural, sino social, construido y decidido.⁷

EL AVANCE DE LA TECNOLOGÍA CREA NUEVAS DIFERENCIACIONES

Cuando se piensa en lo ocurrido con la alfabetización en la Edad Media, aparece el argumento de que una de las grandes e importantes consecuencias de la alfabetización fue la diferenciación cada vez más profunda entre lo que *se dice o se escribe* y lo que *se entiende*, se interpreta, se agrega o se atribuye a lo dicho o a lo escrito. Esta distinción comenzó cuando los jueces se alfabetizaron y comenzaron a distinguir entre sueños, profecías y visiones (los cuales eran anteriormente aceptados como evidencias), de testimonios oculares objetivos u otras versiones verificables.⁶ Hoy un profesor cuando se encuentra desempeñándose entre los planos de la mente, el del papel o pantalla de la computadora y la red (de profesores o de computadoras) apoyado con la tecnología de la telemática, potencia en él una diferencia profunda con aquel profesor de siglos anteriores. Esto debido al contacto directo con esta tecnología y a la “obligación” que impone ésta dadas sus características de aprendiz. Por ejemplo, los profesores que aprenden a programar a la computadora, también aprenden a diferenciar un “error” (algo malo y en algunos casos irreversibles) de un fallo que puede ser identificado y corregido por etapas.

Mientras que el camino no directo tiene una base cultural, como el de las metáforas, y es captado por el individuo de una manera relativamente pasiva, las diferenciaciones hechas por contacto directo, a través de la experiencia de primera mano por ejemplo

con una computadora, no serán necesariamente compartidas, pero requieren un individuo activo que las cree. Cuando un profesor cae en lo que se ha denominado como el “olvido” de la tecnología, cuando no hay un acto consciente que le marque las diferencias lo lleva a generar imágenes en los alumnos de una tecnología subordinada a la ciencia. Trabajar en el laboratorio de física para “comprobar” lo expuesto en teoría conlleva visiones deformadas de la ciencia.⁹

Posiblemente el olvido de la tecnología venga desde la forma de su desempeño en el aula cuando se imparte la materia de física. Al analizar la naturaleza de la actividad científica, es decir, comprender cómo se construyen y evolucionan los conocimientos científicos, se imparte una física deformada, impartiendo visiones deformadas acerca de la naturaleza de la ciencia y de su actividad. Una forma de llevar a cabo la diferenciación sería contrastar el trabajo experimental de Ohm para llegar a la descripción del comportamiento de la corriente eléctrica a través de un conductor cuando se le aplica una diferencia de potencial;¹⁰ pasando a través de la descripción que hace el mismo Albert Einstein sobre cómo llegó a la concepción de la teoría de la relatividad,¹¹ hasta lo que es hoy el trabajo en el laboratorio con la ayuda de la computadora en una práctica sobre movimiento o electricidad.

Lo anterior lleva a la necesidad de poner atención en el uso de la computadora en la enseñanza y el aprendizaje de la física. Si esta tecnología ha llevado a los niños a buscar diferencias, donde se implica la metacognición, cuando la computadora les gana en los juegos, ya que “ella” piensa mejor. Un alumno, cuando realiza simulaciones en la computadora, no tiene las habilidades para diferenciarla entre una caja negra y un instrumento que crece sus sentidos.

TECNOLOGÍAS QUE POTENCIAN POR ASOCIACIÓN

La palabra escrita amplió el alcance del pensamiento al ayudar al ser humano a evitar las limitaciones de la memoria. El procesamiento de la información podría ampliar aún más el alcance del pensamiento, al ayudarnos a evitar las limitaciones humanas en la capacidad computacional, lo que

incluiría no sólo la computarización de números sino también de palabras e imágenes.¹²

Algunas tecnologías no son simplemente artefactos a los que uno esté expuesto de forma pasiva, ya sea directa o a través de la transmisión cultural; las tecnologías también son un conjunto de técnicas con las cuales el individuo interacciona de forma activa. En lo que respecta a la informática, que puede trascender la cognición humana, el individuo interacciona con ella formando una *asociación intelectual*.⁶

El profesor de física deberá saber cómo asociarse con software que le permita a los alumnos diferenciar las tareas que antes hacían sin ayuda de la computadora, de aquellas actividades escolares donde el uso de la computadora les da oportunidades de desarrollo, es decir, actividades en física que no podrían hacer sin ayuda de este artefacto. Existe una gama de ejemplos de software con los que la computadora puede auxiliar al profesor en el desempeño de su clase. Por ejemplo, la asociación con software libre (<http://www.gnu.org>, www.gnu.org) de los grupos de investigación en física contemporánea ofrece posibilidades de trascender con las investigaciones en el tiempo. Es decir, no depender del desarrollo de plataformas comerciales, las cuales implican gastos cuando se actualizan, para mantener bases de datos, convenciones e investigaciones de su investigación en física a lo largo de los años en plataformas, ayudados con software libre. También el profesor puede asociarse con el software libre para desempeñarse eficazmente en el aula con sus alumnos. Si los alumnos viven esta asociación, comprenderán una faceta con la cual hoy se investiga en esta rama del conocimiento humano.

Uno de los aspectos que aprenden los alumnos de la investigación en física, utilizando herramientas de la telemática, se refiere al tratamiento óptimo de los datos obtenidos. Cómo las computadoras ofrecen una solución y cómo en la medida en la que se requiere un mayor conocimiento de lo ocurrido en el fenómeno aumenta la cantidad de información, implicando un algoritmo para el manejo óptimo de ellos. En el mundo de la educación, para ver una película de un objeto en movimiento en “cámara lenta” se requieren de varios cientos de metros



de película para guardar la información. En la investigación en física, la observación de eventos astronómicos, cuya periodicidad es de cientos de años, requiere de un almacenamiento de datos en plataformas computacionales que puedan analizarse a través de varias generaciones sin menoscabo de la información por deterioro de la plataforma tecnológica empleada.

LOS EFECTOS DE LA TECNOLOGÍA SOBRE LAS HABILIDADES COGNITIVAS

Aquí no nos ocuparemos del aprendizaje de tecnologías específicas sino del cultivo de habilidades *transferibles* que se utilizan durante la asociación con la tecnología. Así, por ejemplo, tanto la imprenta y la alfabetización que se produce a consecuencia de la misma, se consideraban como un apoyo para cultivar el pensamiento abstracto.

En este sentido el planteamiento de Salomon⁶ se diferencia de la mayoría de los estudios que se refieren a los efectos cognitivos producidos por la tecnología, por lo que se han centrado en el cultivo de las habilidades requeridas. A cambio, el aprendizaje de técnicas no es para un mejor manejo de la tecnología, sino para el cultivo y “crecimiento” de habilidades.

Cultivar las habilidades implica que aquellas operaciones mentales usadas a partir de la estimulación producida por algún tipo de herramienta o símbolo, se verán mejoradas como resultado de su uso.⁶ Las consecuencias pueden ser que el individuo sea capaz de pensar en términos más variados como consecuencia de diseñar “*ambientes*” físicos con un “estimulador” experimental;¹² o adquiera la

capacidad de ser más explícito al emplear un lenguaje computacional; o adquiera estrategias metacognitivas como resultado de la programación.

El cultivo de habilidades no puede ser adquirido sino por experiencia directa, de primera mano con la tecnología en consideración. Además, la tecnología debe demandar del individuo un desarrollo mayor de las habilidades que ya posea en el momento de enfrentarse con la tecnología, por lo que se recomienda que antes de usar la computadora para simular experimentos, se requiere que los alumnos adquieran previamente conocimientos prácticos en el laboratorio de física.

El caso del uso de transductores para el análisis de fenómenos relacionados con el movimiento de los objetos, resulta de especial interés, ya que al “crecer los sentidos” de los alumnos se observan aspectos de dicho movimiento que no se perciben con la aplicación de las técnicas tradicionales del laboratorio por falta de tiempo y un análisis profundo del fenómeno. Cuando se emplea un transductor de movimiento se avanza más eficientemente en el análisis del movimiento.

Los tipos de habilidades fomentadas con esta clase de asociación con la tecnología son conocidos como de “vía alta”.⁶ Para el profesor le resulta entonces necesario reconocer el tipo de relación directa que se necesita para conseguir la potencialización de alguna habilidad, es decir, cuáles son las estrategias didácticas que tendrá que llevar a cabo el profesor para beneficiar el proceso de enseñanza y aprendizaje. Tal como sugieren investigaciones recientes sobre este tema, la mera exposición, e incluso alguna actividad inconsciente y pobremente ejecutada, puede no ser suficiente. Si tomamos en consideración los distintos estudios sobre los efectos de la programación en niños, estas investigaciones han fallado en demostrar los efectos cognitivos mensurables más allá de algunos casos (casi siempre pobres) de dominio de la programación en sí misma.¹³

El camino denominado de “vía baja” (*low road*) se caracteriza por la práctica insistente de una actividad en distintas situaciones, lo que conduciría a un dominio casi automático (y por lo tanto poco comprometido mentalmente) de los elementos cognitivos, habilidades o conductas adquiridas.

Dichos elementos se aplicarán sin conciencia a la aplicación en situaciones ya practicadas. A medida que se adquiere más práctica, lo que haya sido aprendido se ejecutará con más solvencia, lo que genera que cada vez sea menos accesible a una inspección consciente, al mismo tiempo que será más accesible al control por parte del estímulo. Cuando se dejan de ejercitar este tipo de habilidades se pierde su control, si no recuérdese a aquella persona diestra en la ejecución del piano ¿qué le ocurrió cuando dejó de ejercitarse durante un largo plazo?

El otro camino, denominado la “vía alta” (*high road*), se caracteriza por ser un aprendizaje relativamente rápido. Este proceso está acompañado por un gran compromiso mental del individuo, el cual deliberadamente abstrae lo esencial del material y lo descontextualiza. Las abstracciones, principios o estrategias que este proceso conlleva estarán luego disponibles para ser transferidas de forma consciente. Por “*compromiso mental*”, se quiere decir: *el empleo de las operaciones mentales no de forma automática sino metacognitivamente, guiadas, deliberadas y enfocadas hacia la realización de una tarea.*⁶

“Existiría una división de trabajo entre la “vía baja” y la “vía alta”. La primera es importante durante el proceso de culturización, de formación de hábitos, de socialización para establecer la imagen de uno mismo. Es importante en la adquisición de actitudes generales y de otros elementos cognitivos y conductas que no pueden ser enseñadas explícitamente de forma abstracta, ya que carecen tanto de disciplina cuanto de base deductiva lógica. Mucho de lo que llamamos “conocimiento tácito”, conducta cultural o estilo cognitivo, se adquiere de esta manera; es un aprendizaje incidental caracterizado por la práctica intensa. Quizás, lo más importante de la “vía baja” es que sea utilizada cuando una nueva habilidad se necesita, de esta forma logra desarrollarse paso a paso. Por otra parte si consideramos la educación en su forma más conocida, tiene que ver con conocimientos y habilidades que sí tienen una disciplina, es decir que pueden ser explicados y que deben ser dominados en un espacio de tiempo relativamente corto. La educación está diseñada entonces, para mover al educando hacia la “vía alta”. Este tipo de aprendizaje se da, por ejemplo, en la adquisición de estrategias que al principio, se basan en intención

*y en abstracción reflexiva. El cultivo de habilidades podría, por supuesto, coger cualquiera de las dos vías, pero uno normalmente se plantea que se produce a través de la experiencia con alguna tecnología que no requeriría esfuerzos y sin que nos diésemos cuenta, es decir, por la “vía baja”. Sin embargo, la utilización de una habilidad en forma repetitiva para tareas sin importancia y rutinarias, podría no conducirnos ni siquiera a la vía baja, no transferiría más allá del primer contacto”.*⁶

*“Unas cuantas horas aprendiendo a programar, aun si consideramos la programación potencialmente poderosa y desde el punto de vista cognitivo, no llega a cubrir los requerimientos básicos de la vía baja: los logros son normalmente pobres, la actividad en sí misma es cuantitativamente escasa e inconsecuente socialmente. Aprender a programar de verdad afecta habilidades cognitivas transferibles, tal como se ve en programadores expertos, pero este es el resultado de una gran cantidad de horas (algunos calculan más de 5000 horas) de programación hecha por individuos para quienes dicha actividad es importante”.*⁶

El compromiso del profesor está entonces en el control del tiempo. Ya que para asociarse con la tecnología computacional de forma consciente. ¿Cómo se tendría que elaborar una estrategia que genere habilidades del pensamiento de vía alta?

“Tanto si se usa la vía alta como la baja para la transferencia de habilidades, el cultivo de las mismas tiene otra cara: hay una pérdida relativa en el énfasis de algunas habilidades con la consiguiente extinción gradual de aquellas que se van volviendo innecesarias. Se ha argumentado, por ejemplo, que la aparición de la escritura, cuyo objetivo era entre otros el registrar información, actividad antes reservada a la memoria, produjo que las habilidades mnemotécnicas al ser menos, perdiesen capacidad. Este podría ser el caso también de las habilidades aritméticas: en una época de informática en la que las calculadoras manuales ya ni siquiera se fabriquen transformarán, tal como puntualizó Herbert Simon, el significado del verbo “conocer” en un verbo que implique acceso más que posesión.

En resumen, el cultivo de una habilidad transferible puede suceder solamente en un encuentro activo con la tecnología, cuando la actividad desarrollada exige

la participación mental del individuo y cuando es consecuente. Entendiendo esto, hay por lo menos dos caminos a través de los cuales una habilidad transferible puede ser cultivada: cuando la tecnología se practica muy asiduamente y por lo tanto la habilidad se vuelve relativamente automática (efecto de vía baja), o cuando en la realización de la tarea el individuo compromete su atención y su consciencia, y se genera deliberadamente una generalización (efecto de vía alta). Comprometiéndose con esto el tiempo de duración de la estrategia que utilice el profesor. Ya que pueden pasar años en los que se utilice una computadora en el aula y los alumnos adquieran habilidades a lo largo del tiempo sin que se den cuenta; o si es en un corto tiempo, se requieren estrategias en las que el alumno se comprometa mentalmente con la actividad que realice. Hay pocos casos de efectos de programación, que entrarían dentro de esta categoría.

ACERCA DE LA INTERNALIZACIÓN

Una forma de explicar este tema, es primero pensar en la naturaleza de la internalización de la tecnología, para esto recurriremos al uso de una metáfora “contraria”. El cine es la externalización de nuestras sociedades y nuestros sueños, del mismo modo, la inteligencia artificial se puede concebir como un intento explícito de hacer un simulacro de los procesos mentales humanos. El concepto de internalización, en cambio, parecería implicar el establecimiento debido a algún proceso de una representación mental o de un conjunto de procesos internos, que de forma muy importante sirven como contrapartida de los sistemas de símbolos, procesos



y herramientas comunicativas externas.¹⁴ Para no confundir a la internalización con el desarrollo de habilidades, se pone el ejemplo cuando una persona se desempeña y/o manifiesta utilizando una herramienta de la tecnología. Un músico interpretando cierta melodía, la manera de colocarse cerca del cuerpo al instrumento, la forma de interpretar al autor, la manifestación de sus sentimientos nos hablarán de una internalización como consecuencia del desarrollo de habilidades relacionadas con la vía alta.

SOBRE LOS CANDIDATOS A UNA INTERNALIZACIÓN DE LA TECNOLOGÍA

Si se parte de que las herramientas de la telemática generan ambientes donde “lo virtual tiene poca afinidad con lo falso, lo ilusorio o lo imaginario. No es lo opuesto a lo real, sino una forma de ser que favorece los procesos de creación”.¹⁵ Nos da una visión de lo que las personas deberán enfrentar para desempeñarse eficazmente en la sociedad. La utilización de las herramientas de la telemática en el aula son idóneas para el desarrollo de habilidades de vía alta que lleven a los alumnos al descubrimiento de espacios diferentes para su desempeño como personas. Esta forma de actuación implica que los alumnos hayan internalizado a la tecnología empleada.

*“Para ser un candidato, hay un número de condiciones que deben ser cubiertas. Debe provenir de la misma, o ser de similar “sustancia” que lo que en ese momento la mente esté usando y manipulando: sonar “sustancia” en el modo de representación simbólica, operaciones y metaoperaciones. Además debe encajar en el nivel de desarrollo ontogenético del individuo. Es decir, los modos simbólicos, las operaciones y las metaoperaciones a las que se enfrenta el individuo en su interacción con la tecnología para que puedan convertirse en herramientas cognitivas, deben ser tales que puedan ser potencialmente reconstruidas y realizadas en la mente del que está aprendiendo. Deben ser por lo tanto, congruentes con su nivel de conocimiento, sus intuiciones y sus capacidades. Cabría preguntarse, ¿por qué debería alguien que está aprendiendo comprometerse en un proceso de internalización de un nuevo modo de representación o en una nueva estrategia?”.*⁶

La segunda de las condiciones para que la internalización de la tecnología se cumpla, es que el sujeto pueda asimilarlo a un esquema ya existente. Para ello, se requiere de un trabajo previo de inducción a los profesores de Física al trabajo colaborativo, enfocado a la solución de problemas en el aula y/o de la asignatura.¹⁶ Dicho en otros términos, una herramienta o un modo de representación puede ser internalizado si sus funciones caen en lo que Vygotsky ha denominado la zona de desarrollo próximo. Y una tercera condición importante es que el candidato tecnológico para ser internalizado debe ser explícito en sus operaciones. Esto implica que las operaciones a realizar con ayuda de la tecnología, por ejemplo de la telemática, sean lo suficientemente explícitas, y no resulten una “caja negra”. Una herramienta que sea candidata para la internalización, debe mostrar la actividad que desarrolla para que el usuario pueda copiar el procedimiento y pueda reconstruirlo en su mente.⁶

Los requisitos para cumplir con esta última condición son los que se han desarrollado con la ayuda de las herramientas de la telemática como los foros y diálogos (chat) virtuales. Las características de estos elementos virtuales implican al usuario la internalización de las tecnologías tradicionales (lectura y escritura, manejo del lenguaje) y de las destrezas para un buen empleo de las herramientas usadas en la tecnología computacional.

CONCLUSIONES

A manera de conclusión se proponen momentos requeridos con los profesores para su actualización y/o capacitación; además, también proponer los dominios que debe internalizar aquella persona que requiere desempeñarse como docente de manera eficaz.

Los momentos iniciales de cualquiera de los profesores que quiera utilizar a las herramientas de las tecnologías de la información y la comunicación en el aula para la enseñanza de la Física, deberán vivir actividades y realizar tareas de sensibilización para un cambio cognitivo,¹⁴ cambio que va más allá de simplemente buscar un cambio en la didáctica de las estrategias didácticas de la física. Para después participar en un segundo momento donde se sensibilice a los profesores sobre las asociaciones

con la computadora que potenciarán su desempeño como docentes en la enseñanza y el aprendizaje de la física. Considero que sólo pasando por estos dos momentos los profesores podrán acceder al tercer momento con la utilización de los espacios virtuales que los lleven a nuevas creaciones de los espacios educativos.

Por último, los dominios del conocimiento humano que deberá un profesor tener para desempeñarse eficazmente son los que se relacionan con los conocimientos de la física, la didáctica de esta disciplina en el aula, el uso de la tecnología computacional para entrenar y crecer los sentidos de los estudiantes, por lo que el último de los dominios es el conocimiento de los alumnos. Este último se relaciona con el campo de la psicología. Todo esto nos habla de un manejo interdisciplinario en aula de parte del profesor para lograr lo que hoy en día son conocimientos que le dan un significado a los alumnos sobre lo que es la física en su educación.

REFERENCIAS

1. E. Carbonell y R. Sala, *Planeta humano*, Ediciones Península, S.A., Barcelona (2000).
2. J.A. Acevedo, *et al.* "Creencias sobre la tecnología y sus relaciones con la ciencia", *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 2, 3, Artículo 9. En: www.saum.uvigo.es/rec/, www.saum.uvigo.es/reec/ (2003).
3. I. Niiniluoto, *Ciencia frente a tecnología: ¿Diferencia o identidad?* *Arbor*, 620, 285-299 (1997).
4. B. Latour, *Science in action. How to follow scientists and engineers through society*, Milton



- Keynes: Open University Press. Traducción de E. Aibar, R. Méndez y E. Peniso (1992): *Ciencia en acción. Cómo seguir a los científicos e ingenieros a través de la sociedad*, Barcelona: Labor. (1987).
5. D. Perkins, *La Escuela Inteligente. Del adiestramiento de la memoria a la educación de la mente*. Barcelona: gedisa editorial (1995).
 6. G. Salomon, *Las diversas influencias de la tecnología en el desarrollo de la mente*. *Infancia y aprendizaje*, 58, (1992) 143.
 7. M. Gordillo "Metáforas y simulaciones: alternativas para la didáctica y la enseñanza de las ciencias". *Revista Electrónica de enseñanza de las Ciencias*, 2, 3, Artículo 10. En: www.saum.uvigo.es/rec/, www.saum.uvigo.es/reec/ (2003).
 8. P. Bourdieu, *Razones prácticas*, Barcelona: Anagrama. (1994)
 9. I. Fernández, et al. "El olvido de la tecnología como refuerzo de las visiones deformadas de la ciencia", *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 2, 3, artículo 8. En: www.saum.uvigo.es/rec/, www.saum.uvigo.es/reec/ (2003).
 10. A.B. Arons, *teaching introductory physics*. Nueva York: John Wiley & Sons, Inc. Bordieu, P. (1994) *Razones prácticas*. Barcelona: Anagrama (1997).
 11. A. Einstein, traducido por Yoshimasa A. Ono. "How I created the theory of relativity". *Physics Today*. agosto (1982) 45.
 12. R. Pfaff, "www.ExploreScience.com" (1997).
 13. Ch. Crook, *ordenadores y aprendizaje colaborativo*. España: Ediciones Morata S.L. Pedagogía (1996).
 14. D. Newman, P. Griffin, M. Cole, *La zona de construcción del conocimiento: trabajando por un cambio cognitivo en educación*. España: Ediciones Morata, S.A (1991).
 15. P. Levy, *¿Qué es lo virtual?* Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, S.A. (1999).
 16. I. McGill, & L. Beaty, *Action learning: a guide for professional management and educational development*, London: Kogan Page (2001).