

Laboratorios de Ciencias del Bachillerato UNAM

Drs. Fernando Flores Camacho y Fernando Gamboa Rodríguez[†]

Una de las acciones emprendidas por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en años recientes fue la de mejorar el nivel educativo de sus bachilleratos. A iniciativa del Dr. José Narro Robles, Rector de la UNAM (2007-2015), se planteó la transformación de los laboratorios curriculares de ciencias del bachillerato en sus dos subsistemas. Para ello se contemplaron diversas acciones encaminadas al mejoramiento de la infraestructura, a la introducción de nuevas tecnologías, al uso más eficiente de recursos y materiales, pero sobre todo a desarrollar procesos educativos que mejoren de manera relevante la enseñanza experimental de las ciencias en el bachillerato. Para llevar a cabo estas acciones se formuló el proyecto *Laboratorios de Ciencias del Bachillerato UNAM*. Para su realización se convocó a los integrantes del Grupo Cognición y Didáctica de las Ciencias y del Grupo Espacios y Sistemas Interactivos para la Educación, del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET), actualmente Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología (ICAT), grupos de investigación y desarrollo que por sus características y trayectoria en proyectos e investigaciones en el campo de la educación en ciencias e integración de entornos enriquecidos con tecnologías, se consideró que podían coadyuvar a este relevante proyecto universitario. A estos grupos y por iniciativa del entonces CCADET se sumaron grupos de trabajo de las Facultades de Química y de Ciencias y, de manera sustantiva,

profesores de ambos sistemas del bachillerato. El CCADET fungió como centro del proyecto desarrollando una propuesta educativa, misma que incorporó las tecnologías digitales en las actividades experimentales y proporcionó nuevos elementos didácticos para estar a la vanguardia de la enseñanza de las ciencias en ese nivel educativo. En su marco educativo resaltan las actividades experimentales orientadas hacia los aspectos cognitivos de representación, la multi-representación y conceptualización, así como el favorecimiento de las habilidades para la ciencia en los alumnos, que les permitieran procesos de integración conceptual y de colaboración.

El proyecto se inició con un diagnóstico que abarcó dos vertientes. En una, se analizó y dio cuenta del estado que, en ese momento, guardaban los laboratorios en los planteles, tanto de la Escuela Nacional Preparatoria como del Colegio de Ciencias y Humanidades. Al respecto se encontraron laboratorios antiguos, en mal estado, con instalaciones deterioradas y equipamiento obsoleto. Además, fue notorio que no contaban con medidas de seguridad apropiadas. En la segunda, se hizo un análisis de las formas típicas de enseñanza. En este caso y a pesar de diversos esfuerzos que se han hecho en la Universidad, se observó que prevalece la enseñanza memorística, que las actividades experimentales, en lugar de ser fuente de procesos de aprendizaje y de indagación, siguen siendo solo



Estudiantes de bachillerato
en un Laboratorio
de Ciencias del Bachillerato

medios de comprobación y prácticas rígidas. Ambos diagnósticos confirmaron la necesidad de llevar a cabo la transformación de ese estado de estancamiento.

A partir de ambos diagnósticos, se propuso el desarrollo de nuevos laboratorios que incorporaran lo mejor de las TIC y de nuevo equipamiento, así como proporcionar nuevos enfoques educativos correspondientes con las mejores propuestas que la investigación en enseñanza de la ciencia han marcado en los últimos años. En esta propuesta, la incorporación de las tecnologías digitales está en estrecha correspondencia con la propuesta educativa, para lo cual

se establecieron los fundamentos educativos del proyecto que se describen a continuación.

Fundamentos Educativos

El proyecto retomó aspectos relevantes de la investigación en enseñanza de las ciencias que han mostrado sus posibilidades de aplicación y de mejora del aprendizaje de las ciencias, en especial en entornos experimentales¹. Estos aspectos son:

¹www.laboratoriosdeciencias.unam.mx

Aprendizaje como proceso de transformación conceptual y representacional

El aprendizaje desde esta perspectiva tiene, entre sus principales consideraciones, las ideas y conocimientos previos de los alumnos (usualmente conocidos como ideas previas o concepciones alternativas), los procesos de representación, es decir las acciones cognitivas que permiten a los alumnos interpretar los procesos naturales, los procesos de argumentación y colaboración que son necesarios para que los alumnos integren su conocimiento y establezcan explicaciones coherentes, la diversidad contextual que incorpore elementos del entorno de los alumnos, las posibilidades de variación en los procesos experimentales como forma usual de los procesos de indagación científica, la multi-representacionalidad y la construcción de relaciones conceptuales como base para la comprensión de los entramados teóricos y de modelos de las teorías científicas.

Enseñanza centrada en los alumnos

Los procesos de enseñanza que ponen al centro al alumno, son en la actualidad compartidos por la mayoría de los países y son la base de propuestas actuales para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Desde luego, también es tema central en los actuales programas de la ENP y CCH e implican procesos didácticos en los que las ideas previas de los alumnos, los procesos indagatorios, los de colaboración entre pares, y los de creatividad son los elementos principales de las acciones y desarrollos educativos.

Desarrollo de actitudes indagatorias y habilidades para la ciencia

Los elementos anteriores no pueden desarrollarse si no se logra en los alumnos un importante cambio en sus actitudes frente al aprendizaje. Es por ello, que el desarrollo de actitudes de indagación y de habilidades cognitivas que se requieren, deben ser una preocupación constante en todas las acciones educativas que se

emprendan y por ello es parte importante de este proyecto, por lo que la incorporación de las TIC se llevó a cabo como un proceso de inmersión en el marco educativo.

Exploración experimental con diversos contextos, formas de registro y análisis

La actividad experimental se plantea de forma que constituya un enriquecimiento para el aprendizaje de los procesos naturales, que es parte del proceso de estructuración conceptual y no como un mero artificio comprobatorio. Así en el proyecto, el laboratorio se concibe y constituye como un lugar de exploración y análisis.

Incorporación de las TIC para apoyar los procesos de colaboración, argumentación y análisis

La introducción de las TIC en los laboratorios, como se ha mencionado, tiene como propósito principal proveer los medios tecnológicos para impulsar la colaboración y la comunicación en los procesos de aprendizaje, favorecer la argumentación entre alumnos y entre alumnos y profesores, contar con más recursos para el registro y análisis de datos, para la comparación de resultados y la obtención de información, por mencionar algunos de los procesos que las TIC favorecen en los procesos educativos. Por ello las TIC son una de las partes centrales de los nuevos laboratorios.

Los elementos educativos descritos son los ejes que orientaron tanto el desarrollo de los procesos didácticos, que se concretaron en cursos y libros para los profesores, como en el diseño y selección de materiales experimentales, tecnologías digitales y funcionamiento e instalaciones de los laboratorios.

Proceso y desarrollo

El desarrollo del proyecto contempló diversas etapas: El diagnóstico ya mencionado.

Visitas a escuelas en países con altos estándares en la enseñanza de las ciencias a los jóvenes. En particular se visitaron escuelas públicas y privadas en Montreal, Canadá; en el Reino Unido se visitaron escuelas en diversas localidades como Londres, Cambridge Brighton y Peterborough, así como las universidades de Cambridge y Sussex y se tuvo conocimiento de proyectos de transformación escolar como el proyecto Faraday.

Se diseñaron los espacios y mobiliario óptimos para los laboratorios y se construyó un laboratorio prototipo en el CCADET, en él entre otras actividades que pusieron a prueba diversas tecnologías, se trabajó con profesores comisionados por los bachilleratos para la definición de equipo y materiales para las actividades experimentales. También se definieron las normas y equipo de seguridad para los laboratorios.

Como siguiente paso se construyó un laboratorio prototipo en cada escuela (14 laboratorios), en los que se realizaron las pruebas y ajustes necesarios para, poder proseguir a la siguiente etapa.

Se llevó a cabo la etapa de generalización con la construcción de los laboratorios quedando la distribución que se muestra en la siguiente tabla.

Cabe mencionar que todas las acciones de construcción de los laboratorios y de equipamiento se llevaron a cabo en coordinación con la Dirección General de Obras y Conservación, y la Dirección General de Proveeduría.

DISTRIBUCIÓN DE LABORATORIOS POR ESCUELA	
Escuela	Número de Laboratorios
ENP1	6
ENP2	10
ENP3	9
ENP4	6
ENP5	6
ENP6	6
ENP7	6
ENP8	6
ENP9	6
CCH-A	9
CCH-O	9
CCH-N	9
CCH-S	9
CCH-V	9

Distribución de los laboratorios construidos por escuela

Durante la etapa de generalización, el equipo del CCADET, además de participar cotidianamente con las direcciones mencionadas de Obras y Proveeduría, estuvo supervisando instalaciones y funcionamiento en todos los planteles.

En cuanto a las acciones en el ámbito académico, se desarrollaron e impartieron (en el laboratorio de pruebas) 6 cursos de formación y actualización docente a un total de 180 profesores, y se organizaron visitas al laboratorio de pruebas para mostrar su funcionamiento y recibir opiniones a cerca de 400 profesores. Cabe mencionar que estos cursos y visitas, estuvieron apoyados por profesores



Libros y guías para los profesores de ciencias

comisionados de ambos bachilleratos. También se recibieron visitas de diversas autoridades universitarias y se estuvo siempre en estrecha relación con la Secretaría General de la UNAM.

Para contribuir a la formación docente y a que pudieran apreciarse los procesos educativos y potencialidad de los nuevos laboratorios, el equipo de trabajo del CCADET elaboró tres libros para los profesores; uno por asignatura (Biología, Física y Química). En ellos se ejemplifican secuencias didácticas para mostrar las posibilidades didácticas y la aplicación de los fundamentos educativos del proyecto. Los libros fueron distribuidos a los profesores de ciencias. También, en el CCADET se elaboraron y distribuyeron entre los profesores un conjunto de videos que muestran de manera didáctica y exhaustiva las formas de operación del cómputo de los



laboratorios, la solución de posibles problemas y el funcionamiento del equipo de sensores desarrollado en el CCADET, que permite llevar a cabo mediciones y análisis de datos de diversas actividades experimentales.

Cabe señalar que se organizó un encuentro para los profesores de bachillerato con la participación de expertos internacionales (España, Inglaterra, Canadá y Argentina) en el campo de la enseñanza de las ciencias con tecnología y del cual se derivó la publicación del libro *Las tecnologías digitales en la enseñanza experimental de la ciencia. Fundamentos cognitivos y procesos*, publicado en 2015.

Cómo funcionan y qué aportan los laboratorios

Los laboratorios están diseñados para que trabajen 32 alumnos, aceptando un máximo de 40. Cada mesa de trabajo cuenta con una torre donde se localiza una pantalla con un protector de acrílico para protegerla de sustancias y accidentes, conexiones para los dispositivos de interacción con las computadoras y conexiones eléctricas reguladas y no reguladas, además de una pequeña tarja.

Cada laboratorio cuenta con una computadora en cada mesa, que se constituye como una herramienta de trabajo más para el profesor y los alumnos; desde el punto de vista del uso de la tecnología en espacios educativos, se diseñó una solución robusta para evitar problemas conocidos en este tipo de entornos como los virus y software malicioso, modificaciones no autorizadas, aplicaciones que dejan de funcionar y recuperación de errores, etc. La tecnología “Reinicie y restaure” fue implantada para proteger la integridad de los equipos de cómputo, permitiendo que los datos permanezcan inalterables a los cambios del usuario, de manera que cualquier modificación hecha por un alumno o profesor, se deshará cuando se reinicie el sistema.

El laboratorio provee diversos programas de cómputo para el uso de alumnos y profesores, lo que les permite realizar simulaciones, obtener y analizar datos de experimentos en tiempo real, escribir reportes, así como acceso a Internet y tener interacción entre ellos en el mismo plantel e incluso de otros planteles. El equipo destinado al profesor incluye un software para el control de los equipos de los alumnos, con el que puede encender, apagar y reiniciar los equipos de los alumnos; monitorear lo que está ocurriendo en cada mesa de trabajo; mostrar en las pantallas de los estudiantes la información que se muestra en el equipo del profesor u de otro equipo de trabajo; enviar y recibir archivos; abrir y cerrar aplicaciones en los equipos

de los estudiantes y bloquear el uso de las computadoras en caso necesario. Todo esto con el fin de que el uso de las TIC esté siempre bajo la supervisión del profesor sin que lo distraiga de su actividad principal, además de brindarle un ambiente adecuado para la discusión y comparación de las observaciones, los resultados y las ideas de los alumnos.

Los laboratorios cuentan con elementos de seguridad como botiquín, campana de extracción de humos, lava ojos de emergencia, extractores, señalización, extintores, arena para incendios, muebles para almacenamiento de sustancias peligrosas, sensores de humo y un sistema de detección de intrusos. Las instalaciones tienen todos los elementos eléctricos para su buen funcionamiento, incluyendo un interruptor de energía eléctrica en caso de alguna contingencia que amerite la suspensión de electricidad.

La arquitectura tecnológica diseñada, además de los aspectos de comunicación señalados tiene las siguientes características: interoperabilidad, escalamiento, administración simple y segura, robustez, seguridad, flexibilidad, adaptabilidad al contexto del laboratorio y al modelo educativo que se impulsa en el proyecto. Se estructuró un software que fomenta la posibilidad de que los alumnos manifiesten puntos de vista y generen argumentos dentro de la clase. Todo lo anterior, es posible de ser compartido de manera síncrona y/o asíncrona entre estudiantes y el profesor.

La red virtual con la que cuentan aísla el tráfico de la red de los laboratorios de la red del plantel por lo que, en conjunto, los servicios y los equipos de los laboratorios forman una red local, que no interfiere con los servicios que ya tenía y proporcionaba la escuela.

Además de los aspectos de infraestructura mencionados, cada laboratorio cuenta con un área de almacén para los materiales

que se usan en las sesiones de trabajo. En este espacio se ubica el gabinete de telecomunicaciones donde se alojan los equipos de los estudiantes, el servidor, un switch y un UPS. Teniendo el material de cómputo aislado de las mesas de trabajo en el gabinete de telecomunicaciones, se protege este material de las sustancias que pudieran dañarlos. La comunicación entre los equipos de estudiante y el servidor es mediante el switch y cableado categoría 6 certificado, garantizando un adecuado acceso a los servicios en la red.

Uno de los aspectos de los nuevos laboratorios es que son espacios que permiten el desarrollo de nuevas formas y estrategias de enseñanza de las ciencias experimentales que elaboren profesores e investigadores en este campo. Las posibilidades que ofrecen las TIC en conjunto con los equipamientos y propuestas didácticas permiten ampliar y diversificar las formas de aproximarse a cada tema y a las posibilidades de cada alumno, al contar con diversas formas de representación, de discusión, de explicitar y compartir ideas, de comunicarse con otros lugares, de tener materiales tanto de trabajo como informativos en todo momento, etc., pero en síntesis podemos decir que aportan un ambiente de enseñanza y de aprendizaje acorde con el contexto educativo y tecnológico actual.

Situación actual de los laboratorios

Los laboratorios atienden actualmente en la ENP al 50% de sus alumnos y al 20% de los alumnos del CCH. Desde luego que su utilización depende de cada profesor, tanto por sus habilidades para el uso de las TIC como para su comprensión de los actuales enfoques educativos. Esto implica que hay profesores que obtienen un máximo provecho de esa infraestructura y otros que obtienen menos. Sin embargo, los laboratorios han venido a modificar e impulsar una nueva dinámica para la enseñanza de las ciencias lo que se muestra en los cursos que ahora organizan las propias escuelas para entrenar

a nuevos profesores, en reuniones académicas donde presentan sus experiencias y actividades experimentales, en sus presentaciones en congresos y en el desarrollo de actividades y manuales, otros productos académicos relacionados con los laboratorios.

Mejoramiento de la enseñanza de las ciencias

Toda propuesta educativa, incluida una como ésta que implica infraestructura, requiere de varios años para que pueda evaluarse su impacto en los sistemas educativos. La evaluación del impacto debe contemplar múltiples factores como investigaciones específicas, rendimiento escolar, seguimiento de egresados, desarrollos de nuevas actividades académicas, por citar algunos. En el CCADET hemos llevado a cabo análisis por medio de investigaciones específicas que han abarcado aspectos como: Las formas de uso de las TIC por los profesores; el aprendizaje de temas específicos con profesores que han aplicado el modelo didáctico propuesto; y más reciente y en proceso una investigación sobre su impacto en el aprendizaje comparado con alumnos que no han cursado sus asignaturas en ellos. En todos estos casos y en los avances de la investigación en desarrollo, es claro el efecto positivo en cuanto a mejoramiento en la comprensión de los conceptos científicos en los alumnos, pero también en otros aspectos como sus posibilidades de representación de los procesos naturales que se observa en sus representaciones explícitas, en su habilidad para desarrollar actividades experimentales y para argumentar. Aspectos que están en los fundamentos educativos y que son factibles de cumplir.

A las escuelas les toca ahora dar continuidad y mejorar esta propuesta que el CCADET desarrolló y que, consideramos, aportó al bachillerato de la Universidad nuevos elementos tanto materiales como académicos para el mejoramiento de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

Los participantes

Durante su desarrollo participaron académicos, profesores y alumnos.

Del Grupo de Cognición y Didáctica de la Ciencia participaron: Fernando Flores Camacho (Coordinador del Proyecto), Humberto Albornoz Delgado, Elena Calderón Canales, Héctor Covarrubias Martínez, Leticia Gallegos Cázares, Eduardo Vega Murguía;

Del Grupo Espacios y Sistemas Interactivos para la Educación: Jesús Ramírez Ortega (Corresponsable), Ricardo Castañeda Martínez, Gustavo de la Cruz Martínez, Ana Libia Eslava Cervantes, Fernando Gamboa Rodríguez;

Los profesores del bachillerato que participaron fueron: Natalia Alarcón Vázquez, José Busto Sánchez, Diana Cárdenas González, Margarita Castelán Sánchez, Manuel Cruz Cisneros, Alfredo Herrera Hernández, Carmen Martínez Parra, Silvia López Eslava;

Los estudiantes participantes estuvieron asociados al CCADET y fueron: Alejandro Ávila Reséndiz, Juan Degollado Daza, Martha Fernández Martínez, Néstor Hernández Valentín, Alejandra García Galván, Beatriz García Rivera, Sheila López-Laso, Mariana Ortiz Gómez, Leticia Plasencia Gaspar, David Rodríguez Corral, Irving Medina Larios, Grisel Angélica Pérez Quezada, Arturo Cruz Hernández, Adalberto Blanco Mejía, Alí Tahaí García Arellano, Verónica Abad Martínez, Erika Annabel Martínez Mirón.