

EL APRENDIZAJE DE LA CIENCIA Y DE LA INFORMACIÓN CIENTÍFICA EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR

*Martha Elba Gutiérrez Vargas**

Universidad Autónoma Metropolitana. Depto. de Producción Agrícola y Animal. Calzada del Hueso 1100, Colonia Villa Quietud, C. P. 09960. Delegación Coyoacán, México, DF.

Resumen: Un cambio de actitud en el proceso educativo hace necesario integrar el aprendizaje de la ciencia a la Educación Superior. Porque la ciencia implica acciones encaminadas a la búsqueda de la verdad y la producción del conocimiento científico. Contribuye a la explicación de los fenómenos de la naturaleza, de la sociedad y produce las innovaciones científicas y técnicas en salud, prosperidad y seguridad para las naciones. Se considera también un proceso de descubrimiento, diseminación, aplicación o análisis y recuperación de información. Por lo cual, el aprendizaje activo con la literatura científica es importante para la formación del pensamiento científico de los estudiantes y el desarrollo de la capacidad de elaborar una producción científica documentada.

Este ensayo aborda el aprendizaje de la ciencia y la categoría de literatura científica como propuesta para incorporar información y conocimiento al ejercicio de las profesiones. Propone desarrollar en los estudiantes, una cultura pedagógica centrada en la utilización de dos fuentes de información científica: el artículo original de investigación y el artículo de revisión. Estas dos fuentes de información son medios de comunicación de la ciencia, representan fuentes de información científica con calidad para desarrollar el pensamiento experimental y aprender a comprender e incorporar los procedimientos de la ciencia al ejercicio de las profesiones. La identificación, recuperación y procesamiento de estos materiales bibliográficos permite a los estudiantes aprender a trabajar y comprender los procesos lógicos de la naturaleza de la información y del discurso teórico y empírico de la literatura a través de la cual los científicos comunican las síntesis y los resultados originales del proceso de la producción del conocimiento científico.

Palabras clave: Alfabetización científica. Educación superior. Artículos de revisión. Artículos científicos.

Abstract: An attitude change in the educational process is necessary in order to integrate the learning of the science in the undergraduate education. Because the science implies actions guided to the research of the truth and the production of the scientific knowledge. It contributes to the explanation of the nature, society and it produces the scientific and technical innovations in health, prosperity, and security for the nations. It is considered also a process of discovery, dissemination, application or analysis and the recovery of the information. And for this reason, the active learning with the scientific literature is so important in order to create the students' scientific thought and the development of the capacity to elaborate a scientific paper.

* mgutier@cueyatl.uam.mx

This essay approaches the learning of the science and the scientific literature as a proposal to incorporate information and knowledge into professions. It intends to develop, in the students, a pedagogic culture centered in two scientific sources: a scientific article and the review article. Both of these sources are the sources of the communication, then represent the scientific information with quality to develop the experimental thought and to learn the procedures of the science. The identification, retrieval and processing of these bibliographical paper permit the students to learn how to work and understand the logical processes of the information, and the theoretical speech, and the empiric literature which scientists communicate the synthesis and in original results of the process of the production of the scientific knowledge.

Keywords: Scientific literacy. Higher education. Reviews. Scientific papers.

INTRODUCCIÓN

Dos peculiaridades importantes repercuten en la educación, al analizar el desarrollo de la ciencia en la actualidad. Primero, la ciencia se ha vinculado con la práctica convirtiéndose en una fuerza productiva que desarrolla a la sociedad y, segundo, se ha producido un proceso de incorporación de la ciencia a distintas esferas de la vida económica y social. Hoy se considera una fuerza productiva directa, el desarrollo de un país no se concibe, sino es sobre la base de incorporar con rapidez y de forma efectiva los resultados de la actividad de la ciencia a la práctica económica y social.

Las naciones poderosas buscan el liderazgo científico fomentando en sus ciudadanos la capacidad para producir y utilizar la ciencia y la tecnología. Consideran que los recursos humanos capacitados son su principal riqueza y facilitan las condiciones y las oportunidades para que su fuerza de trabajo intelectual:

1. Desarrolle y mantenga el liderazgo a través de las fronteras del conocimiento científico.
2. Incremente los vínculos entre la investigación científica y los objetivos nacionales.
3. Estimule el interés social que promueva la inversión para la ciencia y el uso efectivo y racional de los recursos físicos, humanos y financieros.
4. Multiplique los recursos profesionales, científicos y técnicos para el desarrollo.
5. Incremente la alfabetización científica y tecnológica de los ciudadanos. (Editorial, 1994).

De esta manera, los académicos se encuentran ante la responsabilidad social de impulsar el desarrollo del talento científico en los estudiantes (Beck, 1994 y Wright y Wright, 1998). Esta responsabilidad surge de la necesidad que tiene la nación mexicana de mantener y conservar la salud, el empleo, la economía y su seguridad nacional.

Las universidades han tenido un papel importante en el desarrollo de la ciencia, son el único espacio donde los estudiantes adquieren el conocimiento necesario para aprender a hacer contribuciones originales a la ciencia. El aprendizaje de la ciencia esta de-

terminado por las respuestas que demos a tres preguntas fundamentales: Qué se aprende, Cómo se aprende y Cuándo se aprende la ciencia.

Las respuestas están condicionadas, en primer término, por la teoría de la carga cognitiva, que enfatiza las limitaciones de la memoria de trabajo. Solamente es capaz de mantener cerca de siete piezas o elementos de información simultáneamente cuando necesita procesar más que simplemente guardar información (Séller, van Merriënboer y Paas, 1998). Las tecnologías de la información y la alta productividad de los científicos generan trabajos de alta calidad y gran impacto (Feist, 1997), han rebasado nuestra capacidad para memorizarla. Como segundo término, el ritmo acelerado del desarrollo de la ciencia, produce nuevos datos científicos en períodos de tiempo cada vez más cortos, generando una enorme acumulación de datos científicos. Y tercero, la rapidez con que estos datos cambian, los hace obsoletos con mayor rapidez. (Hodara, 1970 y Noam, 1995).

En el mercado del conocimiento la competitividad en el uso de la información científica es una moneda de cambio, en unos casos, por el desarrollo de ciertos conocimientos como fuente de poder y ganancias; en otros como forma de colaboración con el desarrollo social y productivo.

Este ensayo aborda el aprendizaje de la ciencia y la importancia de la literatura científica para aprender a pensar en términos de los paradigmas científicos para formarse como profesionales. Propone el desarrollo de una cultura pedagógica centrada en la utilización de dos publicaciones científicas: el artículo de investigación y el artículo de revisión. Dos fuentes de información que comunican con periodicidad los procedimientos metodológicos, los avances y las modificaciones con que se construye la ciencia. El propósito es abordar las bases conceptuales que posibiliten guiar el proceso de trabajo intelectual de los estudiantes de nivel superior para aprender y producir ciencia.

1. EL APRENDIZAJE DE LA PRODUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

El conocimiento no es un bien barato. Los países desarrollados gastan una quinta parte del producto interno bruto en la generación y divulgación del conocimiento. La instrucción formal de los estudiantes, antes de que se incorporen a la fuerza de trabajo, absorbe casi una décima parte. Las organizaciones gastan 5 % en la capacitación continua de sus trabajadores, y de 3 a 5 % en actividades de investigación y desarrollo para la producción de nuevos conocimientos (Angeles, 1994).

El cambio en la concepción de la educación profesional inicia con la integración de los procesos de la producción del conocimiento científico y el aprendizaje de la ciencia a los objetivos globales de la sociedad, que se resumen como la búsqueda del bienestar general de los ciudadanos.

El creciente impacto con que los resultados del conocimiento científico modifican los procesos productivos y sociales obligan a reflexionar acerca de lo que ocurre en el sistema educativo cuando el objetivo de la formación de profesionales continua siendo relativamente autónomo de las demandas de la estructura ocupacional pos-moderna.

El advenimiento de nuevas tecnologías producidas científicamente ha tecnificado las dimensiones sociales y culturales del trabajo profesional en los contextos económicos nacionales y mundiales. Principalmente, la infraestructura de la información, proporcionada por la tecnología, ha sido utilizada para generalizar y regular las reglas de operación en áreas heterogéneas de trabajo caracterizadas por altos niveles de tareas inciertas. En la organización burocrática, las técnicas derivadas de la ciencia se utilizan para tratar con el crecimiento de la complejidad de coordinar resultados altamente diferenciados y especializados (O'Mahony, 1991).

Buscar información, solucionar con eficiencia problemas y generar conocimientos son estrategias y procedimientos normales de las actividades de los científicos (Desforges y Lings, 1999). En la actualidad, esencialmente, estas actividades se han incorporado a las prácticas profesionales modernas y las requiere un profesionista para solucionar problemas e incorporar los hallazgos de la ciencia en su campo de trabajo profesional.

La metodología contemporánea de la ciencia, tiene cinco etapas: la acumulación y elaboración de datos empíricos, la construcción y el despliegue de una teoría sobre la base del material empírico recopilado, la explicación de datos empíricos conocidos; la predicción de nuevos datos con la ayuda de la teoría elaborada y, la confirmación de la teoría. Este procedimiento depende de la palabra impresa porque forma parte de un registro público permanente de conceptos, teorías, observaciones, cálculos y resultados para poder referirse a ellos. Y, porque muestra un proceso de trabajo generador de conocimientos, donde se registra cuidadosamente los resultados experimentales y las conclusiones que de ellos se derivan.

2. QUÉ SE APRENDE DE LA CIENCIA

La ciencia como campo de saber difiere de otros campos de trabajo intelectual, porque es un conocimiento organizado que puede verificarse o no mediante la observación y el experimento. La diferencia más relevante está en los procedimientos que utiliza para construir el conocimiento científico, esto es, el enfoque empírico de los problemas.

La ciencia también implica acciones encaminadas a la búsqueda de la verdad y la producción del conocimiento. Es un conjunto organizado de conocimientos (hipótesis, teorías, leyes), elaborados a través de un método (método científico) que orienta la producción de datos empíricos del mundo real a través del experimento (Hestenes, 1992 y Ben-Zvi y Gai, 1994).

La ciencia solo describe eventos particulares, busca los principios generales que permiten su explicación y predicción. En presencia de tales principios, establece conexiones entre diferentes fenómenos para prever acontecimientos futuros. La predicción de los fenómenos permite el desarrollo de la tecnología. Porque todas las aplicaciones requieren de principios que sean predictivos de los efectos particulares que ocurrirían si efectuamos ciertos cambios específicos en un sistema dado.

De tal forma, se habla de ciencia en una situación tal que: a) existen hipótesis generales y están formuladas con suficiente precisión, b) se aplica un mecanismo deductivo que permite abstraer de ellas hipótesis menos generales con consecuencias observables, c) se contrastan esas hipótesis con hechos relevantes, y d) se extraen las consecuencias

teóricas que resulten de la verificación, nunca concluyente, o falsación de esas hipótesis por la experiencia.

Hestenes considera que el gran juego de la ciencia es modelar el mundo real y que cada teoría pone un sistema de reglas para jugar el juego. El objeto del juego es construir modelos validos de objetos y procesos reales. Señala, que tales modelos constituyen el corazón del conocimiento científico. Por lo que para aprender la ciencia, es necesario conocer como los modelos científicos se construyen.

Actualmente existe un rápido crecimiento de la literatura empírica, explorando las diversas habilidades del razonamiento científico, tales como el control de variables; el razonamiento probabilístico; la inducción y generalización de datos; la deducción y la conclusión de premisas; la comprensión de las relaciones causales y la generalización de hipótesis (Moshamand y Thompson, 1981 y Jackson, 1993).

Moshamand y Thompson han encontrado de gran utilidad conceptuar el desarrollo de la competencia para plantear hipótesis en términos de seis secuencias discretas que involucran: (a) la interpretación de hipótesis, (b) la distinción entre teorías experimentales y aplicables, (c) la deliberación de múltiples posibilidades; (d) la relación entre teoría y dato, (e) la naturaleza de la verificación y falsificación, y (f) la relación entre verdad y falsedad.

Solicitando a los estudiantes hipótesis o predicciones para discutir la idoneidad de los experimentos y considerar la tendencia en los datos esperados para las hipótesis, se les proporciona oportunidad para hacer comparaciones y juicios utilizando métodos y criterios aceptables. Harkness (1995), considera que mientras más hechos se analicen en un procedimiento y se realicen más conexiones con las experiencias anteriores; se revela el entendimiento de las relaciones entre términos, herramientas y tácticas de búsqueda para lograr un resultado. Un examen adecuado puede requerir que los estudiantes desarrollen y evalúen hipótesis acerca de fenómenos importantes y discutan los métodos para probarlas (Schillo, 1997).

Para Slater (1994), se aprenden las cualidades del razonamiento científico y los procedimientos de la investigación científica al: (1) realizar observaciones de fenómenos naturales, porque la actividad en la ciencia es hacer observaciones y experimentos para determinar si el mundo de nuestras hipótesis corresponde al mundo real; (2) construir datos empíricos y llevar registros metódicamente por períodos razonables de tiempo, con la finalidad de derivar información empírica de las observaciones y experimentos; (3) analizar series de datos, de eventos predecibles para enfatizar la importancia de hacer y registrar observaciones, y finalmente (4) crear y defender un modelo exacto de los fenómenos observados.

Saber observar y experimentar, es entonces una actividad intensa del aprendizaje de la ciencia. Esta actividad, de acuerdo con Hestenes, tiene dos componentes: (1) el diseño e interpretación de experimentos, y (2) la colección e interpretación de datos. La motivación es necesaria para ayudar a los estudiantes a percibir los problemas científicos como desafíos no como obstáculos; porque, ensayo, error y rectificación, son normales en la experimentación científica.

3. CUÁNDO SE APRENDE LA CIENCIA

El desarrollo de las funciones cognitivas y del intelecto en la juventud, al igual que en cualquier otra edad, tiene dos partes: la cualitativa y la cuantitativa. Los cambios cuantitativos son cambios en el grado, en el nivel de desarrollo; a partir de la adolescencia se resuelven tareas intelectuales con más facilidad, rapidez y efectividad. Los cambios cualitativos son cambios en la estructura de los procesos mentales; no importan las tareas que resuelven los individuos, sino la forma como lo hacen (Pozo, 1992).

Durante el aprendizaje de los jóvenes se encuentra un considerable desarrollo del pensamiento creador. Ellos con frecuencia preguntan "¿por qué?" y dudan de la idoneidad y de las argumentaciones que se les dan. Su actividad mental es intensa e independiente y tienen una posición crítica ante el conocimiento de sus profesores. Sienten atracción hacia las generalizaciones, por la búsqueda de principios y leyes generales, a las cuales se deben los hechos particulares y se inclinan por la reflexión individual.

Una revisión de las teorías del aprendizaje de los adultos (Hacker y Harris, 1992), señala que en su mayoría son proposiciones prescriptivas de las que no hay pruebas empíricas rigurosas. La prescripción más conocida, es la Teoría Andragógica de Knowles. Esta teoría menciona cuatro suposiciones acerca de su aprendizaje:

1. Son aprendices autónomos.
2. Han acumulado experiencia que es una fuente de aprendizaje.
3. Están atentos a aprender cuando el aprendizaje puede ayudarles a hacerle frente a las tareas y los problemas de su vida.
4. Necesitan desarrollar competencias para trabajar con el conocimiento teórico.

Con respecto al aprendizaje de los adultos, se empiezan a definir los elementos de una teoría del aprendizaje para su alfabetización científica. Porque es necesario tomar en cuenta su experiencia y las ideas intuitivas que tienen acerca del aprendizaje de nuevos conocimientos; ambas presentes en los aprendices adultos, y, también las formas en que estas estructuras cognitivas permanecen, se transforman y se modifican durante el proceso de aprendizaje. Se ha demostrado que los adultos legos tienen concepciones propias de la Energía que les impide tomar decisiones apoyadas en la información científica. A través de entrevistas se demostró como los pacientes hacen juicios de la información médica y como sus necesidades de información dependen del estado de entendimiento de su enfermedad (Hacker y Harris, 1992).

La importancia del conocimiento previo del adulto (significados y valores fijos apoyados en su experiencia acerca de lo que es imperante conocer), en el proceso de aprendizaje es el protagonista. Su inteligencia "cristalizada" refleja la experiencia, el conocimiento y el juicio, por lo cual se induce que en el proceso de cognición, los adultos no piensan como los niños y también que la población adulta no aprende la ciencia por el mismo procedimiento que lo hacen los científicos. Son capaces de un grado de razonamiento hipotético-deductivo que les da una concepción de cómo "hacer" ciencia igual que de cómo no debe hacerse. Lo que causa confusión entre el conocimiento no científico y la creencia. Para el adulto, la utilidad o el valor estético es más importante que lo

científico, lo pedagógico o el criterio experimental. Por lo que también las estrategias del pensamiento hipotético-deductivo son a menudo incorrectamente asumidas por los educadores de adultos (Hacker y Harris, 1992, Scandrett, 1994 y Metz, 1997).

La edad, el desarrollo de las estructuras cognitivas y las demandas prácticas de los aprendices son hechos determinantes para el diseño y la orientación de actividades del aprendizaje de la ciencia.

4. CÓMO SE APRENDE LA CIENCIA

El desconocimiento de los procesos cognitivos, el conductismo así como también varias formas del folklore profesional que han venido dominando la práctica y el pensamiento educativo contribuyen con prácticas de transmisión oral del conocimiento científico. Han permaneciendo desde el siglo XVI en la instrucción de las profesiones, obstaculizando las contribuciones que las ciencias de la información y el campo de las neurociencias han venido aportando a las ciencias de la educación (Pozo, 1992).

Esta demostrado que los factores para formar y desarrollar el pensamiento científico en los estudiantes no se requiere de la memorización o la racionalización de los conceptos de la ciencia (Abdullah y Thompson, 1981 y McDemott, 1992). La formación de los futuros profesionales tiene que considerar a la ciencia como una cultura, la cual consta de actividades, valores, reglas y un sistema de creencias que sus miembros adoptan en relación a la teoría, el método, de las técnicas y la forma de comunicarse.

Para ello es necesario asimilar una ideología, una forma de trabajar e interpretar el mundo y así mismo, que comparte la comunidad científica. Procesos de trabajo, información científica, preguntas científicas, teorías y conceptos, así como técnicas de interrogación e interpretación del hombre y de la naturaleza; arbitrajes y consensos de validación de resultados, formas de comunicación y los productos de su actividad.

5. CÓMO EN UN MODELO PEDAGÓGICO SE APRENDE LA CIENCIA

El compromiso de la Universidad, de ser universitario, se cristaliza en el diseño de perfiles profesionales para trabajar con el conocimiento. Las prácticas profesionales del Siglo Veintiuno han sido modificadas por el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la informática. Reich (1993), afirma que los sectores económicos más dinámicos son aquellos que dependen del manejo sofisticado del conocimiento y la información. La competitividad del aprendizaje se levanta sobre la economía del conocimiento (Murphy, 1998).

La concepción filosófica de la educación superior de la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, apoyada en el conocimiento científico, tiene como propósito guiar a los estudiantes para comprender el mundo de los fenómenos naturales y sociales al "plantear una revisión profunda de las relaciones entre las ciencias y sus efectos, fundamentalmente su aplicación y un enfoque novedoso en la metodología educacional, en que el estudiante es el artífice de su propia formación", al cual "debe agregarse el problema de la comprensión de la conexión que las ciencias y sus efectos mantienen con la estructura social" y el conocimiento reflexivo que se obtiene por la relación de las causas con sus efectos (Documento Xochimilco, 1980).

En los enfoques epistemológicos-dialécticos del proceso del conocimiento se afirma que el conocimiento resulta de la relación entre el que aprende y la realidad por aprender en un proceso regido por el método científico y su dominio por el aprendiz (Documento Xochimilco, 1980). Lo anterior será resultado de la participación activa de los estudiantes en la exploración de los problemas científicos, la formulación de juicios y la toma de decisiones relacionadas con los hechos del mundo real y los problemas profesionales (Barden y Lederman, 1998).

Ahora bien, si el conjunto de habilidades para este tipo de aprendizaje no se aprende al margen de los conceptos, los medios y los métodos de las ciencias, "los estudiantes deberán participar en dos niveles del proceso de transformación de la realidad o de producción de conocimientos; en la búsqueda de información empírica, a través del experimento y en la producción de conceptos a partir de los "productos teórico-ideológicos ya existentes". La convergencia de estas dos actividades llevará a establecer leyes científicas y aprendizaje (Documento Xochimilco, 1980). La construcción de nuevos conceptos científicos más adecuados es posible solamente sobre la base de la experimentación dirigida y debidamente interpretada.

El aprendizaje de una profesión que vincula las prácticas profesionales con la producción del conocimiento, desde la licenciatura hasta el postgrado, se inicia con la identificación y recuperación de información científica vigente, pertinente y relevante.

6. LA INFORMACIÓN CIENTÍFICA Y EL APRENDIZAJE DE LA CIENCIA

La información científica se relaciona con los datos y los hechos de los fenómenos del universo material, social e ideal. Porque, en un sentido real, los datos son una representación simbólica que sirve de base para procesar y transmitir los atributos de esas entidades. Su finalidad es proporcionar información al observador o usuario de los datos, siempre que este tenga la capacidad para interpretarlos y aplicarlos (Sapp, 1992). De tal forma, proceso de descubrimiento, diseminación, aplicación y comunicación de información es la ciencia.

La productividad de la ciencia, propiedad estimada por Hodara (1970), medida en unidades de información, crece a un interés compuesto, multiplicándose en una magnitud fija en períodos iguales. Considerando las circunstancias mencionadas, este postulado tiene implicaciones para la cognición humana. Su impacto en el aprendizaje, se explica por la velocidad con que nuevos datos científicos se producen y modifican el conocimiento elaborado con anterioridad. Y, dado que la capacidad de la memoria para acumular información, ha sido superada por las tecnologías de la información y la productividad de los científicos; nuestro punto de vista es que: información científica, aprendizaje y formación profesional son ingredientes de la formación universitaria.

El incremento exponencial de la literatura científica, produce una catarsis intelectual y afectiva. Derriba el enciclopedismo ya inútil. Una cultura científica aspira a formar en los estudiantes una estructura de pensamiento objetiva, ordenada y sistemática. Favorece la consulta y, el uso de las fuentes bibliográficas que producen y leen los científicos.

La lectura de la publicación científica, se inscribe dentro de la vertiente del trabajo intelectual que impregna la concepción del mundo con los discursos de la producción de

la ciencia. Producto de la actividad científica comunica estructuras de conocimiento a través de obras escritas en lenguaje sofisticado o críptico, sólo accesible a los que han aprendido a descifrar el código (el lenguaje), cuyas condiciones de adquisición se dan a través de un sistema escolarizado y la actividad permanente con su recuperación y su lectura.

El artículo de revisión y el artículo científico, son las publicaciones científicas periódicas que reflejan la integración del trabajo teórico y el trabajo práctico (metodológico), dentro de cualquier área del saber. En este tipo de publicaciones, se refleja la naturaleza del discurso que las define. El teórico-filosófico, integrado por conceptos generales que se refieren a las ciencias. El teórico-científico, constituido por conceptos descriptivos y explicativos propios de diferentes espacios del conocimiento científico, y el fáctico, representado por las observaciones (hechos) y sus generalizaciones (Heweson, 1994).

A través del uso y procesamiento de estas fuentes, se efectúa la conexión necesaria para distinguir los conceptos que se relacionan con el objeto de la ciencia, y conceptos que atañen a los postulados, al método y a los procedimientos de esa ciencia. Klaczynski, Gordon y Fauth (1997), al sistema de procesamiento de información, señalan que las competencias necesarias para el razonamiento crítico están integradas por el procesamiento racional consciente que requiere de esfuerzo, es analítico, utiliza principios independientes de la experiencia personal y exige justificación lógica y verificación empírica para tomar decisiones. La lectura de textos científicos trata con la validez de la investigación y la evaluación de la evidencia científica.

Aprender a usar información científica forma el pensamiento científico de los estudiantes y desarrolla la capacidad de elaborar una producción científica documentada. Forma la capacidad para solucionar problemas, desarrolla el pensamiento crítico y fundamenta las metodologías para ser autodidacta. Habilidades que permiten actualizar permanente e independientemente los conocimientos que constituyen el capital variable de la formación profesional.

Durante la transición hacia su vida profesional, los estudiantes necesitan aprender a diferenciar las fuentes de información que producen conceptos, datos y resultados confiables de aquellas que resulten dudosas. La evaluación de la calidad teórica-metodológica de los reportes de investigación es un criterio derivado de las reglas de las comunidades científicas. Al ser usuarios de estas fuentes de información, estarán en condiciones de desarrollar y practicar las capacidades de pensamiento crítico; latente en la habilidad de evaluar la precisión y la credibilidad de la información que leen y procesan, no sólo durante la época de formación profesional, sino también a lo largo de su vida personal y laboral.

Para los estudiantes, el aprendizaje de la ciencia se inicia con la búsqueda y recuperación de la información publicada en los artículos científicos. Analizar y discutir los modelos experimentales que producen datos relevantes, es aprendizaje. La habilidad para modificar y diseñar nuevos experimentos en el laboratorio, es aprendizaje. La producción de conceptos y de evidencias que dan cuenta de la habilidad para registrar datos, propicia que los estudiantes corroboren el establecimiento de leyes científicas y su aplicación social. Como consecuencia de su participación en este proceso, se aprende las

interrelación entre la ciencia, la tecnología y la sociedad. Con esto integran la práctica y la teoría para dar respuestas científicas a los problemas de la realidad.

Los materiales bibliográficos que leen los universitarios deben sustituirse por aquellos que son análogos al desarrollo de la ciencia, la cultura y la tecnología, porque reflejan la lógica del desarrollo de la ciencia, sus contradicciones, la lucha de lo nuevo con lo viejo, las tendencias y leyes que rigen el progreso científico.

7. EL ARTÍCULO CIENTÍFICO

La ciencia se esfuerza por constituirse en un conocimiento que pueda ser verificado socialmente, a la vez que se preocupa por la posibilidad de repetir las experiencias. En las comunidades científicas, los hallazgos originales y novedosos del conocimiento y sus posibles alcances para resolver problemas del conocimiento y de la sociedad; se difunden a través de publicaciones especializadas para examinar y evaluar las contribuciones, difundir y ampliar el conocimiento.

El artículo científico, experimental o de investigación, es una publicación científica primaria o publicación válida o aceptable. Se publica como un informe escrito que describe los resultados originales de una investigación, lo cual permite a los colegas del autor comprender plenamente y utilizar lo que se divulga. Debe presentar la información suficiente para que los usuarios de los datos puedan evaluar las observaciones, repetir los experimentos y corroborar las conclusiones con el fin de valorar los procedimientos experimentales. Para el examen periódico de las comunidades científicas, debe estar disponible y asequible a los servicios de recuperación (Day, 1992).

Se publica como material previamente revisado y aprobado por un juicio del arbitraje que emite una valoración de los escritos científicos en términos de la importancia del tema tratado. Esto es: originalidad, enfoque y diseño experimental apropiado, relevancia y pertinencia de la discusión, validez de las conclusiones y sus interpretaciones, organización interna del manuscrito, calidad de la forma (buena sintaxis, párrafos coherentes), nomenclatura correcta, adecuación del resumen y la base empírica citada correctamente (Day, 1992).

Los estudios empíricos tienen lugar en un laboratorio o en un sitio donde se realiza una observación. Aunque el sitio de la investigación y el problema son específicos, el investigador espera que otros investigadores puedan verificar sus hallazgos o replicar el experimento. Replicación y verificación permiten la generalización de los resultados.

Un artículo que tenga un impacto masivo sobre un amplio número de personas (investigadores, profesionistas, estudiantes, profesores), testifica que, tiene un argumento científico sólido. Lo que implica haber empleado una metodología y técnicas de investigación confiables, haber alcanzado conclusiones válidas, sin cometer errores de lógica. Es original, en el sentido de que los hallazgos no han sido publicados con anterioridad y, que es significativo, porque plantea una nueva perspectiva de observaciones con importancia potencial (Bruer, 1985).

El artículo de investigación, se organiza y redacta con las secciones siguientes: introducción, materiales y métodos, resultados, discusión/conclusiones y referencias bibliográficas (Day, 1992 y Rude, 1995). Estos patrones de regularidad de la redacción

científica del artículo forman su estructura esquemática o superestructura. Facilita identificar en el artículo, las fracciones importantes del diseño de sus secciones para localizar información específica para:

1. Conocer los problemas científicos y las necesidades de investigación que ocupan la atención de las comunidades científicas.
2. Descubrir el objetivo de los estudios experimentales y sus observaciones. Así como las argumentaciones de orden científico, económico y social que respaldaron su financiamiento por parte de instituciones públicas o privadas.
3. Familiarizarse con modelos, técnicas de muestreo, procedimientos de recolección y de datos y tipos de muestras dominantes en un determinado campo de estudio.
4. Distinguir los criterios de las comunidades de expertos para hacer observaciones y mediciones cuantitativas y cualitativas.
5. Analizar el diseño y el control de las variables experimentales.
6. Identificar equipo de laboratorio, reactivos, métodos y procedimientos específicos; cuestionarios, estudios y/o pruebas así como las restricciones y limitaciones para la generación de los datos empíricos.
7. Identificar el tipo de datos empíricos que sustentan la hipótesis del estudio.
8. Identificar los modelos estadísticos con que se analizan los datos durante el proceso experimental para la producción lógica de los resultados de la investigación.
9. Conocer la interpretación de los hallazgos o resultados, la forma en que apoyan la hipótesis y los argumentos para su explicación y los juicios de conclusión.
10. Aprender las convenciones del lenguaje técnico de la comunicación científica.

De esta divulgación de observaciones, reciben los estudiantes el bagaje técnico e ideológico, propio de la producción de resultados de un campo del conocimiento científico; que les confiere significado y evidencias de las cuales no tenían conocimiento previo.

Este tipo de documento representa las cualidades del pensamiento necesarias para construir la ciencia: lógica, claridad y precisión. Las mismas que son indispensables para leerlo y redactarlo. Planteando hipótesis adecuadas y observaciones válidas se aprende. Porque dentro de un campo paradigmático, los científicos adquieren simultáneamente, teorías, métodos y normas, porque son una mezcla inseparable. Descubrir la compleja relación de los conceptos científicos tiene valor heurístico y es una tarea práctica importante.

Análogo a la producción de la ciencia y a los procedimientos metodológicos que realizan los científicos, el trabajo intelectual de los estudiantes es: 1) buscar y recuperar artículos experimentales, 2) plantearse objetivos, 3) generar hipótesis, 4) proyectar observaciones, 5) diseñar experimentos, 6) generar resultados y, 7) comunicar sus resultados en su comunidad de pares. Estas actividades desarrollan el aprendizaje heurístico y

fomentan la habilidad para seleccionar la combinación apropiada de principios para resolver problemas.

En la estructura del artículo científico divulga el proceso de la construcción del conocimiento y los procedimientos para aprender la actividad científica.

8. EL ARTÍCULO DE REVISIÓN

La finalidad de la actividad experimental es detectar a través del experimento las regularidades de los fenómenos que pueden ser interpretados por un modelo conceptual y teórico. De esta forma teoría y experimento son complementarios de un proceso único que genera conocimiento válido acerca del mundo físico (Hestenes, 1992).

Para los científicos, la construcción de un modelo teórico tiene por objetivo construir un modelo que reúna las especificaciones derivadas de los datos empíricos. La derivación del modelo, permite el análisis de las propiedades de sistemas complejos que están en continuo refinamiento y elaboración. El despliegue del modelo, implica el juego de modelos para fenómenos empíricos y datos. Frecuentemente se tienen modelos ya validados en algún dominio empírico (Hestenes, 1992).

Desde este punto de vista, el trabajo esencial de una teoría científica es proporcionarnos una familia de modelos, para ser utilizada en la representación de los fenómenos empíricos. Fija un conjunto de reglas de correspondencia que interpretaran el lenguaje formal de la teoría y relacionarán en el vocabulario teórico con el vocabulario observacional que representan técnicas e instrumentos conceptuales y que se refieren a un rango específico de objetos.

La estructura de la revisión refleja el debate de puntos de vista alternativos para problemas teóricos, que son problemas de valores, principios y conceptos, y para los problemas empíricos, relacionados con los hechos que pueden ser observados y probados.

Las revisiones son usadas por los científicos y los tecnólogos para enterarse de los avances teóricos y conceptuales y el impacto que estos tiene en su campo de investigación; y como una forma de introducción a áreas de estudio con las que están poco familiarizados.

Un artículo de revisión no es una publicación original. Redactado sobre un tema específico, se define como un sumario que comenta y / o interpreta las investigaciones que han sido publicadas en las revistas primarias. Su objetivo es básicamente resumir cuidadosamente al lector los desarrollos de un campo disciplinario.

La función de la revisión es proporcionar una evaluación crítica o resumida de los progresos que se han realizado en un campo particular en un período de tiempo. Ya que la evaluación requiere un profundo conocimiento del tema, las revisiones son escritas por expertos en el área de investigación y con referencias relevantes de fuentes primarias.

De sus autores se puede decir que la comunidad de los científicos los considera importantes porque estiman que los autores de estos artículos son expertos en los temas que escriben (Murray y Raths, 1996). Ellos tamizan la información científica. Le dan un contexto congruente a una gran cantidad de información porque seleccionan los mejores trabajos de la literatura científica. Muestran en sus escritos las contradicciones entre los

datos; tienen enorme cuidado en la utilización del lenguaje para precisar los hechos en contraste con las interpretaciones (Lather, 1999).

Una característica adicional e importante de la literatura de revisión, es que mantiene su utilidad sobre un período relativamente largo de tiempo. Existen indicadores cuantitativos de su resistencia a la obsolescencia; los datos de los estudios de citas apoyan este hecho. Un artículo de revisión decae a una tasa muy lenta, cayendo por un factor de dos cada década (Grogan, 1982 y Garfunkel, 1990).

Murray y Raths (1996), distinguen siete criterios de aceptación para los artículos de revisión: (a) la calidad de la literatura revisada, (b) la trascendencia del tema, (c) el impacto potencial de la revisión para la investigación y la práctica, (d) su contribución para el campo de conocimiento, (e) la extensión del escrito, (f) la claridad de expresión, y (g) su equilibrio y equidad. Springer (2000), menciona seis pautas para su valoración: (1) la originalidad del artículo; (2) la solidez de la técnica; (3) su trascendencia o importancia; (4) la claridad de la presentación y por último (6) la relevancia del artículo para la revista y su extensión.

El trabajo con el artículo de revisión es esencial para los estudiantes. Porque esta herramienta teórica y conceptual, complementa su trabajo con el artículo científico. Su lectura permite precisar el razonamiento general del proceso de conocimiento, auxiliarse en las etapas de la investigación relacionadas con la formulación de hipótesis y los problemas que surgen durante el análisis del vínculo entre el conocimiento teórico y el empírico.

La revisión sintetiza la información publicada de un tema evaluando los estudios particulares. Su lectura es útil porque sirve como vehículo porque:

1. Reporta los avances de la investigación de frontera.
2. Muestra los avances teóricos o aclarar las teorías.
3. Describe la evolución del lenguaje científico.
4. Reseña y da sentido a un campo de la literatura de investigación, independientemente de sus conexiones con alguna de las teorías predominantes.
5. Realiza una descripción de los métodos cuantitativos y/o cualitativos y los diseños de investigación empleados en la revisión.
6. Expone y/o critica los enfoques metodológicos y las técnicas analíticas en curso.
7. Delinea la historia de los objetos de estudio, su desarrollo y las contribuciones de los autores a las ramas del conocimiento (Murray y Raths, 1994).

Los estudiantes pueden aprender la estructura del debate científico a través de la lectura de las revisiones para asimilar que los problemas teóricos tienen una relación con los problemas prácticos de la investigación. Porque para ellos es difícil observar la distinción entre la empíria y la teoría. En general pasamos de una manera más o menos espontánea de las observaciones empírica a las bases teóricas. Después volvemos conscientemente de la teoría a la experiencia para verificar nuestras observaciones.

CONCLUSIÓN

Las producciones científicas rápidas y multilaterales transforman la educación, y en particular la educación superior por su amplia repercusión en las profesiones. Los patrones cambiantes del empleo profesional modifican las prácticas profesionales, haciendo emerger las no rutinarias; con pocas normas de operación que requieren la síntesis de información diversa y compleja para desarrollar productos con valor económico.

La economía del conocimiento se desarrolla sobre la capacidad de abstracción para descubrir patrones y significados de la realidad. Se apoya en la destreza de manejar fórmulas, analogías, modelos y categorías. Su propósito es reinterpretar y reorganizar el caos de información para descubrir nuevas soluciones, problemas y alternativas. Los hábitos y los métodos de experimentación son decisivos en la nueva economía, donde las tecnologías y los mercados están en constante fluctuación.

Reich señala que “en las mejores universidades, el programa de estudios es fluido e interactivo. En lugar de poner el acento en la transmisión de la información, se promueve el discernimiento y su interpretación. Allí se aprende a profundizar en la información a plantearse por qué se han seleccionado ciertos hechos, cómo deben ser interpretados y cómo se pueden refutar”.

Los más afortunados jóvenes aprenden cómo conceptualizar problemas y generar soluciones. Su educación formal requiere el perfeccionamiento de las habilidades de abstracción, pensamiento sistémico, experimentación y colaboración.

La idea principal del aprendizaje de la ciencia es:

1. Aprender un sistema de principios, técnica y de modificaciones para el desarrollo del pensamiento productivo.
2. Poner en contacto a los estudiantes con la práctica de la construcción y validación de modelos por vía experimental para desarrollar la habilidad de generar explicaciones, predicciones y descripciones de los fenómenos de la naturaleza y la sociedad.

El uso del artículo original de investigación y del artículo de revisión induce en los estudiantes el desarrollo de un grupo de habilidades complejas que forman el pensamiento empírico y teórico.

El trabajo con estas fuentes es considerado, por algunos, propio de los iniciados. Argumentan como excusa, el dominio del conocimiento del experto sobre el contenido. Sin embargo, hoy sabemos que la diferencia entre el conocimiento del experto y el novato no está en la cantidad de conocimiento que posee; si no en la estructura y la organización del conocimiento. Para otros, el dominio del lenguaje técnico-científico propio de cada área de conocimiento empaña el verdadero paisaje.

Lo importante es aprender a ensayar diversos métodos experimentales que contemplan formas específicas de la metodología científica: mantener constante una variable y modificar otras para examinar la relación de causas y consecuencias; explorar sistemáticamente una gama de posibilidades.

La lectura de artículos ofrece un sistema de actividades con un enriquecimiento instrumental que permiten la aplicación y la transferencia del conocimiento y las técnicas adquiridas en una forma y en un contexto para resolver problemas que se presentan en

otra forma y en otro contexto. El objetivo es preparar a los estudiantes para todos los posibles futuros, formando el pensamiento científico que tiene altos grados de predicción. Esto es, un sistema de principios coherentes, integradores, generador de ideas abstractas, de secuencias lógicas que aseguran el uso de los conceptos y la aplicación esencial del conocimiento a los problemas de la sociedad.

BIBLIOGRAFÍA

- Abdullah, K. B. The ability of children to generalize selected science concepts. *Journal of Research in Science Teaching*. 18(6): 547-555, 1981.
- Angeles, L. Economía y sociedad. *Examen*. 56: 17-19, 1994.
- Bardeen, M. G. y Lederman, L. M. Coherence in science education. *Science*. Science (281): 178-179, 1998.
- Ben-Zui, N. y Gail, Riva. Macro and micro-chemical comprehension of real-world phenomena. *Journal of Chemical Education*. 71(9): 730-732, 1994.
- Bruer, J. T. Methodological quality and citation frequency of the continuing medical education literature. *Journal of Documentation*. 41(3): 165-172, 1995.
- Day, R. A. How to write and publish a scientific paper. ISI Press University, Philadelphia, Pensilvania, 1992.
- Desforges, C. y Lings, P. Teaching knowledge applications: Advances in theoretical conceptions and their professional implications. *British Journal of Education Studies*. 46(4):386-398, 1998.
- Documento Xochimilco. 4^a. ed. México, Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Xochimilco, 1980.
- Editorial. Science in the national interest. *Journal of Chemical Education*. 71(11): 905, 1994.
- Feist, G. J. Quantity, quality, and depth of research as influence on scientific eminence: Is quantity most important? *Creative Research Journal*. 10(4): 325-335, 1997.
- Grogan, D. Science and technology: And introduction to the literature. 4^a ed. Clive Bingley, London, 1982. pp. 249-261.
- Hacker, R. G. y M. Harris. Adults learning of science for scientific literacy: some theoretical and methodological perspectives. *Studies in the Education of Adults*. 24(2): 217-224, 1992.
- Harkness, T. C. Subject searching in online catalogs: Metaknowledge used by experienced searchers. *Journal of the American Society for Information Science*. 46(7): 506-518, 1995.
- Hestenes, D. Modeling games in the Newtonian world. *American Journal Physics*. 60(8): 732-748, 1992.
- Hewson, P. W. y M. G. A. Hewson. The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of science introduction. *Instructional Science*. 13: 1-13, 1994.
- Hodara, J. B. La productividad científica: criterios e indicadores. México, UNAM-Instituto de Investigaciones Sociales, 1970. p. 15.

- Jackson, D. F. The scientists as cracker-barrer philosopher: Implications for concept of scientific literacy. *Interchange*. 24(182): 53-71, 1993.
- Klaczynsky, P. A., Gordon, D. H. y Fauth, J. Goal-oriented critical reasoning individual differences in critical reasoning biases. *Journal of Educational Psychology*. 89(3): 470-485, 1997.
- Lather, P. To be of use: The work of reviewing. *Review of Educational Research*. 69(1): 2-7, 1999.
- McDemott, L. C. y P. S. Shaffer. Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part: I: Investigation of student understanding. *American Journal of Physics*. 60(11): 994-1003, 1992.
- Mertz, K. On the complex relation between cognitive developmental research and science curricula. *Review of Educational research*. 67(1): 151-163, 1997.
- Moshamand, D. Pat. Hypothesis testing in student: sequences, storages and instructional strategies. *Journal of Research in Science Teaching*. 18(4): 341-352, 1991.
- Murphy, F. H. The occasional observe: Market structure matters the case of academic journals. *Interfaces*. 28:16-20, 1998.
- Murray, F.B. y Raths, J. Factors in the peer review of reviews. *Review of Educational Research*. 66(4): 417-421, 1996.
- Noam, E. M. Electronic and the dim future of the university. *Science*. 270: 247-249, 1995.
- O'Mahony. 1991. Science and industry. *Educational & Training Technology International*. 28(1): 30-42, 1991.
- Pozo, J. I.. El aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal. Madrid, Visor, 1992.
- Reich, R. B. El trabajo de las naciones. Hacia el capitalismo del siglo XXI. Buenos Aires, Javier Vergara Editor, 1993.
- Rude, C. D. The report for decision making. *Journal of Business & Technical Communication*. 9(2): 170-181. 1995.
- Sapp, G. Science literacy: a discussion and an information-based definition. *College and Research Libraries*. 53(1): 21-30, 1992.
- Scandrett, E. Learning science in context. Getting to grips with experience. *Adults Learning*. 5(10): 258-260, 1994.
- Schillo, K. K. Teaching animal science: Education or indotration? *Journal Animal science*. 75: 950-953, 1997.
- Slater, T.F. Teaching the science of moon gazing. *The Physics Teacher*. 33: 186, 1995.
- Sonnert, G. What makes a good scientist?: determinants of peer evaluation among biologist. *Social studies of science*. 25(1): 35-55, 1995.
- Springer. Guidelines for reviewers. *Knowledge and Information Systems an Journal International*: <http://kais.mines.edu/~kais/>
- Sweller, J., van Merriënboer, J. G. y Pass, F. G. W. C. Cognitive architecture and instructional design. *Educational Review Research*. 10(3): 1998.
- Vicedo, M. How scientific ideas develop scientific ideas. *Biological and Philosophy*. 10: 489-499, 1995.
- Wright, J. C. y Wright, C. S. A commentary on the profound changes envisioned by national sciences standards. *Teacher College Record*. 100(1): 122-143, 1998.