

## **LA INTERDISCIPLINARIEDAD COMO RECURSO; LA EXPERIMENTACIÓN CON SENSORES Y EL ESTUDIO DE CASOS COMO HERRAMIENTAS**

**Nancy Edith Saldís**, Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, nanciesaldis@yahoo.com.ar

**Marcelo Martín Gómez**, Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, mgomez@cnm.unc.edu.ar

**Abel Gerardo López**, Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, abel.lopez@unc.edu.ar

**Raquel Bazán**, Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, raquel.bazan@unc.edu.ar

**Hernán Severini**, Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, hernanseverini@gmail.com

**Nancy Larrosa**, Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, nancy.larrosa@unc.edu.ar

**Carina Colasanto**, Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, ccolasanto@yahoo.com.ar

**Resumen**—Los espacios disciplinares en ingeniería suelen presentarse aislados mostrando una elevada cantidad de estudiantes desaprobados y generando desinterés. Esta compartimentación es el reflejo del accionar de los profesores trabajando en cátedras aisladas y sin integración. El equipo de profesores investigadores de la Escuela de Ingeniería Química que presenta este escrito trabajó sobre la gestión de un entorno de aprendizaje constructivista e interdisciplinar, motivador, colaborativo y mediado, en modalidad b-learning que involucró el nivel de grado y luego el posgrado. Los objetivos fueron desarrollar e implementar un modelo constructivista de innovación para la interdisciplinariedad de la ciencia y la tecnología centrado en el aprendizaje basado en problemas y la experimentación con sensores computarizados para la conceptualización eficaz de fenómenos químicos y físicos, su posterior modelización matemática y análisis colaborativo. Los resultados en los estudiantes de grado y posgrado evidenciaron un aprendizaje conceptual más integrado. En los profesores se observó la formación de un equipo sólido y perdurable en el tiempo, y un gran interés por el trabajo experimental y el estudio de casos como estrategias.

**Palabras clave**— *interdisciplinariedad, sensores computarizados, estudio de casos.*

## **1. Introducción**

La elevada complejidad que adquiere la vida universitaria en la actualidad genera demandas inéditas en los gestores de la educación superior, de modo que se hace inevitable repensar nuevas estrategias especialmente en lo referido a la formación de los docentes y del estudiantado.

El desafío de superar la articulación entre la escuela media y la universidad, una matrícula ascendente con la consiguiente expansión del cuerpo docente no siempre capacitado en recursos didácticos, y los constantes requerimientos de preparar más profesionales competentes con elevada calidad académica en menor tiempo exige continuos ajustes en las acciones para dar cumplimiento a estos objetivos.

El mejoramiento de la calidad en la gestión de una carrera universitaria implica utilizar con creatividad los recursos disponibles, concebir espacios interdisciplinarios de construcción de conocimientos, intercambiar experiencias, y generar proyectos pensados en las necesidades de la comunidad, entre otras exigencias.

A su vez, todo proceso educativo, considerado como herramienta transformadora, requiere de la suma de esfuerzos y de un desarrollo equilibrado de la energía creadora a través de la información y del conocimiento de modo que generen acciones conducentes a mantener y desarrollar la vida individual y colectiva en condiciones de sustentabilidad.

En primer lugar, entre los cambios que se requieren en las concepciones y prácticas actuales de la enseñanza de la ciencia y la tecnología, es imprescindible lograr una mayor relación entre las disciplinas y áreas de conocimiento para lograr las competencias o habilidades necesarias para saber, saber hacer y saber ser. Ana Sola de Villazón expresa que *“Muchas carreras tienen en los primeros años, cuatro o más asignaturas por cuatrimestre y esa fragmentación resta tiempo para enseñar y aprender”*. Ella expresa que para el docente es difícil promover composiciones colectivas de los temas y acompañar el aprendizaje. *“Para el alumno, incorporar tanta información parcelada en tiempos acotados lo conduce a la lectura ligera y reflexiones superficiales... La mayoría de los estudiantes recibe los contenidos como una serie de informaciones más o menos inconexas que les impide ver funciones claras, plantear interrogantes o establecer relaciones”* [1].

Agrega que las prácticas de enseñanza no son capaces de ubicar a los alumnos, potenciar sus pensamientos y promover relaciones de mayor compromiso con el conocimiento.

Por otra parte, los profesores, especialmente en los primeros años de la universidad, enfrentan a diario la masividad y en algunos casos, la imposibilidad de motivar a sus estudiantes a construir el conocimiento repitiendo las antiguas clases magistrales. Esto trae aparejado espacios disciplinares aislados mostrando una elevada cantidad de estudiantes desaprobados y generando desinterés. Esta compartimentación es el reflejo del accionar de los profesores trabajando en cátedras aisladas y sin integración.

Las prácticas actuales de trabajo profesional no conciben la especialización a ultranza si no es incorporada a un equipo de trabajo interdisciplinar. La interdisciplinariedad adquiere entonces, junto al trabajo colaborativo y en equipo, una connotación especial en la formación de los estudiantes de cualquier nivel educativo. La necesidad de estos cambios se fundamenta en que la complejidad del mundo actual hace imposible su comprensión, y mucho menos su transformación, actuando sobre la realidad de manera parcial y fraccionada recurriendo solo a conceptos, contenidos, categorías y procedimientos provenientes de una sola disciplina.

Los objetivos de la gestión impulsada por el equipo de profesores de la Escuela de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales (FCEFyN) de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC) que presenta este trabajo fueron:

- Mejorar la enseñanza de las ciencias y la tecnología a través de la incorporación de recursos materiales y metodologías con TIC que faciliten la construcción de conocimientos científico-tecnológicos significativos.
- Promover acciones para el aprendizaje de contenidos conceptuales y procedimentales a través de la realización de experiencias de laboratorio que integren Matemática, Física y Química alejándose del esquema de compartimientos aislados.

Desde el punto de vista cuali y cuantitativo, las metas incluyeron:

- Desarrollar destrezas y competencias para el apoyo a la educación de modalidad b-learning.
- Incentivar la participación conjunta de docentes de distintos ámbitos en proyectos interdisciplinarios que incluyeran la vinculación de contenidos de asignaturas visualizadas por los alumnos como conocimientos aislados.
- Aportar soluciones innovadoras que impliquen un análisis de concepciones educativas y de relación enseñanza aprendizaje.

Se pensó en procedimientos de laboratorio que guarden similitud con la vida profesional a través de la adquisición de lenguajes propios de la Tecnología. Fue necesaria la utilización de recursos informáticos y equipos específicos de medición de parámetros de fenómenos físicos y químicos, propiciando el aprendizaje colaborativo, la enseñanza entre pares y la formación integral de estudiantes.

A los efectos de desarrollar este artículo se vuelve necesario comenzar por definir ciertos conceptos.

En lo referido a la integración curricular, y siguiendo a Gaff [2], en el campo educativo es posible proponer tres argumentos: El argumento intelectual que promueve la integración del currículum, el pedagógico que busca alternativas para promover el aprendizaje auténtico con un conocimiento integrado y no aislado; y el argumento social que sostiene que el aprendizaje es una actividad individual, pero se potencia si el profesor puede generar comunidades de aprendizaje. Aquí cobra relevancia el aprendizaje colaborativo [3] donde los estudiantes trabajando en pequeños grupos desarrollan habilidades de razonamiento superior y pensamiento crítico y se sienten más confiados. Se concibe al trabajo de construcción del conocimiento en grupos de personas, como una alternativa centrada en el aprendizaje del estudiante que promueve el aumento de la comunicación, el respeto y la confianza entre los integrantes. Cabero [4] unifica las vertientes pedagógicas de aprendizaje colaborativo y cooperativo en una definición única. En ella establece que el trabajo colaborativo es una metodología de enseñanza basada en la creencia de que el aprendizaje se incrementa cuando los estudiantes desarrollan destrezas de sociabilización del conocimiento para solucionar los problemas y acciones educativas en las cuales se ven inmersos.

La pregunta clave es entonces ¿Es posible que se enseñe de esta manera si los mismos docentes, no trabajan así?

Estos conceptos que generalmente se aplican a los estudiantes podrían pensarse entonces para comunidades de docentes trabajando colaborativamente sobre un conjunto de estrategias de enseñanza que mejoren los procesos de aprendizaje, enriqueciéndose en contenidos y procesos mediante la interdisciplinariedad. Torres [5] y Mañalich [6] la definen como una forma particular del trabajo científico y como proceso en el que está necesariamente presente una relación de cooperación entre

los especialistas que han madurado en sus propias disciplinas y buscan enriquecer y enriquecerse en sus aportes.

El ser humano aprende haciendo [7]. Esta composición de conceptos origina, en su descripción cognitiva, la teoría o enfoque constructivista de la enseñanza, fundamentando su máxima expresión en el proceso de descubrir, organizar, reconstruir y construir, donde el ser humano es capaz de aprender conceptos tal como lo hace con los objetos o cosas. El enfoque constructivista destaca que la manera de adquirir el conocimiento es mediante la exploración y la manipulación activa de objetos e ideas, ya sean abstractas o concretas, en un mundo físico y social en donde somos protagonistas.

El modelo denominado Entornos de Aprendizaje Constructivista [8] avanza en esta concepción poniendo por finalidad diseñar entornos que comprometan a los estudiantes en la elaboración del conocimiento. Este modelo consiste en una propuesta que parte de un problema, pregunta, ejemplo o proyecto como núcleo del entorno para el que se ofrecen al aprendiz varios sistemas de interpretación y de apoyo intelectual derivados de su contexto para resolver las situaciones. Estos sistemas de interpretación, este andamiaje conceptual necesario para comprender un fenómeno y poder imaginar alguna forma de transformación de la realidad, muy posiblemente no provenga de una sola disciplina, y es que la realidad es compleja. Entonces es posible concebir a la interdisciplinariedad como indispensable para una estrategia constructivista de enseñanza y aprendizaje, que prepara a los estudiantes pero también a los docentes, para realizar transferencias de contenidos que les permitan solucionar holísticamente los problemas que enfrentarán en su futuro, tal y como se dan en la realidad profesional, es decir, transformar positivamente información en conocimiento.

Cualquier estudio empieza con el planteamiento del problema o una pregunta. Estas son las que dan sentido a la acción de aprender. La relevancia, oportunidad y novedad del tema determinarán, en buena parte, el impacto e interés del estudio. Un aprendizaje basado en problema [8] parte de una situación que debe ser interesante, pertinente, atractiva de resolver y en lo posible interdisciplinar, pues la motivación va a jugar un papel importante. Los problemas han de estar definidos y estructurados de forma insuficiente de manera que algunos aspectos del problema resulten inesperados y puedan ser definidos por los alumnos; podrían contener múltiples soluciones o incluso ninguna, y permitir que los alumnos establezcan juicios sobre el problema y los defiendan expresando sus opiniones personales.

Una manera de presentar un problema es a través de un caso. Un caso didáctico es un fragmento de la realidad que se lleva al aula a los fines de que los alumnos y docentes lo examinen minuciosamente. Es un instrumento educativo que incluye información y datos de ciertas temáticas que deben ser desmontados y vueltos a armar para la expresión de actitudes y modos de pensar que se exponen en el aula [9]. Se trata de casos de acontecimientos reales tales como artículos científicos, textos de periódicos, películas, libros, etc., aunque también podrían ser imaginados y redactados por el docente. Los alumnos reunidos en pequeños grupos dialogaran interactivamente en el que sus preguntas demandan un cuidadoso examen en las cuestiones que el caso plantea. Con respecto al término “aprendizaje colaborativo” Dillenbourg [10] expresa que es la situación en la cual una o más personas aprenden o intentan aprender algo en forma conjunta. Quizás es posible definirlo como aquel desarrollado a través de comunidades de aprendizaje donde todos aceptan el compartir las acciones y responsabilidades respondiendo a un enfoque sociocultural.

Por otra parte es innegable que las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) han invadido todos los ámbitos de la sociedad y se han convertido en una atractiva táctica para motivar la educación científica y tecnológica. Las políticas educacionales que implican la incorporación de estas tecnologías y su uso efectivo en las tareas de enseñanza aprendizaje tienden a dar respuesta a desafíos tales como expandir y renovar el conocimiento, dar acceso universal a la información, y promover la capacidad de comunicación entre los individuos y grupos sociales [11].

El aprendizaje colaborativo mediado, según Lipponen [12], se basa en los procesos generados a través de la interacción entre las personas y las informaciones por TICs. Está centrado en el estudio sobre la manera en que la tecnología informática puede mejorar la interacción entre iguales y el trabajo en grupo para facilitar el hecho de compartir y distribuir el conocimiento y la experiencia entre los miembros de la comunidad.

En este sentido se vuelve importante definir b-learning (blended learning) o formación combinada; este proceso de enseñanza aprendizaje considera actividades presenciales y a distancia agilizando tanto la labor del docente como la del estudiante. Las actividades presenciales y virtuales deben estar pensadas de modo que faciliten el aprendizaje. Las ventajas que se suelen atribuir a esta modalidad son la unión de las dos modalidades que combina: las que se atribuyen al e-learning (aprendizaje electrónico o virtual) tales como la reducción de costos debidos al desplazamiento, alojamiento, etc. del aprendiz, la eliminación de barreras espaciales y la flexibilidad temporal, ya que para llevar a cabo gran parte de las actividades del curso no es necesario que todos los participantes coincidan en un mismo lugar y tiempo. Son asincrónicas y ubicuas. Por otro lado, la formación presencial permite la interacción física lo cual tiene una incidencia notable en la motivación de los participantes, facilita el establecimiento de vínculos, y ofrece la posibilidad de realizar actividades algo más complicadas que de manera puramente virtual [13].

En acuerdo con Salinas [14] la demanda por el conocimiento y la formación de profesionales comprometidos con la sostenibilidad requieren de una actualización constante de los profesores y, como consecuencia, las herramientas informatizadas se vuelven indispensables como apoyo a la labor docente. Este autor sostiene que lo importante no está en si es necesario o no nuevos modelos, sino cómo se tienen que combinar los componentes o elementos pedagógicos, organizativos y tecnológicos del entorno de aprendizaje. Para ello, es necesaria la experimentación y la validación de modelos pedagógicos que expliquen y permitan una adecuada explotación de los entornos virtuales de formación. Esto implica una revisión de cuándo, dónde y cómo llevar adelante las distintas experiencias. En este sentido, trabajos realizados por parte del equipo que presenta este escrito [15] [16] [17] [18] ofrecen el soporte desde donde advertir la combinación de elementos pedagógicos y el instrumental informatizado para lograr la mayor relación entre las disciplinas y áreas de conocimiento.

## **2. Materiales y Métodos**

Para dar respuesta a los objetivos se pensaron diversas acciones que comenzaron en el año 2012 y se sostienen en el tiempo hasta la actualidad. Por aquellos años el equipo de profesores realizó reuniones periódicas para acordar la forma de llevar adelante el plan y se seleccionaron los contenidos integradores que atravesarían el recorrido del propósito. Se efectuaron ateneos periódicos para lograr la profundización en el uso adecuado y mantenimiento de los distintos equipos y programas. Se recopiló información para el diseño y redacción de algunas experiencias prácticas de laboratorio

donde se incluyeran determinaciones con sensores multiparamétricos, y contenidos que tiendan a la interdisciplinariedad. Cada una de las actividades tuvo su fase de prueba que consistió en la puesta a punto de los sensores, la carga del programa DataStudio® que más adelante debió mutar a Capstone® (evolución del software DataStudio) por razones de disponibilidad, y las pruebas piloto de las experiencias. De esta manera se logró trabajar sistemáticamente y en equipo, ya que cada uno de los profesores provenientes de los distintos departamentos académicos científicos aportó, a través de un trabajo colaborativo, los conocimientos, materiales y las metodologías propias de cada disciplina.

La gestión se desarrolló en varias etapas. La primera podría denominarse etapa de preparación, y la segunda de aplicación.

La preparación consistió en la búsqueda de bibliografía y la validación de situaciones problemáticas y experiencias a desarrollarse en el laboratorio. También se realizó la redacción, diseño e impresión de guías de estudio, la gestión, consecución y preparación de materiales e instrumentos para las experiencias prácticas, el relevamiento de los distintos equipos disponibles en el mercado, el análisis de costos, calidades y factibilidades, y se encargó la compra del instrumental con el que se comenzaría la innovación. El financiamiento en aquellos momentos fue del Programa de Mejoramiento de la enseñanza de grado (PAMEG). La capacitación inicial del conjunto de profesores estuvo a cargo del personal de las empresas proveedoras, pero luego se continuó con la realización de ateneos internos para lograr el perfeccionamiento en el uso de los sensores multiparamétricos, su calibración, mantenimiento, y adquisición y manejo del programa Data Studio. Luego se realizaron pruebas piloto para ajustar la redacción de las guías y precisar la metodología. Además se publicó el blog <http://proyectosensores.blogspot.com> conteniendo información a través de imágenes, videos y presentaciones en PowerPoint y Prezi. En este espacio se incorporaron tutoriales, glosarios e infogramas elaborados por los integrantes del equipo.

La metodología seleccionada para el aprendizaje por parte de los estudiantes de grado fue de corte constructivista, la cual se basó en la presentación de casos de interés ingenieril y en la resolución de situaciones problemáticas. Estas situaciones eran posibles de resolverse a través de experiencias físicas o químicas con los sensores multiparamétricos, la interpretación, carga y envío de datos y gráficos matemáticos con los programas informáticos y el aprendizaje colaborativo mediado por el aula virtual (AV) o el blog diseñados especialmente para esta experiencia. Para llevar a cabo la innovación se seleccionaron los recursos didácticos y se propusieron actividades adecuadas a cada uno de los grupos destinatarios. Se tomaron fotografías del montaje de instrumental las que se usaron para ilustrar las guías y material de trabajo y estudio. Se construyó también un compendio de contenidos previos de matemática, química y física y se redactaron situaciones problemáticas que requerían a los alumnos integrar contenidos. También se tradujeron desde el idioma inglés las especificaciones técnicas de operación y el mantenimiento de los equipos para redactarlos en el idioma castellano con un lenguaje coloquial.

Por otra parte, se realizó la gestión, apertura y diseño del AV en el Laboratorio de Enseñanza Virtual (LEV) de la FCEfyN desde la plataforma Moodle con un formato por temas incorporando los materiales confeccionados. Para ello fue necesario realizar un análisis profundo de las actividades para adecuarlas a los distintos grupos que participarían en la experiencia mediante tecnologías interactivas centradas en el alumno. De esta manera se dedicó especial atención al control de navegación sobre los contenidos, y procesos colaborativos orientados a la interacción e intercambio de ideas y materiales tanto entre docentes y alumnos, como así también entre los estudiantes de

distintos niveles. En el AV se publicaron los materiales didácticos, los manuales de uso, los documentos referidos al mantenimiento y calibración de sensores, se incorporaron foros de debate, wikis, vídeos ilustrativos, tutoriales, los link para publicar los informes de los participantes de los cursos y otros documentos de información y participación que eran revisados periódicamente.

En la segunda etapa, es decir durante el desarrollo de la innovación, participaron diversos grupos en un espectro que va desde docentes de enseñanza primaria, profesores y estudiantes de educación secundaria, docentes de educación terciaria, profesores y estudiantes universitarios, y profesores de nivel de posgrado.

En sus inicios el proyecto estuvo planeado para estudiantes universitarios de ingeniería de la FCEFYN-UNC, ya que la actividad profesional futura les demanda aptitudes y habilidades referidas al manejo de instrumental de medición de diversas magnitudes en experiencias prácticas de laboratorio. Este grupo se dividió en dos subgrupos: por un lado estudiantes de primero, segundo y tercer años para lograr la interdisciplinariedad entre las Ciencias Básicas como la Matemática, la Física y la Química aprovechando que las Tecnologías de la Información y la Comunicación gozan de la simpatía de los jóvenes; por el otro, estudiantes a punto de terminar su carrera que se encontraban realizando su Proyecto Integrador y requerían de nuevas herramientas para optimizar sus tareas.

En estas instancias, profesores de distintas carreras universitarias de la provincia de Córdoba comenzaron a solicitar una capacitación en el uso del instrumental de medición citado para acompañar a sus estudiantes. Por ello, y con el objetivo de compartir la aplicación didáctica y el conocimiento específico de los sensores, software y el aula virtual, entre otras herramientas, se ofreció la propuesta de cursos de posgrado.

Una vez diagnosticado el grupo asistente se dividió la oferta en dos partes: se revisaron las teorías pedagógicas haciendo hincapié en la metodología constructivista, el aprendizaje basado en problemas, y el trabajo colaborativo; y luego los profesionales diseñaron su propuesta y realizaron diversas experiencias prácticas de laboratorio utilizando sensores para medir las variables, trazaron gráficas, armaron el modelo matemático respectivo realizando un trabajo colaborativo a través del aula virtual, y como evaluación final elaboraron un proyecto pedagógico para desarrollar las competencias adquiridas, posible de llevar a cabo en su asignatura.

La instancia de formación de profesionales docentes de enseñanza primaria, secundaria, terciaria y universitaria se realiza en el marco de la Maestría en Educación en Ciencias Experimentales y la Tecnología, carrera de posgrado de la FCEFYN, UNC. El seminario se denomina “Experiencias prácticas de laboratorio: usos educativos de sensores multiparamétricos asistidos por computadora”. La característica principal del grupo usuario fue la heterogeneidad en su formación, especialización y nacionalidad. Los docentes de enseñanza primaria que asistieron al seminario desarrollan su actividad en escuelas del interior de la provincia de Córdoba e incluso de otras provincias del país. Los formadores de educación secundaria que también provienen de distintas provincias son egresados tanto de Institutos de Formación Docente (IFD) como de las más variadas carreras universitarias, mientras que los profesores de nivel terciario pertenecen a los Institutos de Formación Docente en Ciencia y Tecnología. Los profesores universitarios asistentes desarrollan su actividad en diversas universidades nacionales y provinciales de Argentina como también de países tales como Uruguay, Chile, Colombia, Bolivia, Perú y Brasil. Esta realidad se tornó un verdadero desafío para el equipo de profesores que presenta este artículo. Todas estas actividades tuvieron un seguimiento personalizado de manera presencial y virtual adecuando vocabulario y propuestas para los diferentes niveles.

En el reciente seminario llevado a cabo en febrero de 2018 la propuesta para los formadores asistentes fue pensar en un problema o caso de interés que pueda abordarse de manera interdisciplinar. Para la resolución de estos casos se les propuso diseñar experiencias de laboratorio posibles de llevar a cabo con materiales sencillos, interactuar a través del AV realizando la modelización matemática, y elaborar propuestas de aplicación en sus respectivos niveles educativos y asignaturas.

### **3. Resultados y Discusión**

La gestión realizada requiere de un análisis multi e interdisciplinario cuantificando el proceso utilizando indicadores específicos.

Uno de los primeros aciertos de este plan ha sido el trabajar colaborativamente consiguiendo empatía y solidaridad entre los profesores involucrados en llevar adelante el proyecto, condición indispensable para lograr cualquier objetivo en la educación. El principal indicador cuantificable con respecto a los profesores generadores del proyecto es la cantidad de horas invertidas en este proceso. Esto se vio reflejado en la formación de un equipo sólido, que trabajó responsablemente en cada una de las etapas del plan, dedicando tiempo extra, esfuerzo, voluntad para la realización de reuniones, pruebas, ensayos, escritos, capacitaciones y todas las actividades que demandó y sigue demandando el proceso con el objetivo de mejorar la enseñanza y por lo tanto el aprendizaje. Es rescatable el esfuerzo y el entusiasmo de los profesores para acercarse a las áreas de vacancia, es decir a las nuevas tecnologías e instrumentos que están comenzando a utilizarse en la vida profesional en servicio de la sociedad, como así también en la enseñanza disminuyendo la “brecha digital”. Así también, el AV y el blog que se abrieron especialmente despertaron el interés de algunos profesores del grupo y aprendieron a intervenir para replicarlos en sus propias asignaturas. El rendimiento del equipo refuerza el concepto de sinergismo en el trabajo colaborativo.

Si se ubica la mirada en los contenidos aprendidos por docentes y estudiantes participantes se puede observar que ambos tuvieron la posibilidad de optimizar su práctica en el uso de instrumental del laboratorio, de aprender a usar los nuevos sensores y cada una de las herramientas que poseen los software, a interpretar gráficas, proponer modelos matemáticos y relacionar los contenidos logrando la interdisciplinariedad.

Desde el punto de vista cuantitativo, se cuenta por un lado con las evaluaciones realizadas por los participantes con exámenes integradores, y la cantidad de interacciones de estudiantes realizadas con un seguimiento minucioso en el aula virtual. Ambas dan cuenta de una población comprometida con la integración de conocimientos ya que los informes presentados por los usuarios muestran, en general, estructuras con vocabulario técnico y formatos adecuados, escritura de fórmulas y ecuaciones correctas, como así también la presentación y análisis de los gráficos. Además se contabilizaron más de mil entradas en el AV.

Por otra parte, a lo largo de los seis años se ha logrado comprar sensores capaces de registrar diversas variables tales como temperatura, presión, intensidad de luz, sonido, color, oxígeno disuelto en agua, conductividad eléctrica, pH, balanzas, agitadores magnéticos, y otros materiales especialmente dirigidos a la realización de las experiencias prácticas, redactando un protocolo de uso. Recientemente se han adquirido algunos sensores inalámbricos preparados para ser usados desde un teléfono inteligente con la aplicación SparkVue facilitando la experimentación en campo. Si bien la adquisición del instrumental ha sido variada, el proceso de consecución de recursos no siempre fue óptimo. En ese sentido se requiere esperar las diferentes convocatorias para



lograr la compra de sensores y materiales que resultan escasos debido a la gran demanda de uso que presentan.

Como corolario de la primera parte del proyecto se destaca la edición del libro “Sensores: una exitosa experiencia interdisciplinar en la enseñanza de las ciencias” en formato papel, a través de la editorial Brujas (ISBN: 978-987-591-355-4). Su redacción fue el producto del trabajo intenso del equipo de profesores participantes de este proyecto.

En cuanto a la respuesta obtenida en la oferta de la innovación, a la fecha se han realizado seis ediciones del “Taller integrador de Ciencias Básicas” dirigido a estudiantes de los tres primeros años de carreras de ingeniería del que participaron doscientos doce estudiantes excediendo ampliamente los cupos planificados. También se llevaron a cabo cuatro ediciones del “Seminario intensivo: Uso de sensores multiparamétricos asistidos por computadora” destinadas a estudiantes que estuvieran realizando su Proyecto Integrador del último tramo de la carrera, al que asistieron setenta y cuatro alumnos de todas las carreras de ingeniería de manera optativa. El “Taller de sensores asistidos por DataStudio” fue incluido en las propuestas del pasado XVIII Congreso Latinoamericano de Estudiantes de Ingeniería con una asistencia de veinticuatro estudiantes y cinco docentes provenientes de diversos países.

Se efectuaron dos ediciones del seminario "Integración de conocimientos científicos a través de experiencias de laboratorio con tecnologías de última generación: las TICs como herramientas de apoyo al proceso de enseñanza” de cuarenta horas de duración del que participaron treinta y tres docentes universitarios de las carreras de grado de Ingeniería Química, Electrónica, Civil, Biomédica e Informática, Biología, Licenciatura en Química, en Física y Matemática y docentes de la Maestría en Ciencias del Ambiente, del Doctorado en Biología y del Doctorado en Geología.

Los profesionales que se capacitan en el marco de la Maestría en Educación en Ciencias Experimentales y la Tecnología, carrera de posgrado de la FCEFyN que ya lleva cuatro cohortes, asciende a ochenta y cuatro. Los trabajos presentados han conseguido mostrar la internalización del trabajo interdisciplinario y en equipo. Entre ellos se encuentran ¿Por qué el tubo del *esnorquel* es tan corto?, El uso suelo en el ecosistema del Chaco-salteño, ¿Cómo tomas el mate?, ¿Por qué murieron los peces y las plantas de Francisco?, Tejas negras y tejas claras: cuál es recomendable para viviendas en el norte y en sur argentino, Evaluando propiedades físicas y químicas del suelo para explicar el cambio en el rendimiento de monocultivos en los últimos 20 años, Contaminación sonora en un taller, El aumento de temperatura ¿afecta la intensidad del campo magnético de los imanes?, Cómo encontrarle sentido a la práctica experimental en Física, entre otros títulos.

Por otra parte es importante destacar la incorporación de nuevos profesores y estudiantes colaboradores que motivados por el proyecto se suman continuamente al equipo de trabajo. Ellos se encuentran participando de todas las actividades tales como puesta a punto y calibración del instrumental multiparamétrico, preparación de materiales de laboratorio, actualización continua de software y sitios virtuales, compra, refacción y mantenimiento de los diversos sensores, generación y publicación de cursos y seminarios, seguimiento y evaluación de los estudiantes, gestión de préstamos de equipos, redacción de protocolos, y otras acciones que demanda este ambicioso proyecto.

Desde el año 2014 el equipo de profesores que presenta este artículo está siendo invitado a dictar talleres de interdisciplinariedad utilizando sensores; así ha visitado institutos secundarios y universitarios de varias provincias del país. Los colegios secundarios con los que se trabajó son: Colegio Nacional de Monserrat, Escuela de

Niños Cantores Domingo Zípoli, IPEM N° 38 Francisco Pablo de Mauro, IPEM N° 10 Escuela Roma, Colegio Nacional de Villa María, IPEM 318 Combate de La Tablada, e IPEM 131 Juan Martín Allende. Entre las instituciones universitarias podemos citar la Universidad Nacional de Catamarca, Facultad Regional Córdoba, y la Facultad Regional de Rafaela de la Universidad Tecnológica Nacional.

Como consecuencia de la gestión es posible citar la obtención de publicaciones especiales en el marco del concurso de Experiencias innovadoras en la formación docente Pablo Freyre 2014, y la obtención de subsidios del Programa de Innovaciones en el aula de la Academia Nacional de Ciencias 2013, y del Programa de Incentivos en Vocaciones para el estudio de la Física (INVOFI) de la Asociación de Física Argentina en las convocatorias 2014, 2015 y 2016.

#### **4. Conclusiones y recomendaciones**

La Escuela de Ingeniería Química es el organismo de Planificación académica en el máximo nivel de una carrera, o carreras afines, que se ocupa de la programación de los aspectos generales y particulares de las mismas, que coordina y controla la enseñanza y su implementación y efectúa el asesoramiento de sus estudiantes. También realiza el control de gestión académico a los Departamentos que intervienen en sus currículos. Su misión es formar integralmente profesionales, desarrollando su capacidad creadora y realizadora, proveyéndole de valores y conocimientos que le permitan servir a las necesidades del país, habilitándolos para el ejercicio de los alcances de su título (Res.HCD 745/10FCEfyN UNC).

En el marco de las funciones de la Escuela con las gestiones desarrolladas en este proyecto se ha introducido la interdisciplinariedad como método innovador dentro del campo de la educación para adaptar a la institución a los tiempos actuales. La propuesta de conformar un equipo de trabajo con profesores de distintos departamentos produjo un cambio necesario para optimizar la labor docente y diseñar estrategias de implementación con resultados que alientan a seguir trabajando. El equipo de trabajo decidió realizar un aporte para disminuir uno de los problemas más relevantes en la educación, es decir el bajo rendimiento de los estudiantes y emprendió acciones tales como la revisión y actualización de los contenidos y los métodos de enseñanza de manera que el tratamiento de las temáticas pueda ser socialmente significativo y con validez científica tendiendo a la interdisciplinariedad.

El conjunto de acciones realizadas por el equipo de profesores de la Escuela de Ingeniería Química que presenta este artículo intenta mostrar el interés existente en la formación de estudiantes con las competencias necesarias para el desarrollo profesional integral. El esfuerzo por parte de los docentes en su propia capacitación en nuevos modelos de enseñanza, en la innovación de las actividades, en la adquisición de materiales, en el trabajo en equipo y la perseverancia en las acciones, constituyen el cimiento para lograr mejorar la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias y la tecnología en las carreras de ingeniería y en otros niveles de educación.

#### **5. Referencias**

- [1] SOLA DE VILLAZON A. (2009) Asegurar el ingreso y la permanencia en la universidad es garantizar el derecho a aprender. *UNCIENCIA. UNC*. Disponible en <http://www.unciencia.unc.edu.ar/2009/mayo/asegurar-el-ingreso-y-la-permanencia-en-la>. Consultado junio 2017.
- [2] GAFF J. (1989). Building the faculty we need. *Association of American Colleges &*

*Universities.* Washington, DC. EEUU.

- [3] COOPER J. (1996). *Cooperative Learning and College Teaching Newsletter.* Dominguez Hills, CA, California State University.
- [4] CABERO J. (2000). *Nuevas tecnologías aplicadas a la educación.* Editorial Síntesis. Madrid, España.
- [5] TORRES SANTOME, J. (1994). *Globalización e interdisciplinariedad: el currículo integral.* Ed. Morata. Madrid, España.
- [6] MAÑALICH SUAREZ R. (1998). Interdisciplinariedad y didáctica. p. 5. En *Revista Educación.* N° 94. La Habana. Cuba.
- [7] ÑECO QUIÓNEZ M. (2005). El rol del maestro en un esquema pedagógico constructivista. Ponencia del VI Encuentro internacional y I Nacional de Educación y Pensamiento. México.
- [8] GROS SALVAT B. (2008). *Aprendizajes, conexiones y artefactos. La producción colaborativa del conocimiento.* Editorial Gedisa. Barcelona, España.
- [9] WASSERMAN S. (2005) *El Estudio de Casos Como Método de Enseñanza.* Amorrortu Editores. pp. 17-31 y 73-113.
- [10] DILLENOURG, P. (1999). *Collaborative learning. Cognitive and computational approaches.* Editorial Pergamon. Ámsterdam. Países Bajos.
- [11] SUNKEL G. (2006). Las Tecnologías de la Información y la Comunicación en la educación en América Latina. Una exploración de indicadores. Publicación de las Naciones Unidas. Unidad de distribución *CEPAL. Serie Políticas Sociales.* Santiago de Chile.
- [12] LIPPONEN, L. (2003). *Exploring foundations for computer supported collaborative learning.* Disponible en <http://www.newmedia.colorado.edu/cscl/31.html>. Consultado marzo 2017. Londres: Routledge
- [13] MORÁN L. (2012). Blended- Learning. Desafío y Oportunidad para la educación actual. *Revista Electrónica de Tecnología Educativa.* N° 39. Universidad de Buenos Aires. Argentina.
- [14] SALINAS, J. (2004). Innovación docente y uso de las TIC en la enseñanza universitaria. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC).* [artículo en línea]. UOC. Vol. 1, n° 1. [Fecha de consulta: 07/03/16].
- [15] GÓMEZ M. Y SALDIS N. (2015). Sensores computarizados como mediadores para la motivación y la interdisciplinariedad en el aprendizaje de contenidos científicos. *Actas de la 100ª Reunión Internacional de la Asociación de la Física Argentina.* Merlo, San Luis. [http://rnf.fisica.org.ar/images/a/a1/AFA\\_2015\\_Libro\\_resumenes\\_final2.pdf](http://rnf.fisica.org.ar/images/a/a1/AFA_2015_Libro_resumenes_final2.pdf)
- [16] LÓPEZ A., MARÍN A., PENCI C., YORIO D., SEVERINI H., GÓMEZ M., MARTÍNEZ M., MELCHIORRE M., LARROSA N., SALDIS N., RIBOTTA P., CARRANZA P., MARTÍNEZ S. (2015) El uso de las TIC para el aprendizaje integrado de la ciencia y la tecnología: Una experiencia semipresencial en el posgrado. *Actas de la Reunión Innovación en el aula y TIC.* Secretaría de Asuntos Académicos. Dirección de Educación a distancia y Tecnologías, Presidencia Universidad de La Plata. ISBN: 978-950-34-1280-0.

- [17] GÓMEZ M., SALDIS N., COLASANTO C., CARREÑO C., GUERRA A., DÍAZ GAVIER F., JOSÉ G., GONZÁLEZ M., LUNA M. (2016). Sensores para la interdisciplinariedad de contenidos y el desarrollo de competencias científicas. *Actas del Congreso Internacional de enseñanza de las Ciencias Básicas*. Concordia, Entre Ríos.
- [18] SALDIS N., GÓMEZ M., GONZÁLEZ M., JOSÉ G., LUNA M., MALDONADO R., MEDINA G. Y BUSTAMANTE T. (2016). Sensores asistidos por computadora para la motivación y el aprendizaje de contenidos científicos. *Actas de la 101º Reunión de la Asociación de Física Argentina*. Tucumán.