

LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA EN LA UNIVERSIDAD

Carlos Corredor, Ph.D.
Director Ejecutivo

El problema de la enseñanza de la ciencia ha sido abocado por múltiples autores, que sin embargo, en general, enfocan el problema a la enseñanza de la ciencia a estudiantes de los años no universitarios. Inclusive se ha debatido el problema de la enseñabilidad de la ciencia, preguntándose de hecho, si la ciencia puede ser enseñada o si la ciencia se tiene que construir a partir del conocimiento existente.

En este documento nos enfocaremos a la enseñanza de la ciencia en la universidad, para estudiantes universitarios, es decir, personas generalmente mayores de dieciséis años, que tienen unas expectativas, unas esperanzas y unas perspectivas diferentes de las que pueden tener sus homólogos de la etapa pre-universitaria.

¿Para qué se enseña la ciencia en la universidad?

Comenzaremos haciéndonos la pregunta de ¿para qué se enseña ciencia en la universidad? Esta pregunta parece muy simple de responder pero precisamente la respuesta que tengamos a ella nos podrá orientar acerca de la manera como se enseña la ciencia, de sus objetivos, y de la metodología necesaria para lograr esa enseñanza.

En general podemos decir que la ciencia en la universidad se enseña para las facultades de ciencias y para facultades profesionales; se enseñan ciencias para formar científicos, para dar las bases que permitan una sólida formación profesional y, en algunos casos, se enseñan ciencias sólo para satisfacer los requisitos exigidos por el registro calificado que en las condiciones de calidad, denominación y justificación, exige que el plan de estudio se compare con los curricula de otras universidades nacionales y extranjeras y se incluye porque aparece en ellos.

Miremos cada una de estas razones. En primer lugar, la ciencia se enseña y se ha venido enseñando como la base de conocimientos necesarios para la formación profesional en algunas carreras, especialmente las ingenierías, las profesiones agro-veterinarias y las ciencias de la salud. En este sentido casi se pueden comparar a la exigencia de la filosofía como base de las facultades mayores en el medioevo y ciertamente en la universidad colonial.

Las exigencias varían de acuerdo con la carrera. Generalmente, las ingenierías requieren una enseñanza mecánica de las matemáticas y la física que permita que el futuro ingeniero pueda usar los conocimientos disciplinares no

solamente para entender los conceptos necesarios en su profesión, sino también para ejercerla en forma profesional y consciente. En el caso de la medicina y la odontología, estas profesiones tienen sus propias ciencias básicas que van más allá de la biología, la física y las matemáticas que se enseñan en el pre-médico de las universidades norteamericanas, pero que se han dejado de enseñar en muchas facultades de medicina nacionales. Las ciencias básicas médicas generalmente no se incluyen entre las ciencias básicas e incluyen a la morfología, la bioquímica, la fisiología, la farmacología y la microbiología. La profundidad con que se dan cada una de estas asignaturas varía en el caso de las otras carreras de las ciencias de la salud y, aunque también son necesarias para las agro-veterinarias, su profundidad y extensión varía con cada una de ellas y con la universidad a la que pertenecen.

Sin embargo, a pesar de que tanto las facultades de ciencias como las facultades profesionales reconocen el hecho de que las disciplinas científicas son absolutamente necesarias para la formación de los profesionales, en muchas universidades los planes de estudios no se construyen de manera conjunta entre la facultad de ciencias y la facultad profesional. Es frecuente que la facultad profesional, por ejemplo en el caso de las ingenierías, decida las asignaturas que deben tomar los estudiantes y sólo permita que la facultad de ciencias decida sobre el contenido de las asignaturas, su extensión y las mismas competencias que se espera lograr de cada estudiante al terminar la asignatura. Que los estudiantes han conseguido dominar los contenidos esperados por la facultad de ingeniería se comprueba a través de los exámenes EXIM que toman los estudiantes a más tardar al terminar el quinto semestre. En forma similar, se puede hablar de las facultades de medicina, odontología y agro veterinaria, creando tensión entre el principio de la libertad de cátedra, que es absolutamente básica en la universidad y que cubre también la libertad de determinar a cada profesor lo que debe enseñarle a los alumnos y la obligación de dar unos contenidos determinados por la Facultad a la que se le presta el servicio.

El resultado de este aparente divorcio es que los profesores de las ciencias básicas que enseñan en las facultades profesionales reciben un recetario de las asignaturas que deben enseñar pero, en veces, ni siquiera hay homogeneización interna dentro de la facultad acerca de los contenidos que se deban dar a los estudiantes, permitiendo que puedan variar levemente de profesor a profesor. Adicionalmente, cada profesor tendrá su manera de enseñar e inclusive su manera de calificar lo que presenta diferencias que pueden llegar a ser grandes entre los grupos que toman una misma asignatura. Los profesores de ciencias básicas se han dividido en el pasado en dos grupos: aquellos que consideran que la disciplina que ellos deben transmitir a los estudiantes es conocimiento puro, útil en sí mismo, aislado de otras disciplinas y profesiones, que el estudiante debe asimilar independientemente de cuál será el uso de esa disciplina en su profesión. Por el otro lado, hay aquellos profesores que consideran que las asignaturas que

enseñan en las carreras profesionales deben estar dirigidas fundamentalmente a que los estudiantes de esas carreras las utilicen como herramientas para el ejercicio de su profesión. Ambas posiciones tienen sus méritos. Se cita en relación con esta situación las palabras del Premio Nobel en Fisiología y Medicina, Bernardo Houssay quien sostenía que no existía ciencia pura ni ciencia aplicada, sino ciencia pura por aplicar. Siguiendo este aforismo, el profesor que mira su disciplina como ciencia pura pretende que sea el estudiante quien la aplique. Una discusión entre estas dos posiciones es sana y, evidentemente, no requiere el que se tome partido, sino que se reconozcan y sean discutidas con las autoridades académicas de las respectivas carreras profesionales con el objeto de formar el mejor profesional posible. Otro problema que también se presenta es que las autoridades académicas de las carreras profesionales frecuentemente pretenden que los estudiantes que entran a su carrera tomen las mismas asignaturas que ellos tomaron y dominaron veinte o más años atrás cuando eran estudiantes, y que representan de alguna manera el arquetipo mismo de la profesión. La innovación se pretende que se de en los semestres profesionales, pero en las básicas se puede aceptar cambios hasta en metodología pero no en objetivos docentes y en resultados medibles en los estudiantes. En aquellos casos en que se da esta situación, el resultado es el tener curricula absolutamente rígidos que no permiten innovaciones ni tampoco la inclusión de nuevas asignaturas que podrían mejorar el perfil profesional de sus egresados.

La segunda razón de para qué enseñar ciencias en la universidad tiene que ver con los estudiantes de las carreras de ciencia. Como ACOFACIEN lo ha señalado en varios documentos, las carreras de ciencia son particularmente interesantes en el sentido de que participan tanto de ser disciplinas como de ser profesiones. Como disciplinas, las carreras de ciencias tienen fundamentalmente un propósito que es el de dominar la disciplina correspondiente y, en lo posible, inclusive a partir del pregrado y ciertamente en el posgrado, avanzar el conocimiento disciplinar. Este es el caso de carreras tales como la matemática y la física. Sin embargo, hay otras carreras que son profesionales en el sentido de que si bien se basan en unas ciencias básicas muy sólidas, su objeto es el de formar profesionales que ejerzan una actividad profesional en el campo específico. Tal es el caso de la geología. Y hay otras carreras en cierta forma intermedias, desde la biología que tiene mucho de disciplinar y algo de profesionalizante hasta la química que es mucho más profesionalizante que disciplinar. La diferencia entre disciplina y profesión se puede ver claramente en este ejemplo: una persona que ha estudiado matemáticas se le da el título de matemático; pero su profesión, es decir el ejercicio a partir del cual obtiene su sustento, no es la matemática sino generalmente la docencia y la investigación universitaria. Por el contrario, el geólogo que estudió geología y tiene el título de geólogo, tiene como profesión la geología y ejerce como tal en el mundo empresarial. Esto no obsta para que, en algunos casos, el geólogo pueda también ser profesor universitario ni para que el matemático pueda ejercer como analista de bolsa de valores.

ACOFACIEN ha llevado a cabo talleres con los directores de las diferentes carreras y disciplinas con el objeto de poner en común las competencias que deben tener sus egresados. A partir de estos talleres, en los cuales también han participado los decanos de las diferentes facultades, ha sido posible llegar a unos consensos mínimos acerca de las competencias profesionales, lo cual permitirá posteriormente definir el tipo de plan de estudios mínimo común que las universidades puedan adoptar, sin en ningún momento tratar de hacer una homogeneización que vaya en contra de la autonomía universitaria. No hay nada tan perjudicial y malsano como coartar la diversidad de pensamiento, la diversidad en los currícula, la diversidad en las carreras y en sus propósitos, la diversidad en los métodos de enseñanza, ya sea por disposición de agencias gubernamentales o por acuerdo interno entre las mismas universidades.

Hasta ahora, es frecuente que se encuentre que en muchas carreras de las facultades de ciencias se pretenda formar investigadores en forma prematura. Este tema ha sido objeto de bastante debate en los diferentes talleres y se ha llegado a la conclusión de que el pregrado debe dar las bases desde el punto de vista conceptual suficientes para que los estudiantes, ya a nivel de maestría y doctorado, se dediquen a la investigación que pueda hacer avanzar las fronteras del conocimiento.

Finalmente, es posible que en algunas universidades las ciencias se enseñen simplemente por el hecho de que deben satisfacer lo que piensan que pedirán los pares de CONACES en las visitas para Registro Calificado. Esto será particularmente cierto si encuentran que en otras universidades aparecen las ciencias como parte de los planes de estudio. En este caso, la ciencia que se comience a enseñar puede no ser del mejor nivel y puede ser algo que se incluye en el plan para cumplir un requisito. Nótese que este tipo de pensamiento estaba claramente especificado en la propuesta de reforma de la ley 30 donde se exigía que las universidades tuvieran profesores de ciencia pero no se exigía que tuvieran facultades o programas de ciencia como tal. Tal exigencia claramente implica que la idea de tener profesores de ciencia es simplemente algo que permitirá cumplir un requisito formal y no necesariamente tener una política educativa de formación en la que la ciencia se incluya como una parte fundamental de la formación del estudiante.

La situación de la formación de licenciados en ciencias para enseñar a estudiantes pre-universitarios merece atención especial. La mayor parte del currículum en las licenciaturas está dirigido a la formación pedagógica y demás actividades típicas de los programas de educación y en la mayoría de las universidades se da muy poca importancia al conocimiento mismo de la disciplina que se va a enseñar. La preocupación que surge de esta situación es que a los niños y a los jóvenes de los colegios de enseñanza básica y media no se les da el tipo de ciencia actualizada y con alguna profundidad propia del nivel de desarrollo cognitivo de los alumnos, sino un conocimiento superficial y bastante deficiente que dependerá del empeño mismo del licenciado en su

autoformación. Esta situación se traduce en el hecho de que los estudiantes tienen dificultades con el examen ICFES 11 y, en el caso de que entren a la universidad, con los cursos universitarios de matemáticas y física particularmente. Pero el problema no se queda solamente a ese nivel, sino que hace que la competencia científica de la población colombiana sea muy baja, no solamente en las personas del común, sino también de profesionales de humanidades, economía y derecho que en últimas llegan a constituir la clase dirigente política y económica, algunos de cuyos exponentes llegan al congreso y contribuyen a la aprobación de leyes que afectan el tejido económico y social del país, sin tener el conocimiento suficiente en las áreas de ciencias básicas y en lógica matemática, ni poseer la competencia científica que les permita distinguir entre la realidad verificable de los fenómenos físicos y sociales y las opiniones o doctrinas de tipo político, social o religioso.

¿A quién se enseña ciencia en la universidad?

En la universidad, la ciencia se enseña a jóvenes entre los dieciséis y los veinte años. Son adultos jóvenes con cultura de enseñanza y aprendizaje diferente y diversa según el medio social de donde provienen, con una cultura digital frecuentemente mejor que la de los profesores, con un enfoque mediático de la percepción de la realidad, con ausencia de la cultura del texto escrito, con conocimiento insuficiente de la *lingua* franca que hoy es el inglés, con poca disciplina y poder de concentración, con cultura del facilismo, con aprendizaje con fecha de vencimiento, con entrenamiento para contestar exámenes tipo test y finalmente con casi nula comprensión de lectura.

Cada una de estas características merecería un documento aparte. Sin embargo, haremos énfasis en sólo algunas de estas condiciones.

Los primíparos

Los muchachos que nos llegan a la universidad en Colombia son relativamente jóvenes en relación con lo que ocurre con los países industrializados. La forma y el contexto en el que se da el bachillerato permiten que los jóvenes se puedan graduar a los dieciséis años y puedan entrar a la universidad en esta edad en la que todavía no están consolidados sus conocimientos ni sus capacidades de aprendizaje. Además, vienen de un entorno educativo que es claramente diferente en las ciudades y en el campo.

Debemos reconocer el esfuerzo de los gobiernos desde el de Alfonso López Pumarejo en ampliar no sólo la cobertura sino el nivel de enseñanza de los niños. Recuérdese que la constitución de 1886 estableció la educación obligatoria y gratis hasta el cuarto de primaria. Las escuelas rurales se fueron creando sobre esta concepción y los maestros provenientes de las escuelas normales fueron formados para enseñar a estos alumnos. El bachillerato estaba reservado para los colegios de las ciudades principales y aquellas

ciudades como Vélez, San Gil y Cali que tuvieron colegios creados durante los primeros años de la República por el General Santander.

Gobiernos posteriores fueron creando colegios más grandes en todos los municipios y los nuevos colegios pronto tuvieron la oportunidad de ofrecer también bachillerato y para formar los profesores de estos colegios se formaron los primeros licenciados. Hay que destacar la labor de los profesores alemanes en los inicios de las hoy universidades Pedagógica Nacional y Pedagógica y Tecnológica de Tunja que pretendieron formar maestros con muy sólidas bases en las disciplinas científicas sobre las que se construyó la estructura pedagógica del futuro profesor. Este ejemplo, desafortunadamente, no fue generalmente seguido por las muchas universidades que posteriormente abrieron facultades de educación para suplir la creciente demanda de profesores licenciados en los nuevos colegios de todos los municipios del país. El resultado a hoy de esta brevísima cronología es que los alumnos que provienen del área rural, a pesar de que tienen el mismo título, bachiller, frecuentemente están peor preparados que los que provienen de colegios de las grandes ciudades y estos, a su vez, están peor preparados que los egresados de muchos colegios privados cuando llegan a la universidad. Esta realidad tiene una consecuencia en la mayor deserción de estudiantes de estratos socioeconómicos bajos que se presenta en las carreras de ciencias e ingenierías.

En el caso de los estudiantes que provienen del área urbana, se puede generalizar diciendo que sus profesores están mejor capacitados y pueden darles una mayor profundidad en el conocimiento transmitido. Sin embargo, como lo insinuamos más arriba, aún en este caso se presentan diferencias entre el sector oficial y el sector privado. Estas diferencias tienen que ver con el hecho de que los estudiantes que provienen del sector educativo oficial generalmente tienen profesores con título de licenciado que han sido fundamentalmente formados para ser buenos profesores pero que, como lo reseñábamos anteriormente, muy frecuentemente tienen muy limitado conocimiento de la materia o materias que deben enseñar.

Otra diferencia importante entre los sectores oficial y privado tiene que ver con el dominio de una lengua extranjera, generalmente el caso del inglés. Obviamente, si los estudiantes vienen de colegios que son fundados o subsidiados por comunidades o naciones extranjeras, tales como los colegios franceses, colegios británicos o los colegios alemanes, es obvio que los estudiantes serán bilingües en castellano y en el idioma que habla esa comunidad extranjera. Pero muchos otros colegios privados tienen profesores bilingües que han hecho carreras y se han graduado de facultades de ciencias, y que además pueden enseñar tanto en español como en inglés. Los estudiantes que se gradúan de estos colegios serán bilingües y podrán leer y estudiar en revistas publicadas en español o las de la así llamada, main stream science, que se publican en inglés. Los demás estudiantes sufrirán tratando de

traducir artículos en el mejor de los casos, porque esto les ayudará a mejorar su capacidad de lectura y entendimiento de los artículos científicos, o pagará por traducciones mal hechas con lo que perderá tiempo y recursos que bien podrían ser mejor utilizados.

Pero las diferencias no terminan ahí; hay algunos colegios, siempre en el área urbana, que pueden tener laboratorios que generalmente sólo se encuentran en la universidad. Hay por lo menos un colegio que tiene su propio laboratorio de genética molecular y ha llegado hasta determinar el genoma de la nutria de río. Otros colegios también tienen observatorios astronómicos y excelentes laboratorios de química y física y tienen acceso a una serie de salas de cómputo donde se pueden trabajar aspectos de las matemáticas. Por el contrario, encuentra uno laboratorios bien dotados en colegios de algunas ciudades no capitales en donde el profesor no utiliza el laboratorio de química por miedo a que se rompan tubos de ensayo o probetas y el rector lo obligue pagarlas de su propio sueldo! Otra diferencia a tener en cuenta tiene que ver con los textos que utilizan en diferentes colegios. Si bien es cierto que en este momento, debido a la homogeneización de las asignaturas de ciencias para la educación básica y media decretada por el Ministerio de Educación Nacional y basada en logros específicos, los libros que se ofrecen a los estudiantes tratan de cumplir precisamente las indicaciones de la norma, también es cierto que la oferta de diferentes editoriales es variada y tiene diferentes precios. No sobra añadir que los precios de los libros exigidos por los colegios son una seria limitación para los estudiantes de bajos recursos, quienes pueden llegar a no poderlos comprar, limitándose a copiar notas en cuadernos, con las consecuentes limitaciones para su formación en ciencias. Por otro lado, también es posible encontrar colegios y profesores que utilizan textos extranjeros y situaciones que claramente no son representativas del entorno y que de alguna manera enajenan al estudiante de su medio y de las cosas que debe aprender. Se debe señalar que esto es mas bien una cuestión del pasado, cuando a los niños se les exigía comprar libros de biología en cuya carátula se encontraban elefantes y tigres que ellos sólo podían ver en un zoológico, en caso de poderlo visitar. Sin embargo, una constante de todos los textos, aún los universitarios, es la de presentar la ciencia como una verdad acabada y no como un constructo social de muchos investigadores en un proceso en continuo movimiento en el que todos los investigadores del mundo, y no sólo los de países desarrollados, pueden participar. Se hace muy poco énfasis en las contribuciones de los colombianos, si es que se hacen, al conocimiento, con lo que se da un mensaje subliminal de que la ciencia no se puede construir en nuestro medio, precisamente por los que hoy son estudiantes. Esto refuerza la imagen colectiva de que la ciencia no es parte de nuestra cultura, que se traduce en los pésimos aportes estatales para investigación en ciencia y tecnología y el poco interés de los estudiantes preuniversitarios por carreras de ciencias que se ven como algo ajeno a la realidad colombiana.

El modelo educativo

El modelo educativo generalmente es de tipo memorístico y centrado en el profesor. Claro que hay notables excepciones en profesores de básica y media que han hecho extraordinarios avances en la enseñanza de la ciencia, basados fundamentalmente en su propia intuición, su entusiasmo por la ciencia y su propia manera de abocar el conocimiento. Desafortunadamente, esto no es lo más frecuente; por el contrario, los profesores generalmente se limitan a presentar la ciencia como lo hacen los libros de texto, es decir, como una verdad construida en los países del Norte y como una verdad terminada y no como un proceso en constante evolución en el que los estudiantes colombianos pueden llegar a hacer contribuciones específicas para avanzar sus alcances y el entendimiento de los fenómenos naturales.

A lo anterior se suma que desde el colegio, el estudiante tiene acceso a la televisión y a redes sociales como YouTube y Facebook donde fácilmente encuentra información no siempre relevante o verídica acerca de fenómenos científicos, pero siempre en entornos, circunstancias e idioma diferentes a los que se dan en nuestro medio; los excelentes videos de Discovery Channel o de YouTube no tienen contraparte en videos que tengan que ver con la realidad colombiana, con nuestros páramos, con nuestras diferentes plataformas térmicas, con nuestra vegetación o nuestra fauna, ni nuestros profesores publican videos en Youtube en los que traten de explicar gráficamente un concepto. Todo esto hace que el estudiante de alguna manera entienda que la ciencia no es parte de la cultura colombiana, que él no puede hacer parte de esa comunidad científica y que no puede llegar a contribuir al conocimiento de la realidad colombiana o la realidad global.

Las universidades están entrando en la moda de utilizar el aula virtual usando programas tales como Moodle o Blackboard. Este es un esfuerzo de verdad gigantesco y bien intencionado, pero que frecuentemente adolece de acompañamiento por expertos para que el aula virtual no se convierta simplemente en un repositorio de las presentaciones en Power Point de las clases presenciales de los profesores. Las generalizaciones tienen el defecto de no hacer justicia a los múltiples profesores que están haciendo excelentes videos o animaciones para ilustrar los conocimientos que ellos mismos generan. Hay varias páginas web de profesores que no reciben suficiente atención, principalmente porque nuestros profesores son modestos y porque quizás estos esfuerzos no reciben el reconocimiento en puntos y salario que realmente merecen, por lo que las mismas universidades ignoran lo que sus profesores producen. Un proyecto que se podría emprender sería el de rescatar estas contribuciones y hacerlas asequibles a nuestros jóvenes de todas las universidades.

Evidentemente, hay excepciones importantísimas al enajenamiento científico de nuestros estudiantes. Entre otras, el inventario que hicieron los profesores

de las escuelas de Villa de Leyva acerca de la diversidad de su territorio, coordinados por el instituto von Humboldt, dio lugar a un mapa extraordinariamente detallado de la biodiversidad de uno de nuestros municipios así sea restringida tan sólo a ese punto particular de nuestra geografía. Una propuesta de ACOFACIEN que vale la pena rescatar es la maestría en la enseñanza de la ciencia en la que el trabajo de grado de maestría podría ser el esfuerzo del maestro y estudiantes voluntarios en resolver un problema específico, tal como el de la biodiversidad del entorno de su escuela, o las condiciones geológicas de su municipio. Esto iría bien lejos en lograr interesar a los estudiantes de básica y media en convertirse en científicos.

Pero si bien el sistema educativo de básica y media se reproduce en los primeros semestres de la universidad, hay una diferencia fundamental: el estudiante de básica y media está acostumbrado a asistir a clases de acuerdo con un horario determinado previamente y con franjas horarias que se suceden una a otra sin posibilidad de cambio. La actividad académica es continua y cambiante, que comienza y termina en un momento determinado del día y el resto del tiempo el estudiante lo tiene libre para hacer tareas o para jugar o para reunirse con sus amigos o, simplemente, para manejar el tiempo libre de acuerdo con sus inclinaciones. Por el contrario, al llegar a la universidad se encuentra con un horario en el que hay espacios notables entre clase y clase, puede ocurrir que no haya clases en un día determinado, o que tenga que asistir a actividades grupales diferentes a clases tales como seminarios, talleres o salidas de campo. Este cambio representa un choque cultural importante que debe ser reconocido para que el estudiante pueda adaptarse al cambio con el menor trauma posible, buscando que la libertad horaria redunde en una mejor experiencia educativa en lugar de una manera de dispersarse en actividades que no contribuyan a su formación.

Súmese a lo anterior el hecho de que el estudiante ya no recibe atención individualizada, como en el colegio y que los profesores parecen no interesarse en él como estudiante, en sus intereses, en sus dificultades, sino que simplemente esperan que rindan en su materia por su cuenta y que aprendan conceptos y habilidades de manera independiente.

Transmisión del conocimiento

Sin entrar a hacer un análisis del conocimiento ni de sus categorías (cf. Corredor, C. 2012. Documento de Evaluación. ACOFACIEN) podemos decir que en el contexto de la transmisión del conocimiento, Gibbons¹ ha propuesto que se puede dividir en dos grandes categorías: conocimiento explícito y conocimiento tácito. El conocimiento explícito es el conocimiento codificable en textos, ecuaciones, modelos y, actualmente, inclusive en imágenes que pueden ser compartidas entre las personas que conocen el código. El código más

¹ Gibbons M, Limoges C, Nowotny H, Schwartzman S, Scott P, Trow M. 1994. The new Production of knowledge. Edición traducida por José M. Pomares. Ediciones Pomares-Corredor, Barcelona. p 39

importante es el lenguaje y el conocimiento codificado en un lenguaje determinada sólo puede ser entendido por quien conoce ese código. Es el caso del conocimiento transmitido en español que no es entendido por quienes no conozcan el idioma o, en nuestra cultura, el conocimiento codificado en inglés que hace que el estudiante de ciencias, de ingeniería y ciencias de la salud tenga que aprender ese código para acercarse al conocimiento universal de las ciencias. Otro tipo de código es el hermético, entendiéndose como tal el código que solamente conocen quienes son miembros de una comunidad cerrada, por ejemplo, la comunidad académica de matemáticas y, en general, de las ciencias físicas y naturales. Este código frecuentemente utiliza el código más amplio del lenguaje, lo que hace que quienes no son miembros de la comunidad académica lo puedan leer, pero, desafortunadamente sin entenderlo como ocurre con el público general y aún la comunidad de profesionales no científicos que no han apropiado la competencia científica. La característica fundamental del conocimiento explícito es que, por su propia naturaleza, puede ser transmitido, lo cual no garantiza que se comprenda ni se aprehenda. Por el otro lado, el conocimiento tácito es la manera como los profesores actúan en la práctica docente o profesional, su talante, que puede convertirse en modelo para los jóvenes o causar su rechazo ante una disciplina en particular. El conocimiento tácito no es transmisible; no se puede ir a una biblioteca a encontrarlo. La pasión de un profesor de matemáticas por las matemáticas no se transmite a los alumnos de un curso grande e impersonal junto con el conocimiento explícito que se les está brindando. Sin embargo, a pesar de que el conocimiento tácito no es generalmente transmisible, es posible hacerlo cuando unos pocos estudiantes comparten el espacio de enseñanza-aprendizaje con su profesor como ocurre en los doctorados y maestrías de investigación o en las especialidades médico-quirúrgicas. Pero aún así, siguiendo a Gibbons, el conocimiento tácito que posee el profesor se queda en la cabeza del profesor. El reconocimiento de estas diferencias es bien importante cuando hablamos de la enseñanza de las ciencias, porque la Televisión le ha dado al estudiante de bachillerato una imagen de lo que es un científico, no siempre halagüeña ni exitosa en un mundo competitivo como el actual y del conocimiento tácito que todos poseemos podemos hacer buen o mal uso como docentes.

Lo que debemos reconocer es que la manera como se transmite el conocimiento explícito ha cambiado y que muchos profesores de media y universitaria no se han dado cuenta de los cambios. Los estudiantes de hoy llegan a la universidad vienen con una cultura digital frecuentemente mejor que la de sus profesores y tienen una visión completamente diferente de la educación y del aprendizaje. Los estudiantes son capaces de hacer lo que podríamos llamar multitareas: por un lado escuchan música, por otro lado tienen la televisión prendida y por el otro lado están trabajando en su computador y al mismo tiempo están leyendo un libro. Aparentemente no tienen capacidad de concentración, por lo menos desde la visión de los adultos

cuya formación se hacía en el silencio de la biblioteca y cuya capacidad de concentración es alterada por ruidos y distracciones externas.

El enfoque mediático que manejan los estudiantes choca muchas veces con la situación del contexto educativo universitario en el que se encuentran. Para el profesor la obtención de información se basa fundamentalmente en textos escritos, en libros de texto con una codificación perfectamente clara dentro de la disciplina y con un lenguaje que podríamos llamar lenguaje hermético, o sea que solamente entienden claramente los que cultivan una disciplina determinada. El estudiante puede comprar esos libros, generalmente costosos, o estudiarlos en la biblioteca. Pero, por el otro lado, el estudiante tiene acceso a canales de televisión en los que esos mismos conceptos que se pueden leer en los libros con ilustraciones planas se pueden ver en una forma animada como es el caso de los canales como Nat-Geo, o Discovery o en la inmensa variedad de videos que se encuentran en Youtube. El leer el texto escrito, particularmente el de los libros, resulta una tarea dispendiosa que no es agradable para el estudiante; no es mucho el cambio de los años preuniversitarios en los que la diversión iba por un lado y el estudio por otro; la enseñanza lúdica se podía obtener, pero por fuera del sistema de enseñanza, denso, aburrido y terriblemente dispendioso.

Pero además de esto tenemos que el estudiante que llega a la universidad es un estudiante que no tiene un conocimiento adecuado de lo que hoy es la *lingua franca*. Si bien en la edad media todo el mundo escribía en un idioma que se pudiera entender en cualquier nación, es decir en latín, actualmente esa misma *lingua franca* es el inglés. Por consiguiente, el estudiante debería tener un conocimiento por lo menos del inglés escrito y ciertamente del inglés científico. Esto es algo que tienen los egresados de los colegios bilingües, como señalamos más arriba, y es algo que todos deberían tener como parte de su entrenamiento porque está normativamente establecido por el ministerio. Pero se cree que si se dicta una norma, esta norma se cumple. Pero, ¿Cómo es posible que se cumpla cuando muchos de los mismos profesores universitarios no tienen un conocimiento del inglés, ni pueden dar clases en inglés, ni lo entienden? ¿De qué sirve, entonces, la norma que se encuentra en casi todas las carreras de que el estudiante debe saber inglés por lo menos al nivel de B1, si los profesores no tienen ese nivel? Claro que podemos estar razonablemente seguros de que los profesores de facultades de ciencias que ofrecen maestrías y doctorados son, si no totalmente bilingües, sí capaces de entender artículos científicos. Sin embargo, es frecuente que no puedan escribir un artículo en inglés para una publicación extranjera. Esta es una dificultad que debe ser reconocida y abocada, como en algunas universidades que han estructurado cursos de inmersión de dos o tres meses en un país de habla inglesa para sus profesores. Esta solución es costosa, pero efectiva.

Pero si el estudiante viene con una dificultad muy grande para comprender el texto escrito en inglés, hay un problema todavía peor: los estudiantes tienen dificultades reales en comprender textos en castellano. Es verdaderamente

angustioso el comprobar la incapacidad de los estudiantes que terminan universidad cuando se les hace exámenes de comprensión de lectura, como en el caso de las pruebas SaberPro. Desafortunadamente, problemas del mismo tipo se pueden encontrar a veces entre los mismos profesores. Por alguna razón en Colombia se da por descontado el que estudiante comprende el castellano y cuando se ha tratado de suplir la falta de capacidad de comprensión de la lectura, se trata de dar clases de gramática y de ortografía, que sí hacen falta, pero que no suplen que el estudiante sepa escribir y leer críticamente. En Estados Unidos, las universidades exigen por los menos dos y a veces tres semestres de inglés a todos los estudiantes de pregrado, y en todos los cursos, aún en los de ciencias, se exigen los así llamados "term papers" o ensayos semestrales. De esta manera el estudiante va aprendiendo a leer y comprender lo leído y a escribir en forma que permita su adecuada comunicación. Esta es una de las competencias generales que se esperan de los estudiantes de ciencias, ingenierías y ciencias de la salud y que se exploran en las pruebas SaberPro. Vale la pena diseñar estrategias para que los estudiantes logren una verdadera competencia de comprensión de literatura científica y aprendan a escribir primero textos cortos y luego artículos científicos publicables.

El entrenamiento que han recibido los estudiantes en bachillerato y que de alguna forma se refuerza en la universidad es que se debe trabajar consignando en la memoria hechos, fechas, mecanismos, ecuaciones que sirven eventualmente para resolver problemas específicos que se presentan en un examen. Es dramático observar cómo los estudiantes que acaban de terminar, por ejemplo, cálculo diferencial y aprueban dicha asignatura, cuando entran a cálculo integral en el semestre siguiente han olvidado los conceptos o habilidades claves del cálculo diferencial; y lo mismo pasa cuando entran a ecuaciones diferenciales y prácticamente a cualquier tipo de asignaturas. Alguien dijo que nuestros estudiantes aprenden con fecha de vencimiento y la fecha de vencimiento es específicamente el día del examen; parecería que después del examen se borraría lo que tienen en su mente, inclusive su capacidad de resolver problemas con las herramientas que le fueron dadas en la asignatura y parecería que su cerebro retornó a una tabula rasa en la cual hay que reescribir ese conocimiento. Quizás eso tiene que ver un poco con la forma de hacer las evaluaciones que ha llegado en este momento a ser en general de tipo test. En muy pocas universidades se mantiene la costumbre de que el examen pueda ser de forma abierta y que los estudiantes tengan que escribir y justificar sus respuestas. Varios estudios parecen demostrar que hay conexión entre escribir y recordar lo escrito. Por eso, el sistema de estudiar y tratar de consignar a la memoria lo leído y releer para memorizar, no parecen dar el mismo resultado que lo que a primera vista es más dispendioso como escribir el concepto clave. Quizás si se adoptara el método de más preguntas abiertas en los exámenes, estos se podrían convertir en formas de aprendizaje a largo plazo y no en simples maneras de evaluar qué tanto recuerdan los estudiantes de lo que el profesor cree que es importante.

¿Qué se enseña en la universidad?

Generalmente en la universidad se enseña conocimiento disciplinar y conocimiento profesional. El conocimiento disciplinar se enseña frecuentemente en una forma abstracta, separada de la realidad, y de manera que solamente tiene que ver con la disciplina correspondiente y no con el resto de las condiciones por las cuales el estudiantes debe atravesar. El conocimiento disciplinar parecería que se puede enseñar en una forma totalmente autónoma diferente o distante del medio social en el que el estudiante vive o en el que la misma disciplina científica se ha desarrollado. Frecuentemente el conocimiento disciplinar aparece como un conocimiento ya existente y terminado y no se pone mayor atención a la historia y al contexto en el cual se desarrolló ese conocimiento. De la misma manera, el conocimiento parecería desligado de la realidad y desligado de su posible utilidad diferente a la que pueda ser la utilidad del conocimiento por el conocimiento mismo sin que ese conocimiento pueda servir inclusive para el entendimiento de muchas otras de las asignaturas y de los otros conocimientos básicos que el estudiante debe tener. Podríamos decir fundamentalmente que se enseña un conocimiento estanco y absolutamente disciplinar.

Gibbons² ha propuesto que la producción de conocimiento se puede dividir en dos modos, que a falta de una mejor manera de clasificación, ha llamado Modo Uno y Modo Dos. "En el Modo Uno se plantean y se solucionan los problemas en un contexto gobernado por los intereses, en buena parte académicos, de una comunidad específica. En contraste, el conocimiento del Modo Dos se lleva a cabo en un contexto de aplicación. El Modo Uno es disciplinar, mientras que el Modo Dos es transdisciplinar. El Modo Uno se caracteriza por la homogeneidad, el Modo Dos por la heterogeneidad, organizativamente el Modo Uno es jerárquico y tiende a preservar su forma, mientras que el Modo Dos es más heterárquico y transitorio; cada uno de ellos emplea un tipo diferente de control de calidad. En comparación con el Modo Uno, el Modo Dos es más socialmente responsable y reflexivo, incluye a un conjunto de practicantes cada vez más amplio, temporal y heterogéneo, que colaboran sobre un problema definido dentro de un contexto específico y localizado".

Continúa Gibbons: "El termino Modo Uno se refiere a una forma de producción de conocimiento, a un complejo de ideas, métodos, valores y normas que ha crecido hasta controlar la difusión del modelo Newtoniano a más y más ámbitos de investigación para asegurar su conformidad con aquello que se considera como una práctica científica sana. El Modo Uno persigue sintetizar en una sola frase las normas cognitivas y sociales que deben seguirse en la producción, legitimización y difusión del conocimiento de este tipo. Para muchos el Modo Uno es idéntico con lo que se quiere dar a entender por ciencia, sus normas cognitivas y sociales determinan qué se considera como problema significativo, a quién se le debe permitir practicar la ciencia y qué

² Gibbons et al. Ibid. p 6 y sig.

constituye la buena ciencia. Las formas de práctica que se adhieren a estas reglas son, por definición, científicas mientras que aquellas otras que las violan no lo son”.

La ciencia obtenida a través del Modo Uno es auto-contenida y busca fundamentalmente el manejar una sola variable manteniendo todas las demás variables estáticas y de esta manera es una ciencia lineal en la cual un efecto se supone que tiene una causa y una causa única. Sin embargo el universo no es así y en la realidad un efecto determinado puede tener muchas causas y una causa determinada puede tener muchos efectos; esto es lo que Gibbons ha llamado modo Dos en el cual la ciencia definitivamente no se puede considerar como un proceso lineal, como un proceso separado de otras condiciones que están afectando el proceso determinado que se está estudiando.

Podemos decir que en el caso de la enseñanza de la ciencia claramente hemos utilizado y seguimos utilizando el Modo Uno de producción del conocimiento apartándonos bastante del Modo Dos, la forma interdisciplinaria y, más allá de la interdisciplinarietà, transdisciplinar. Hay que hacer énfasis que cuando en términos generales el Modo Uno de aproximarse al conocimiento se confunde con el método científico tenemos un paradigma en el que estamos inmersos y en el cual los científicos de alguna manera profesamos. Si el conocimiento que se produce en la universidad es un conocimiento disciplinar, un conocimiento en el que se maneja la investigación como un proceso lineal, es imposible que nosotros podamos pensar que los profesores que, a su vez, son científicos, puedan enseñar la ciencia de otra manera. El paradigma, sin embargo, es un paradigma que es reconocido por toda la comunidad científica. Hay que darse cuenta que la presentación de proyectos a las agencias financiadoras tanto nacionales, COLCIENCIAS, como las internacionales, entre las cuales pueden estar las National Science Foundations y el National Institute of Health nos vamos a encontrar con que una propuesta que no maneje el paradigma de producción de conocimiento en el Modo Uno no tiene manera de que sea aceptado por los pares. De manera, pues, que estamos ante una situación en la cual, independientemente de que se pueda reconocer la forma como la ciencia de alguna manera se produce en un contexto social determinado, de acuerdo y como consecuencia de una cultura determinada y que tiene unos efectos tanto a nivel social como a nivel económico, este conocimiento no pasa de ser algo que se traduzca en unas cuantas frases en el formulario en donde se pone justificación. Justificación que en el caso de las ciencias básicas no tiene una realidad específica por cuanto su aplicabilidad inmediata es poca, pero que tiene una inmensa justificación desde el punto de vista del conocimiento que se va agregando.

De todas maneras, y entendiendo el problema que representa el transmitir en clase a los alumnos aquello que estamos obligados a hacer por la tradición y por las agencias financiadoras, de todas maneras hay que buscar la forma como el profesor contextualice la enseñanza de su disciplina, no en el sentido de su aplicabilidad, como alguna vez se pretende, sino en el contexto de la

ciencia en general. En esos términos, la ciencia de alguna manera tiene que enseñarse teniendo en cuenta la interdisciplinariedad a pesar de que se maneje a profundidad y como eje central la parte disciplinar que es fundamental.

Ya John Henry Newman había propuesto que en la universidad deberían desaparecer las disciplinas como tales y solamente tener un conjunto de individuos que pudieran interaccionar unos con otros para aproximarse al conocimiento en una forma coherente y de tipo interdisciplinar³. En esto Newman se adelantó muchísimo a lo que Gibbons reconoce actualmente como una forma en la que los científicos y los tecnólogos están aproximándose al conocimiento debido a las necesidades de la vida real y a las necesidades de la sociedad y de los empleadores. De todas formas el ideal de Newman de una comunidad científica sin fronteras disciplinares es algo que está muy lejos de nuestra universidad actual. Qué difícil es encontrar que los profesores puedan hallar espacios donde se aproximen a un tema conjunto de investigación o de reflexión sin estar constreñidos por el horario de los departamentos estancos que separan las disciplinas unas de otras y que nos obligan a ver y enseñar la ciencia como disciplinas absolutamente auto-contenidas y sin posibilidad de un trabajo interdisciplinar. Esto es una tendencia que está tratando de desaparecer en algunas universidades de investigación de los Estados Unidos pero que aquí no pasa de ser un saludo a la bandera cuando se habla de interdisciplinariedad como una condición de calidad para CONACES.

En Estados Unidos se comienza a tener en cuenta el problema de la interdisciplinariedad por lo menos en el contexto de la enseñanza de la biología. En efecto, el National Research Council de los Estados Unidos recomienda que en la enseñanza de la biología se haga énfasis en los sistemas y sus correlaciones, más que en hechos aislados.⁴ Dauer y col dicen que mover la enseñanza de contenidos al contexto de sistemas no es simple y proponen que un medio para lograrlo es comenzar por lograr que los estudiantes hagan modelos y traten de conectarlos a manera de mapas conceptuales o diagramas de flujo. Ellos logran que los estudiantes construyan un entendimiento y aprehendan la estructura y la función de sistemas complejos, tales como los sistemas biológicos, utilizando el concepto de estructura-comportamiento-función en el que las estructuras son los componentes físicos del sistema, los comportamientos son las relaciones o mecanismos que conectan unas estructuras con otras y la función es el output o salida del sistema.⁵

³ Newman, JH. The Idea of University. Discourse V. Knowledge its own end. Newman Reader — Works of John Henry Newman. 2007 The National Institute for Newman Studies.

⁴ National Research Council, (2012). A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. committee on a conceptual framework for new K-12 science education standards. Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press.

⁵ Dauer JT, Momsen JL, Speth EB, Makohon-Moore SC, Long TM. Analyzing Change in Students' Gene to Evolution Models in College-level Introductory Biology. *J.Res.Sci.Teaching* 2013;50, 639-659

Debemos recordar que cuando estamos hablando de las ciencias y de las matemáticas en la universidad, en muchos casos no se tiene en cuenta su uso como herramienta para resolver problemas de la vida cotidiana. En la mayoría de los casos, cuando aplicamos los conocimientos científicos y las matemáticas al área profesional, se trata de privilegiar aquellas condiciones que van hacia su uso en producción industrial, la construcción o el ejercicio mismo profesional, pero sin ningún interés en promover la investigación, la innovación y el avance de la misma disciplina. Tampoco se promueve el uso del pensamiento científico y de las matemáticas en resolver los problemas reales a los que se ven abocados los estudiantes en su vida diaria personal. Las facultades de ciencias no involucran a sus estudiantes en el mundo real, aunque esto tiene excepciones como en el caso de las pasantías de los estudiantes de biología, química y microbiología en industrias que requieren de sus conocimientos.

¿Cómo se enseña la ciencia en la universidad?

Aunque como hemos venido diciendo, actualmente la ciencia se enseña generalmente centrada en el profesor y centrada en la disciplina, últimamente se pretende que la ciencia se enseñe centrada en el alumno y hay muchísimos escritos y muchísimos autores que están proponiendo este tipo de enseñanza que evidentemente podría llevarnos a una nueva manera de enseñar la ciencia. En 1951 Carl Rogers propuso cinco principios acerca del aprendizaje centrado en el alumno. Fue enfático en decir que el único tipo de aprendizaje que influye significativamente en el comportamiento y educación es el que es descubierto por el mismo alumno. Señaló que cuando el estudiante encuentra que su experiencia va en contravía con lo que se le enseña, es fundamental que se abra a la oportunidad de tener nuevas interpretaciones de la realidad y que el mejor ambiente educativo es aquel en el que el estudiante se siente menos agredido, de manera que el profesor debe ser capaz de interactuar y aprender del estudiante.⁶ Nótese que las ideas de Rogers habían sido esbozadas anteriormente por psicólogos como Piaget y Vigotsky.

Los psicólogos nos han enseñado que para lograr este cambio tenemos que tener en cuenta una serie de factores. Una enseñanza centrada en el alumno implica que hay que buscar una enseñanza personalizada. Y al hacerlo, tenemos que reconocer que cada estudiante es diferente, que tiene capacidades e intereses propios y posiblemente diferentes de los de los demás y, principalmente que, aunque joven, no es un niño sino un adulto con su propia personalidad aún no terminada de formar y con un capital intelectual propio adquirido durante su paso por la escuela preuniversitaria que se puede explotar para mejorar su aprendizaje en la universidad.

⁶ Roger, C, (1951). *Client-centered therapy: Its current practice, implications and theory*. London: Constable

Sin embargo, es casi axiomático que por diferentes razones no es fácil tener una enseñanza personalizada de las ciencias. No obstante, es importante que, si bien es cierto que en la universidad colombiana no existen los mecanismos, los medios y, principalmente, el número de profesores de tiempo completo que podrían participar en la enseñanza personalizada de la ciencia, por lo menos se debe aceptar que este cambio sería un gran avance en el proceso de enseñar y aprender la ciencia. Se debe reconocer que en la universidad, lo mismo que en la educación preuniversitaria, el modelo de enseñanza aprendizaje implica que lo que se enseña es igual para todos, independientemente de los diferentes intereses de los alumnos. Se da por sentado que quienes se matriculan en las facultades de ciencias tienen, o por lo menos se puede esperar que tengan, un interés especial en las ciencias y en las matemáticas como un todo. Pero es posible que esto no sea realmente cierto y, de hecho, se ha argumentado que en el caso de las ciencias no existe deserción como tal sino que lo que ocurre es que hay estudiantes que entran a las carreras de ciencias como trampolín para entrar a facultades que son más tradicionales como medicina o ingenierías en donde hay una mayor competencia para ingreso. Es frecuente escuchar, aunque es importante el que se pueda validar, que muchos estudiantes entran a biología como una posibilidad de posteriormente pasar a medicina y de la misma manera los estudiantes entran a estudiar matemáticas o física para después trasladarse a ingeniería. Pero independientemente de esto, el punto es que el estudiante claramente al escoger una carrera determinada, está mostrando un interés particular y diferente al que pueden tener otros estudiantes.

Adicionalmente, hay que tener en cuenta el hecho de que además de los intereses de los estudiantes hay lo que podríamos llamar capacidades diferentes en los estudiantes. Howard Gardner introdujo un concepto que se ha generalizado y es el de las inteligencias múltiples. Éste no es un concepto totalmente original de Gardner, porque ya había sido propuesto por otros psicólogos anteriormente, pero él le dio una estructura particular. A principios de la década de los años ochenta propuso que los individuos cuentan con siete tipos de inteligencia y a mediados de los años noventa sumó una más. Catalogó estas inteligencias en la lingüística verbal, la lógica matemática, la del cuerpo y la cinestesia, la inteligencia espacial, la inteligencia musical, la inteligencia interpersonal, la inteligencia intrapersonal y finalmente la inteligencia naturalista.

Una descripción de estos tipos de inteligencia se puede encontrar en los textos originales de Gardner⁷ pero fundamentalmente lo que nos dicen es que cada individuo tiene características y capacidades diferentes en las diferentes actividades humanas; hay unos que tienen una capacidad lingüística verbal mejor que la de otros estudiantes; estas personas son capaces de convencer a los demás a través del discurso oral. Otros por el contrario, o diríamos,

⁷ Gardner, H., 2006. Multiple Intelligences: New Horizons in Theory and Practice. Basic Books, N.Y.

adicionalmente, tienen una capacidad matemática no solamente de cálculo sino que encuentran patrones matemáticos que se encuentran ocultos en la naturaleza. Otras personas se aproximan al mundo a través del movimiento corporal; son los atletas, los bailarines, los artesanos, los que trabajan en carpintería, en bordado, en trabajo en piedra etc. Otros están más interesados en la percepción y en la descripción del espacio; son aquellos que utilizan medios como la fotografía para comunicarse con los demás, los que trabajan en cine o en televisión, los artistas que se comunican con el mundo a través de dibujos, a través de trabajos como pinturas, etc. Y ciertamente están aquellos que tienen una capacidad musical, capacidad que se manifiesta bien como artistas capaces de producir sonidos con los cuales se comunican con el mundo, con sus canciones; son cantautores, son músicos profesionales o simplemente son personas capaces de entender el ritmo, de entender los inuendos de una cadencia. Otras personas tienen una inteligencia interpersonal, son aquellas personas capaces de hacer relaciones públicas, relaciones entre naciones, relaciones entre partidos, son quienes de alguna manera manejan también el aspecto político, el aspecto de movimiento de la gente, las personas que ponen a los grupos humanos a trabajar en conjunto por una idea en particular. Y están aquellos que son introvertidos, que se reconocen a sí mismos y que miran al mundo a través de su propio yo. No son autistas; realmente son personas que tienen una sensibilidad personal muy grande que de alguna manera a veces les es difícil compartir con los demás. Y finalmente, está la inteligencia naturalista, la que le permite comunicarse al individuo con el medio ambiente, el que entiende ese medio como un sistema, un *oikos* en donde la humanidad vive, que hay que preservar, un entorno que hay que estudiar, un medio ambiente que permite la vida a través de los alimentos que produce, del oxígeno que depara y que, ciertamente en su conjunto, es lo que llamamos ecología. Quien tiene esta inteligencia trata de entender el medio y de transmitir y compartir sus hallazgos, sus percepciones y sus conocimientos con otros.

Pero ningún individuo posee una sola de estas inteligencias. En efecto, no son únicas, no son absolutas, sino que se mezclan unas con otras; de alguna manera hacen intersecciones que permiten que algunas personas tengan una de ellas más desarrollada que las demás, pero que las otras sean igualmente desarrolladas aunque no en la misma proporción. ¿A qué nos lleva esto?, simplemente a proponer que de un estudiante que estudia ciencias podríamos esperar que tiene más desarrollada la inteligencia matemática o la naturalista, pero que de todas formas debe ser capaz de relacionarse con los demás, así sea con su misma comunidad académica en esas relaciones interpersonales que se dan a través de la comunicación oral o escrita y que para ello también tiene una inteligencia interpersonal. Nótese que otra manera de mirar el mismo fenómeno es decir que los estudiantes tienen diferentes aptitudes que les permiten dominar más fácilmente algún aspecto de la actividad humana, sin que por ello se diga que no pueden llegar a dominar con mayor esfuerzo, eso sí, otras actividades. Quizás lo más importante de la contribución de

Gardner es ponernos a pensar que esas inteligencias, o si se quiere aptitudes, se pueden reconocer y aprovechar para lograr el aprendizaje significativo basado en el estudiante.

Pero Howard Gardner no se contentó con su idea original de las inteligencias múltiples. En uno de sus últimos libros presenta las cinco inteligencias o capacidades que debería tener el ser humano para enfrentar el siglo XXI que son: mentalidad disciplinada, mentalidad sintetizadora, mentalidad creativa, mentalidad respetuosa y mentalidad ética.⁸ No es necesario que miremos una por una estas propuestas pero si es importante que miremos cómo se pueden aplicar a la enseñanza de las ciencias a nuestros universitarios. Debemos hacer énfasis que esas cinco inteligencias para el futuro que nos propone Howard Gardner son las cinco inteligencias que deben adornar al científico y obviamente al estudiante de ciencias. El estudiante de ciencias debe tener una mentalidad disciplinada. Es imposible que alguien pueda tener avances en la producción del conocimiento saltando de un área a otra, de una pregunta a otra; tiene que tener muy claro hacia dónde va y tener la disciplina necesaria para continuar trabajando en esa pregunta por años, si es necesario, y debe tener una mentalidad sintetizadora.

La mentalidad sintetizadora es absolutamente fundamental en el científico en el sentido en que debe aprender a tomar los diferentes datos no solamente de su investigación personal sino de la que se encuentra en la literatura, analizarlos, entenderlos y llegar a una síntesis que le permita continuar con su propia investigación. Pero se quedaría allí si no fuera por la mentalidad creativa y una mentalidad creativa implica el que el estudiante logre llegar más lejos de lo que llegaron sus profesores e inclusive de lo que aparece en la literatura; tiene que pensar en algo nuevo; tiene que pensar en innovación. Pero innovación no es algo diferente a buscar nuevos caminos para llegar al mismo fin. No es algo aparte del proceso investigativo. La innovación no es algo que se pueda hacer independientemente del conocimiento previo. De ahí su nombre; innovación implica hacer algo nuevo, pero algo nuevo a partir de lo existente. Por eso los norteamericanos han desarrollado una frase que deberíamos tener en cuenta cuando hablamos de innovación: "Research is to make a better mousetrap" ("Investigación es hacer una mejor trampa de ratones").

Pero debe tener también una mentalidad respetuosa que le permita al estudiante y al científico conocer sus limitaciones y entender las de los demás y respetar las ideas y las propuestas del otro. El científico no debería ser una *Prima Donna*, al estilo de los grandes músicos o de los grandes jugadores de fútbol que pretenden ser el centro de atención de la prensa o de la comunidad académica en general. Por el contrario, es una persona que entiende y valora la contribución que otras personas han hecho al conocimiento en su área y que

⁸ Gardner, H. 2006. Five Minds for the Future. Harvard University Press. (Hay una traducción al castellano de la Editorial del Magisterio).

es una persona más que, como decía Newton, ve más lejos porque está parado sobre los hombros de gigantes; que respeta lo que en términos legales podríamos llamar propiedad intelectual lo que, a su vez, está lógicamente unido a la última mentalidad que es la mentalidad ética. En el área de la ciencia, la ética se practica a través de la comunicación veraz y verificable que describe y analiza los resultados que el estudiante y el profesor obtienen a través de la observación cuidadosa y sistemática de los fenómenos naturales que hacen a través de sus sentidos o de instrumentos que prolongan la capacidad de sus sentidos de ver, tocar, oír u oler, y las conclusiones y recomendaciones que proponen sin ánimo diferente alguno que el avance de la ciencia. Aquí se conjugan las inteligencias: la búsqueda del conocimiento en forma disciplinada, sintetizadora, creativa y respetuosa para comunicar lo que debe corresponder a la verdad, sin prestarse para mentiras ni para que sus resultados puedan ser utilizados en forma que no sea aquella que redunde en el mejoramiento de los individuos tanto de su comunidad como de la comunidad global.

Es en este contexto en el que los jóvenes, después de comprobar que han adquirido unos ciertos conocimientos que los preparan para la universidad a través del ICFES 11, se matriculan en aquella universidad que los reciba o para aquella universidad para la cual ellos u sus familias tienen medios económicos necesarios para matricularlos. Al llegar a la universidad el primer choque, como lo señalamos más arriba, es la cantidad de tiempo libre que le queda al estudiante entre clase y clase. Los "huecos" durante los cuales los estudiantes no saben realmente qué hacer. Algunos van a la biblioteca, otros se reúnen con otros estudiantes, pero estos son espacios que no se aprovechan sistemáticamente para fines de mejorar su adquisición y, sobre todo, su comprensión del conocimiento que el plan de estudios prescribe que debe adquirir. Por otro lado, mientras que en el colegio los profesores trataban de que todos sus estudiantes lograran adquirir los logros determinados por el pensum oficial, se encuentran con que en la universidad reciben una educación despersonalizada en la que el profesor se esmera por exponer su tópico en forma tal que en la hora determinada para el efecto cubra la totalidad de los conceptos a transmitir sin preocuparse de si el estudiante individual ha logrado entender y comprender la totalidad de lo expuesto. Esto simplemente se valora en los exámenes, que cuando el estudiante, individuo irreplicable, pierde es porque, de acuerdo con el imaginario generalmente aceptado, es vago, no ha estudiado. Y sólo en ese momento la educación se centra en el estudiante que falla y no en el profesor que de alguna manera puede tener su medida de responsabilidad en el problema del alumno.

En la universidad se pretende que el estudiante aprenda por sí mismo, que adquiera los hábitos de lectura, de comprensión de lo que lee y de utilización de lo que él lee por sí mismo y sin ayuda externa. En algunos casos, los estudiantes tratan de estudiar en grupos, sin guía de sus maestros; en otros simplemente continúan trabajando solos, sin dar ni recibir ayuda de otros estudiantes.

En el caso de las ingenierías y, también, las ciencias de la salud, la mayor deserción de los estudiantes se da precisamente durante el primero, segundo y tercer semestre de la universidad porque el estudiante se encuentra totalmente desorientado y solo. Estudios que hemos hecho a partir de la información del ESPADIES, muestran como la deserción se reduce notablemente cuando hay ayudas académicas para los estudiantes que permiten que el estudiante pueda progresar sin mayor problema y eventualmente pueda graduarse.

Finalmente, haciendo un barrido muy rápido de la problemática de los estudiantes, encontramos adicionalmente, que particularmente los que provienen de regiones diferentes al sitio donde se localiza la universidad a la que logran entrar, deben adaptarse no solamente a la universidad sino también a la ciudad a donde van a vivir. Acostumbrados a vivir en sus casas, deben llegar a vivir con familiares o también en pensiones o casas donde comparten la habitación con otros estudiantes y en algunos casos no tienen medios suficientes para sostenerse durante el periodo de la universidad. Los estudiantes con menores recursos económicos deben hacer ingentes esfuerzos tanto personalmente como sus familias para poder simplemente sobrevivir en la universidad. Un estudio de Mani et al.⁹ que ha sido ampliamente citado en los medios, muestra cómo las preocupaciones inherentes a conseguir recursos básicos para la simple supervivencia interfiere con la capacidad de tomar decisiones acertadas acerca de aspectos importantes en la vida de los individuos. Esto es algo que se ve en las universidades que admiten estudiantes de bajos recursos que muchas veces no tienen para la comida o el transporte y deben afrontar clase con un estómago vacío. Es cierto que no le compete directamente a la universidad proveer de becas de sostenimiento a los estudiantes, pero es una problemática presente que hay que tener en cuenta cuando hablamos de la enseñanza de la ciencia a los estudiantes. No es lo mismo que un estudiante pueda concentrar toda su atención en la clase o en la tarea o en la construcción matemática que está haciendo cuando ha tenido la oportunidad de desayunar bien y sabe que va a recibir un almuerzo y posteriormente una cena, que si el estudiante llega apenas con algo de comer por desayuno, no sabe dónde puede encontrar su almuerzo y su comida al final del día. Es cierto que el ICETEX ha abierto una línea que no es de crédito para los estratos de más bajos ingresos y que les da una cantidad pequeña pero quizás básica para asegurar el sostenimiento del estudiante. Esto que es una realidad no solamente tiene que ver con el fenómeno del proceso de enseñanza-aprendizaje sino que implica la necesidad de tener una estructura económica adecuada que permita aumentar la cobertura en la universidad y particularmente en áreas tales como las ciencias o las ingenierías que requieren de toda la concentración del estudiante. Las cifras del ESPADIES muestran que los créditos o subsidios del ICETEX por varios períodos académicos o ayudas que dan algunas universidades disminuyen la deserción,

⁹ Mani A, Mullainathan S, Shafir E, Zhao J. Poverty impedes cognitive function, *Science*, 2013: 341(Aug 30), 976-980

mostrando la importancia para la concentración y el estudio que tiene el tener aseguradas por lo menos las necesidades más apremiantes.

Andragogía

Hasta el momento hemos analizado algunas de las características de los estudiantes de ciencias y del modelo de enseñanza aprendizaje tradicional en nuestras universidades. Pasemos ahora a proponer algunos mecanismos para afrontar las dificultades que hemos encontrado. Pensamos que el modelo pedagógico imperante tiene serias dificultades cuando se aplica a jóvenes universitarios que hemos insistido en que son adultos jóvenes.

Hiemstra¹⁰, en su artículo *Moving from Pedagogy to Andragogy*, hace un excelente resumen de lo que han sido los métodos de enseñanza desde la edad media hasta nuestros días. Sostiene Hiemstra que "hay muy poca duda de que la forma dominante de educación en Europa y en Estados Unidos es la pedagogía o lo que alguna gente prefiere llamar didáctica tradicional o enfoques dirigidos por el maestro. Una idea competitiva en términos de la instrucción a personas adultas y una que ha venido ganando fuerza en las últimas tres décadas se ha llamado andragogía". Según Knowles el origen de la pedagogía proviene de las escuelas monásticas de Europa en la edad media y es un sistema instruccional que requería que los niños fueran obedientes, fieles y sirvientes eficientes de la iglesia. El término pedagogía proviene del griego παιδός que es el genitivo de παῖς, niño y de ἄγω, conducir. Esto quiere decir, en últimas, que la pedagogía es la forma de conducción de los niños, evidentemente hacia un propósito determinado, en este caso la instrucción en las primeras letras o las operaciones matemáticas, etc. Y eventualmente llega hasta la enseñanza de la misma cultura y de la ciencia.

Un término relacionado con pedagogía es el de didáctica, que proviene también del griego διδακτικός, lo relacionado con la enseñanza y se refiere al método o formas de enseñar. En el siglo XIX y XX diferentes psicólogos trataron de entender el proceso cognitivo en los estudiantes menores, particularmente en lo que se refiere a los niños. Hay que reconocer que actualmente hay grupos excelentes en nuestro medio tales como el de la universidad del Valle que trata de entender la manera como el niño concibe y aprende el concepto de número y el concepto de suma y resta. La escuela de enseñanza de las matemáticas a niños liderada por Carlos Eduardo Vasco ha hecho avances interesantes en este campo y ha introducido la idea del constructivismo en la enseñanza, manteniendo Vasco que no es una teoría única, sino que hay tantos constructivismos como practicantes del método, apartándose de esta forma de quienes adhieren a teorías sin reflexión suficiente o entendimiento de las mismas. Sin embargo, las teorías psicológicas del proceso de aprendizaje han sido desarrolladas por grandes pensadores y maestros europeos, quienes han

¹⁰ Hiemstra R. *Moving from Pedagogy to Andragogy* (Adapted and Updated from Hiemstra, R., & Sisco, B. (1990). *Individualizing instruction*. San Francisco: Jossey-Bass.) Pagina web de Roger Hiemstra <http://www-distance.syr.edu/distancenew.html>

orientado las discusiones de nuestros profesores y de nuestros investigadores en el área de la educación en general, sin que con la excepción de grupos de enseñanza de las matemáticas o de la física, y siempre para estudiantes de primaria o básica, se hayan dedicado a la investigación de la educación de la ciencia.

Sin embargo, como argüíamos más arriba, los jóvenes que llegan a la universidad son adultos que han pasado ya esa etapa del niño y del adolescente objeto del estudio de los educadores. Es posiblemente Malcom Knowles quien en los años sesenta del siglo XX introduce el concepto de andragogía que también proviene del griego *ἄνδρος*, hombre y el mismo *ἄγω*, que quiere decir conducir. Es decir, ahora se trata de buscar los mecanismos para conducir a los hombres fuera de la ignorancia o hacia una meta específica de conocimiento.

Según la *International Encyclopedia of Adult Education*¹¹ fue un maestro alemán de bachillerato, Alexander Kapp, quien en 1833 publicó un libro llamado *Ideas Educativas de Platón* en el que describe la necesidad de aprendizaje a lo largo de la vida y es aquí donde se introduce el término *andragogía* en relación con la educación que se debe dar a los adultos. En la década de 1920 los educadores adultos de Alemania integrados por profesores de diversas disciplinas desarrollaron una nueva práctica en la educación adulta que se llamó andragógica y en la cual el término andragogía era un antónimo de demagogia o sea de conducción del pueblo, que quiere decir conducir al pueblo no siempre en una forma adecuada. Pero es Knowles quien construye el concepto moderno de Andragogía y la define como el arte y la ciencia de ayudar a los adultos a aprender. Se construye sobre dos atributos centrales: primero, una concepción de que los que aprenden tienen que ser auto-direccionados y autónomos y segundo, una concepción en la que el papel del profesor es el de facilitador del aprendizaje, más que una persona que presenta los contenidos. De esta manera se hace énfasis en la capacidad que tiene el aprendiz adulto de tomar el control de su propio aprendizaje. Es precisamente este concepto el que actualmente se quiere imponer en nuestras universidades, la idea de pasar de la enseñanza centrada en el profesor a la enseñanza centrada en el alumno, pero aquí es donde se encuentran los problemas. Si para que se pueda tener éxito en el modelo andragógico es necesario comenzar por reconocer los verdaderos intereses de nuestros estudiantes y apelar a la red asimétrica de sus inteligencias y aptitudes ¿cómo podemos aproximarnos a reconocerlas y permitir que el estudiante las utilice para su propio proceso de aprendizaje? ¿Cómo podemos permitir la diversidad dentro de la homogeneidad que requiere el producto del proceso que es el egresado? ¿Cómo podemos lograr una verdadera interdisciplinariedad en la enseñanza de las ciencias para que el estudiante vea más allá de los estrechos límites de su disciplina? ¿Cómo podemos introducir el concepto del pensamiento complejo de Edgar Morin que reconoce la tensión que representa

¹¹ Reischmann J Andragogy en English LM, ed. International Encyclopedia of Adult Education, pp.58-63

la búsqueda de un saber no parcelado y el reconocimiento de lo inacabado e incompleto del conocimiento? En este sentido, Picardo reconoce que la Interdisciplinariedad supone la complementariedad y la conjunción de los conocimientos disciplinarios¹²

En el caso del estudiante de ciencias, de ingeniería o de medicina la situación no es simple. En efecto, las ciencias y las técnicas tienen unos conocimientos que deben ser aprehendidos y que son un constructo social de muchas generaciones en vez del constructo individual del propio estudiante. Este constructo social debe ser presentado como un conocimiento explícito que se pueda encontrar en los libros, que se puede encontrar en internet, en las bibliotecas, etc., pero que el profesor organiza en una manera coherente y sistemática de tal manera que el estudiante pueda aprovechar al máximo el corto tiempo que tiene para ver el contenido que aparece en cada asignatura.

Es en esta realidad en la que tenemos que situarnos para buscar la manera de hacer el cambio de paradigma educativo de la enseñanza centrada en el profesor a la enseñanza centrada en el estudiante desde una perspectiva andragógica. Puede haber diferentes maneras pero podríamos comenzar por considerar ciertas condiciones que son necesarias. La primera es la de redefinir el papel del profesor en la universidad. El profesor tiene que cambiar su manera de pensar para aceptar que debe dejar de ser un "dictador" de clases para convertirse en un guía y un amigo del estudiante con quien va a compartir el propósito de adentrarse en la obtención del conocimiento, a quien debe enseñar, pero de quien también debe aprender. Como guía, el profesor tiene ciertos papeles que son necesarios. Debe aprender a usar las nuevas tecnologías y aprovecharse de ellas. Y es aquí donde cabe el aforismo de que si los computadores pueden reemplazar al profesor, entonces el profesor debe ser reemplazado. El papel principal es el de guiar al estudiante en la obtención del conocimiento verificable y adoptado por la comunidad. Sin dejar de usar google, debe mostrar las ventajas y desventajas de las enciclopedias digitales y el uso de las bases de datos científicas que le permiten llegar a revisiones de tema y a artículos originales. Para sus clases debe comenzar con la jerarquización del conocimiento. Tenemos que buscar la manera de que en esa actividad del profesor, encuentre aquellos conceptos que son absolutamente necesarios, esos conceptos que deben servir para toda la vida, y que una vez se identifiquen, puedan transmitirse de la mejor forma posible para que el estudiante los tome y los consigne no solamente a su memoria sino, casi podríamos decir a su sub-consiente, y que estén allí para siempre y sin fecha de vencimiento. Debemos también buscar que el estudiante pueda distinguir entre el conocimiento que es solamente basado en información y el conocimiento verificable que es el conocimiento que nosotros aceptamos como científico en el sentido de que es aceptado por la mayor parte de la comunidad

¹² Picardo O., Al margen del siglo xxi: las universidades Latinoamericanas frente a las sociedades del aprendizaje, el conocimiento y la tecnología en Mota L, Cisneros L, eds. 2004. La Educación Superior en América Latina, LibrosEnRed pp. 19 y sig.

académica en la que la disciplina se inscribe. Tenemos que diferenciar lo que es el conocimiento por el conocimiento en sí y el conocimiento útil, aquel que tiene una función social, o una función profesional y buscar la manera de no solamente tener el conocimiento teórico en sí sino aquel conocimiento que puede ser utilizado para el desarrollo tanto del investigador, en el caso de las facultades de ciencias, como del ingeniero o el médico a quienes les ofrecemos los conocimientos de las ciencias básicas. Tenemos que determinar las competencias que se deben transmitir en cada una de las asignaturas a partir de esa jerarquización del conocimiento y que quede perfectamente claro qué competencias son absolutamente necesarias, podríamos decir *sine qua non*, para que el estudiante pueda pasar al curso siguiente.

Procedimientos Probados a nivel Universitario

Ahora, para adquirir estas competencias en un sistema educacional centrado en el estudiante, existen diferentes mecanismos, dentro de los que podemos citar: el seminario alemán, la educación individual *versus* la educación en pares, los cursos masivos por internet, el proceso POGIL (Process Oriented Guided Inquiry Learning) y la incorporación de las diferentes tecnologías de la información al sistema de enseñanza y aprendizaje. Aunque cada una de ellas exige un tratado por aparte, es posible hacer una breve descripción de estas estrategias.

Seminario Alemán

En el caso del seminario alemán, seminario que se desarrolló en Göttingen fundamentalmente para la enseñanza de la filosofía, se trató de adaptarlo para la enseñanza de las ciencias biológicas con algún éxito en la Universidad Javeriana. El método consiste en que un profesor experto en el tema particular, hace una clase magistral en la que transmite un conocimiento perfectamente jerarquizado de acuerdo con unas competencias que se deben adquirir por parte del estudiante. Posteriormente, los estudiantes se dividen en grupos de alrededor de veinte, cada uno de ellos con un profesor diferente que orienta y dinamiza las discusiones. Uno de los estudiantes actúa como Relator tomando notas durante la clase magistral y luego, las notas del Relator se discuten en el grupo. De esta discusión salen unas conclusiones que resumen los conceptos aprehendidos por el grupo. Las conclusiones de cada grupo se socializaban con los relatores de los otros grupos para llegar a un conocimiento global construido por el conjunto de los estudiantes.

El modelo ASSURE para diseño instruccional

El modelo ASSURE es un proceso que ha sido modificado para ser usado por los maestros en situaciones de aula. Este modelo incorpora los eventos de instrucción que estableció Robert Gagné como efectivos para el uso de los medios en enseñanza que tienen muchas de las características que hemos venido analizando. Estos eventos son:

1. Analizar a los que van a aprender.
2. Definir los estándares y objetivos.
3. Seleccionar las estrategias, tecnología, medios y materiales
4. Utilizar la tecnología, medios y materiales
5. Requerir la participación de los estudiantes y
6. Evaluar y revisar.

El problema de conocer a los estudiantes es fundamental. En los Estados Unidos se ha llegado a exigir que los maestros hagan un examen previo de conocimientos para saber exactamente cómo le llega a sus estudiantes. Este proceso es definitivamente interesante y son pocos los esfuerzos que hemos conocido en Colombia para saber cuál es el nivel de conocimiento y de interés que tienen los estudiantes por un tema dado. Un esfuerzo en este sentido se ha llevado a cabo en la universidad Simón Bolívar en forma experimental: Los cursos de matemáticas y de ciencias naturales se ofrecen para casi todas las carreras lo que hace que programen simultáneamente varios cursos del mismo nivel. Al principio del semestre el conjunto de profesores establece qué conocimientos clave debe el estudiante traer como capital académico obtenido en el curso anterior o los conceptos que los primíparos deben traer del bachillerato. Luego el conjunto de profesores construye lo que llaman pruebas diagnósticas que permiten explorar hasta dónde el estudiante ha internalizado esos conceptos básicos. Al principio del semestre se administra la prueba diagnóstica y ésta se repite al final del semestre. Unos resultados preliminares obtenidos muestran que efectivamente los estudiantes llegan a la universidad con unos conceptos claves que no son adecuados para entender el curso de primer semestre. Esto permite conocer las fallas más importantes para ofrecerles ayuda académica. Las pruebas diagnósticas en la última semana muestran que las fallas iniciales se han superado en la mayoría de los estudiantes que, por el otro lado, han tomado los exámenes previos y finales de la asignatura. Pero esto que era de esperar en los primíparos, también se ha encontrado en los estudiantes que entran al siguiente curso de matemáticas. A pesar de que pasaron el curso anterior un número grande pierden la prueba diagnóstica de los conocimientos adquiridos en el curso que acaban de pasar. Y esto se repite con los estudiantes de tercero, cuarto y quinto semestre. ¡Parecería que estos estudiantes tienen la cultura del aprendizaje con fecha de vencimiento! Una segunda condición de este tipo de metodología es que claramente se diseñen los objetivos del curso y lo que se espera que tengan los estudiantes después de haber pasado la respectiva asignatura. Esto es parecido a construir las asignaturas por competencias o en el caso de los colegios por logros. Una preocupación que ha salido de los talleres que ha hecho ACOFACIEN es que parece que la introducción del diseño curricular por competencias es una moda que se originó en los ECAES y luego se presenta en las pruebas SaberPro que se construyen por competencias.

Nótese que esas pruebas son la evaluación de competencias que deben haber adquirido los estudiantes durante el proceso de su carrera. Pero en general, los profesores no tienen claridad acerca de lo que implica construir un curso por competencias. ACOFACIEN está ofreciendo en este momento a las universidades un taller para profesores con el objeto de entrenarlos en la construcción de asignaturas por competencias.

Una metodología similar ha sido propuesta para la enseñanza de la química por Richard Mock y John Farrell que ellos llaman *Process oriented guided inquiry learning* o proceso POGIL¹³. El método requiere la construcción previa de una serie de actividades, en este caso de química, que tienen por un lado una información generalmente corta, luego lo que llaman "preguntas críticas para pensar" seguidas de ejercicios y de problemas. Las preguntas críticas para pensar son aquellas en las que realmente se basa este método y de alguna manera son parecidas al *concept test* del método de Eric Mazur que miraremos más abajo. Un ejemplo, para entender mejor el sistema puede ser el modelo del átomo de Berilio en donde primero se muestra como información un diagrama del átomo usando el modelo de capas electrónicas y el modelo de concepto de carga nuclear. Una pregunta crítica es: ¿Por qué es la carga eléctrica del Berilio +4? Otra pregunta crítica es: Muestre la forma como la carga nuclear del Berilio fue calculada. La sala de clase o el laboratorio POGIL consiste de un número cualquiera de estudiantes que trabajan en grupos pequeños con materiales especialmente diseñados en el modelo de la pregunta guiada. Estos materiales, como decíamos más arriba, le dan al estudiante datos o información seguida de esas preguntas diseñadas para guiarlos a través de la formulación de sus propias conclusiones válidas. Como se puede observar, el método es esencialmente una recapitulación del método científico. El instructor actúa como facilitador, observando y periódicamente dirigiéndose a los individuos o a todo el salón según sus necesidades. El método POGIL se basa en información documentada que indica que la enseñanza a través de la simple presentación de hechos en una clase magistral no es útil para la mayor parte de los estudiantes. Los resultados sugieren que los estudiantes que son parte de una comunidad interactiva tienen una mayor posibilidad de ser exitosos en aprehender el conocimiento y dejan claramente ver que fundamentalmente el conocimiento es algo personal que se construye personalmente a través del conocimiento y discusión de los conceptos. A los estudiantes les gusta más y más este modelo porque desarrollan un sentimiento de propiedad sobre el material que se les da lo que les permite construir su propio modelo mental de los fenómenos naturales.

David Hanson y Troy Wolfskill, profesores de la Universidad Estatal de Nueva York en Stony Brook, presentan lo que ellos llaman *Talleres por proceso: un nuevo modelo de instrucción para estudiantes de química*.¹⁴ Los profesores

¹³ Moog RS, Farrell JJ. Chemistry: A guided Inquiry. John Wiley & Sons. Third Edition

¹⁴ Hanson D, Wolfskill. T Process Workshops – A New Model for Instruction. J.Chem.Ed. 2000: 77, 120-130.

sostienen que los estudiantes de química que van a hacer sus pasantías en la industria se encuentran con que en la universidad se les enseñó una teoría y se les dijo siempre lo que tenían que hacer. Generalmente trabajaban en forma individual y tenían que responder en los exámenes en forma individual por su conocimiento. Pero en la industria tenían que trabajar como parte de un equipo. El equipo era el responsable colectivo del éxito o fracaso de cualquier proceso. Es a partir de estos hallazgos como establecen el taller de procesos que se define como un entorno de aula donde los estudiantes están activamente empeñados en aprender una disciplina y desarrollar competencias esenciales trabajando en grupos automanejados en actividades que involucran conocimiento guiado, procesamiento crítico y solución de problemas e incluyen reflexiones acerca del aprendizaje y evaluación de su desarrollo. El término proceso se usa porque es el foco en el desarrollo de habilidades en situaciones de aprendizaje específicos y el término taller se usa porque a los estudiantes se les da una tarea para que como agentes activos la ejecuten y completen en el salón.

En el taller de procesos los estudiantes trabajan en grupos para adquirir la información y desarrollar comprensión y entendimiento a través del descubrimiento guiado. Ellos llevan a cabo tareas y examinan modelos o ejemplos que proveen toda la información esencial para la lección en respuesta a preguntas de pensamiento crítico que ellos llaman preguntas claves. Las preguntas claves hacen que los estudiantes procesen la información, verbalicen y compartan sus percepciones y comprensiones unos con los otros y hagan inferencias, esto es, construyan el conocimiento. Una vez construido, los estudiantes aplican este conocimiento para resolver ejercicios y problemas simples que requieren pensamiento de orden mayor que involucra análisis, síntesis, transferencia, metodologías expertas e integración con conceptos previamente aprendidos. Los grupos reportan sus resultados a la clase y evalúan que tan bien lo hicieron y cómo podrían mejorar desarrollando estrategias para mejorar sus habilidades. Reflexionan acerca de lo que han aprendido y al final escriben un reporte escrito. Cada estudiante se va del taller con un quiz para responder en casa que se produce con un método desarrollado por computador. Los quices evalúan y refuerzan lo que se aprendió durante el taller y promueven la *accountability* o responsabilidad individual que es un concepto clave en la adquisición de nuevo conocimiento.¹⁵

Método de aprendizaje por pares

El profesor Eric Mazur¹⁶, físico de la universidad de Harvard, desarrolló un método para enseñar los cursos introductorios de física a estudiantes de otras disciplinas. El método se llama instrucción por pares y ya lleva varios años que muestran una forma muy interesante de mejorar el aprendizaje de los estudiantes. De acuerdo con el profesor Mazur, la instrucción por pares logra

¹⁵ Hanson D, Wolfskill. LUCID: A New Model for Computer-assisted Learning. J.Chem.Ed. 2001: 78. 1417-1424

¹⁶ Crouch CR, Mazur E. Peer Instruction: Ten Years of Experience and Results. Am.J.Phys. 2001:69,970-977

captar el interés de los estudiantes durante la clase a través de actividades que requieren que cada estudiante aplique conceptos fundamentales que se le están presentando y luego que explique esos conceptos a sus compañeros. Se diferencia de la práctica común de hacer preguntas durante el periodo de la clase que ordinariamente solo llama la atención a unos pocos estudiantes altamente motivados. Este sistema requiere tener una serie de preguntas estructuradas que se han llamado *conceptest*, que tratan de hacer una pregunta específica que ilustra un concepto fundamental. Una clase en el modelo de instrucción por pares se divide en una serie de presentaciones cortas, cada una enfocada a un tópico central, que es seguido por una pregunta conceptual, es decir, el *conceptest* que trata de buscar si el estudiante ha entendido las ideas que se le han presentado. A los estudiantes se le dan uno o dos minutos para formular respuestas específicas y darle esas respuestas al instructor. Los estudiantes entonces discuten esas respuestas con otros que se encuentran sentados a su alrededor y el instructor le pide a los estudiantes que traten de convencerse unos a otros de la verosimilitud de sus propias respuestas, explicando las razones que subyacen su propia respuesta. Durante la discusión, que generalmente dura entre dos y cuatro minutos, el instructor se mueve alrededor del salón oyendo a los estudiantes y finalmente el instructor da fin a la discusión y les pregunta a los estudiantes por sus respuestas que podrían inclusive haber cambiado a través de la discusión. Explica entonces la respuesta y la clase se mueve al siguiente tópico. En diferentes universidades se ha adaptado este sistema y en el caso de la Universidad del Norte se ha hecho una práctica bastante interesante utilizando los clickers, que son unos instrumentos de tecnología informática que permiten que en vez de que el profesor le pregunte a cada grupo de estudiantes por la respuesta, una vez hecha la pregunta los estudiantes oprimen el botón correspondiente a lo que estiman que es la respuesta correcta y el computador calcula y proyecta sobre la pantalla el porcentaje de estudiantes que han oprimido los diferentes botones de 1 a 4 y el profesor señala la respuesta correcta. La proyección del número de estudiantes que aciertan se incrementa después de la discusión del grupo. Este método utilizando clickers ciertamente requiere una inversión bastante alta, pero en la Universidad del Rosario han logrado lo mismo simplemente utilizando tarjetas de diferentes colores.

CONCLUSIONES

La discusión anterior nos lleva a comprender que es absolutamente necesario el cambiar el paradigma de la enseñanza de la ciencia con el objeto de que

tanto a nivel de los estudios preuniversitarios como en la misma universidad podamos tener una enseñanza basada en el estudiante y no en el profesor.

Esto implica el que se reconozca el hecho de que el estudiante universitario es un adulto que tiene unos intereses propios, que tiene unas capacidades individuales diferentes de los demás estudiantes así participe con ellos de otras capacidades, que tiene que crear su propio conocimiento para realmente sentir que está apoderándose de él, no puede ser simplemente una enseñanza en que el estudiante pasivamente absorbe lo que el profesor le propone. Existen diferentes maneras de llegar a este fin y es perfectamente posible el utilizar una o una combinación de las mismas pero hay ciertas condiciones que son absolutamente claves para poder pasar a un modelo de enseñanza diferente y centrado en el estudiante adulto. Esas condiciones podríamos decir que son las siguientes:

Desde el punto de vista del profesor

1. Es necesario que el profesor identifique lo que son conceptos claves que el estudiante debe apropiarse y debe manejar para toda la vida y no para el examen.
2. El profesor debe tener perfectamente claras las competencias que el estudiante debe haber adquirido al finalizar cada una de sus asignaturas.
3. El profesor debe considerar la evaluación como una manera no solamente de saber hasta donde el estudiante responde a lo que el pretende que el estudiante sepa sino una forma adicional de enseñanza en la que el estudiante continúe aprendiendo a través de la solución de problemas
4. El profesor debe tomar el tiempo necesario para poder estudiar las respuestas de los estudiantes más allá de una evaluación de tipo test exigiendo el que los estudiantes escriban así sea pequeños ensayos que le permitan conocer hasta donde el proceso de aprendizaje ha sido exitoso.

Por parte del estudiante, por el otro lado, es necesario que el reconozca cuáles son sus intereses y cuáles son sus propias habilidades, que sepa que debe estudiar en forma tal que no responda simplemente a lo que el profesor espera que le conteste sino que debe ser capaz de intercambiar el conocimiento con sus compañeros y aprender también de compañero. En esta forma está construyendo su propio conocimiento a pesar de que no esté obviamente construyendo el conocimiento como tal, que por razones lógicas es un constructo social que él debe aprender, aprehender y de alguna manera dominar para sus propios fines. Finalmente, debe ser el estudiante el que identifique el para qué va a servir lo que está estudiando más allá de la retórica del profesor que pueda indicarle que la manera de lograr el éxito profesional depende de haber dominado las competencias y habilidades que se dan en una determinada asignatura.

Es importante que los profesores de las universidades que participan en ACOFACIEN puedan a través de talleres y otros tipos de encuentro puedan no sólo utilizar formas de aprendizajes que han sido bastante bien desarrolladas en otros países sino construir métodos de enseñanza autóctonos, centrados en el estudiante que, que los validen y que los publiquen para ser utilizados por la comunidad académica colombiana.

XXIII ASAMBLEA ORDINARIA

Universidad de Antioquia

Seccional Oriente

Carmen de Viboral

Septiembre 12 de 2013