

Especialización en Docencia Universitaria

Trabajo Final Integrador

**Los trabajos prácticos y la integralidad en la  
enseñanza de la Química: propuesta de  
innovación educativa en el marco del Curso con  
Estrategias Alternativas para la Enseñanza de la  
Química (CEAEQ)**

Estudiante: Lic. Sofía Sampaolesi

Directora: Dra. Laura Estefanía Briand

Asesora: Profa. Silvina Mariela Justianovich

## **Resumen descriptivo**

El presente Trabajo Final Integrador contiene el diseño de una innovación educativa en el marco del Curso con Estrategias Alternativas para la Enseñanza de la Química (CEAEQ). Esta innovación pretende abordar problemas detectados en el dictado de las asignaturas Introducción a la Química y Química General, ligados a la significatividad que adquiere para los estudiantes la propuesta pedagógica y metodológica, especialmente en cuanto a su vinculación con la práctica profesional futura.

Asimismo, al reconocer la importancia de los aportes de la Extensión a la formación de profesionales comprometidos con su rol social, se entiende la pertinencia de avanzar en la construcción de nuevos lazos entre los aportes y propuestas de la Extensión desarrollada en la Facultad y las propuestas de enseñanza, como vía de jerarquización y fomento de la participación en actividades de Extensión.

En este contexto, el desarrollo de una propuesta de innovación educativa pretende contribuir a la generación de nuevas condiciones para el aprendizaje de las ciencias –en particular, de la Química- a través de la contextualización de conceptos y el abordaje de posibles soluciones a problemas concretos de la comunidad en el laboratorio. Se trata del diseño de un Trabajo Práctico de laboratorio, a desarrollarse en etapas, que aborde la enseñanza de los conceptos químicos y de habilidades operativas de laboratorio de forma contextualizada, a través de la integración de actividades de Extensión en el aula, operando como herramienta disparadora de debates acerca del rol de la Ciencia, la Universidad y los profesionales de la ciencia en el desarrollo social.

El diseño metodológico fue llevado a cabo en diálogo con otros docentes del CEAEQ y con extensionistas del Taller de Aguas, proyecto de extensión de nuestra casa de estudios que se presentó como el más adecuado para traer un contexto y una demanda del territorio que pudiese ser abordada desde los conocimientos disciplinares de Química que los estudiantes de primer año deben elaborar y significar. Como resultado, se produjeron cinco Guías Operativas de laboratorio, dirigidas a los estudiantes y que les guiarán en el desarrollo experimental del trabajo práctico y en el aprendizaje de un auto-manejo seguro en el laboratorio. Además, se produjeron cinco Guías para docentes asociadas

a las Guías Operativas, cuyo desarrollo no estaba inicialmente previsto. A medida que se avanzó en el diseño de la innovación, se presentó como pertinente desarrollar un material que orientase la labor del equipo docente y la organización de las clases de laboratorio dentro de una perspectiva pedagógica que entiende a la enseñanza como “guía” del aprendizaje y a los estudiantes como protagonistas del proceso de construcción del conocimiento.

El diseño de la presente innovación pedagógica se constituyó como una oportunidad para significar, en mi doble identidad de docente y estudiante de la especialización, muchos de los contenidos trabajados durante la carrera. Además, habilitó el espacio en el cual se gestó un equipo de educadores, conformado por docentes y extensionistas de la FCEEx, que se nutre de las perspectivas traídas desde cada campo, contribuyendo a la integralidad de las funciones universitarias.

El presente Trabajo Final Integrador para acreditar la carrera de Especialización en Docencia Universitaria se inscribe en la modalidad **Innovación Pedagógica**.

### **Contextualización y fundamentación del tema y del abordaje metodológico**

La siguiente propuesta de innovación educativa, que se constituye en el foco del presente Trabajo Final Integrador, tuvo inspiración en la identificación por parte de quien escribe de dos situaciones problemáticas durante su desempeño como docente y extensionista de la Facultad de Cs. Exactas (FCEX) de la UNLP. A su vez, guarda la expectativa de lograr un abordaje que permita superar ambas a través de una innovación que integre el hacer de la docencia y la extensión en el ámbito del aula.

Por un lado, en mi experiencia como auxiliar docente de la cátedra de Introducción a la Química y Química General (IQQG), he podido identificar problemas ligados a la significatividad que adquiere para los estudiantes la propuesta pedagógica de la asignatura, especialmente en cuanto a su vinculación con la práctica profesional futura, pero también con aspectos metodológicos de la misma.

La cátedra de IQQG tiene a cargo el dictado de las materias homónimas Introducción a la Química, emplazada en el primer semestre del Ciclo Básico de Exactas (CiBEx), y Química General, correlativa de la primera, emplazada en el segundo semestre. El CiBEx constituye el tramo inicial del plan de estudios de las carreras de Lic. en Química, Lic. en Biotecnología y Biología Molecular, Lic. en Química y Tecnología Ambiental, Lic. en Óptica Ocular y Optometría, Lic. en Ciencias y Tecnología de Alimentos, Farmacia y Lic. en Bioquímica.

El plantel docente de la cátedra de IQQG está constituido por dos Profesores Titulares, dos Profesores asociados y 10 Profesores Adjuntos, cada uno de ellos a cargo de una comisión. Cada comisión tiene además asignados un Jefe de Trabajos Prácticos y dos o más ayudantes (Diplomados y Alumnos) con dedicación simple, que cumplen 9 horas semanales frente a alumnos. Las comisiones, de entre 30 y 70 estudiantes según la banda horaria y el semestre, se distribuyen entre comisiones de dictado (a cargo de dictar la materia

correspondiente a ese semestre de acuerdo al plan de estudios) y comisiones de re-dictado.

Por el emplazamiento de la materia en el plan de estudios, la gran mayoría de sus inscriptos son ingresantes a la Facultad y nóveles en la vida universitaria. Los conocimientos previos de Química de cada cohorte son muy variados y dependen fuertemente de la educación secundaria a la que haya accedido cada estudiante. En general, bachilleres egresados de escuelas técnicas e instituciones con programas fuertes en Ciencias Naturales y Ciencias Exactas tienen conocimientos previos que incluso exceden el programa de la materia, mientras que bachilleres egresados de escuelas y colegios que privilegian la formación humanística, artística y/o en gestión y administración se enfrentan a ecuaciones químicas por primera vez en su formación académica.

Por otro lado, en esta etapa de la carrera, a la no sencilla tarea de incorporar un importante volumen de nuevos conceptos y contenidos en el breve lapso de un semestre, se suma el desafío de “aprender a ser estudiante universitario”. Este aprender incluye el abandono de la actitud pasiva respecto al estudio, asociada a una concepción bancaria de la educación (Freire, 1970) que predomina en el curriculum de los niveles primario y secundario, para adoptar la actitud autónoma y propositiva respecto del aprendizaje necesaria durante la formación de grado. Tratándose del año de ingreso a una carrera universitaria, es central concentrar los esfuerzos en brindar a los estudiantes herramientas para lograr esa autonomía y capacidad de auto-evaluación de los conocimientos adquiridos, y no en “nivelar” conocimientos en aulas masivas con variedad de saberes previos y procesos de aprendizaje diferentes.

Entendiendo a la asignatura como parte integral de los curriculum de las carreras de nuestra Facultad, cabe indagar en tales programas curriculares y en el perfil de los profesionales que moldean, para lograr una comprensión más cabal del lugar que ocupa actualmente la Cátedra de IQQG y de cómo se definen sus prácticas pedagógicas.

Brevemente, el actual perfil del egresado de Exactas es el de un profesional capacitado para la investigación científica tanto básica como aplicada, y para desenvolverse en el ámbito industrial en las áreas de investigación y desarrollo

(I+D), producción y control de calidad<sup>1</sup>. Los Lic. en Bioquímica y Farmacéuticos tienen, además, una formación que les habilita para desempeñarse en el área de Salud. Estos perfiles están definidos a través de las incumbencias del título y sus ámbitos de desempeño. No se encuentran publicados en la página web de la unidad académica documentos que reflejen un debate profundo acerca del rol social de los profesionales que forma, como tampoco documentos que den discusión acerca de la concepción de Ciencia que sostiene el curriculum de sus carreras y las prácticas docentes arraigadas. Este adeudado debate dificulta aún más el lograr consenso acerca de lo que se quiere enseñar y cómo se pretende hacerlo hacia dentro de las Cátedras.

Sin embargo, en el ámbito de la Extensión, discusiones en torno a estas temáticas se suscitan frecuentemente, nacidas en el propio quehacer extensionista y fomentadas entre los participantes de los proyectos. Resulta sencillo vincular el origen de tales debates a la interpelación que se hace del estudiante acerca de su propia formación a través de las actividades en territorio, durante las cuales toma conciencia de la existencia de problemas concretos cuya solución puede ser abordada, en parte, mediante conocimientos adquiridos durante su trayectoria académica. Esta perspectiva de la propia formación suele ser novedosa para quienes se inician en la extensión; se evidencia allí la singularidad o vacancia de propuestas curriculares que pongan de manifiesto la aplicabilidad de los conocimientos académicos en múltiples contextos. Si bien sería deseable que tales debates convocaran a toda la comunidad de Exactas, la realidad marca que éstos permanecen circunscriptos al ámbito de la Extensión y no logran trascender a otros espacios de la FCEx.

Como extensionista, he presenciado un significativo crecimiento de la Extensión en la FCEx en los últimos años, en una dinámica de auto-evaluación y re-discusión permanente; ejemplo de ello fueron las Jornadas de Jerarquización de la Extensión desarrolladas en esta unidad académica en 2015 y las Jornadas de Curricularización de la Extensión en 2016. Desde 2010 se viene avanzando en la articulación de los numerosos proyectos y actividades de extensión

---

<sup>1</sup> Recuperado de [http://www.exactas.unlp.edu.ar/carreras\\_de\\_grado](http://www.exactas.unlp.edu.ar/carreras_de_grado)

desarrolladas por docentes, investigadores y estudiantes de la facultad a través de la implementación de Programas de Extensión por áreas, que nuclean proyectos afines y cuentan con su propio financiamiento.

Sin embargo, este crecimiento no se ha visto reflejado en un aumento sustancial de la participación de docentes y estudiantes. La convocatoria se ve limitada principalmente por tratarse la Extensión de una actividad voluntaria y extra-curricular, su realización no es condición de acreditación para obtener el título de grado e implica dedicar horas adicionales al dictado/curso de materias y a las horas dedicadas al estudio en el hogar. Adicionalmente, el bajo puntaje asignado a la Extensión de acuerdo a los estándares actuales de evaluación de la Facultad de Cs. Exactas<sup>2</sup> y de los organismos de Ciencia y Técnica, desalienta la opción por la participación en un proyecto de extensión frente al imperativo que interpela a los docentes de enriquecer su CV, dedicando ese tiempo a la docencia en otras instituciones, a la investigación o a la gestión.

Otra de las problemáticas que da origen a la presente propuesta de innovación es la preocupación de los docentes de la cátedra respecto de la extendida falta de participación de los estudiantes durante los trabajos prácticos. Entre los planteos que surgen desde los estudiantes, destaca la incertidumbre acerca de por qué realizar los prácticos que se les proponen, cuáles son sus objetivos en cuanto a qué productos se obtienen y qué habilidades se adquieren en la realización de dichas tareas. Se preguntan por la utilidad de lo aprendido y su aplicación a situaciones concretas en su futuro profesional; tales preguntas, que guardan semejanza con aquellas surgidas en el trabajo de extensión, permanecen sin respuesta durante la cursada. En este caso, la demanda de los estudiantes puede ser comprendida desde una reflexión crítica acerca de nuestras propias prácticas y propuestas pedagógicas, como detallaré a continuación.

Como parte de la propuesta metodológica de enseñanza, la cátedra cuenta con una Guía de Trabajos Prácticos, que incluye el reglamento e instrucciones para

---

<sup>2</sup> Grilla para concursos de auxiliares docentes de la Facultad de Ciencias Exactas, ANEXO 1 de la Ordenanza 02. Disponible en [http://www.exactas.unlp.edu.ar/uploads/docs/concursos\\_de\\_auxiliares\\_docentes.pdf](http://www.exactas.unlp.edu.ar/uploads/docs/concursos_de_auxiliares_docentes.pdf)

las clases; bibliografía recomendada; el protocolo a seguir en cada trabajo práctico (con su respectiva fundamentación, objetivo/s, metodología, procesamiento de resultados y medidas de precaución); y problemas de seminario. En general, estos trabajos prácticos proponen la realización de actividades no necesariamente vinculadas a través de un relato o marco contextual que habilite a los estudiantes a significarlas, a encontrarles un sentido que motive su aprendizaje. Sus objetivos se traducen en instrucciones y protocolos muy específicos a realizar en el laboratorio, que no dejan lugar al debate y la pregunta. Se privilegia la enseñanza a través de la instrucción, descuidando el incentivo de la curiosidad y el espíritu de investigación que deberían promoverse en la formación de futuros científicos. Puede afirmarse que los trabajos prácticos no han sido actualizados en los últimos años y en algunos casos emplean instrumental de laboratorio antiguo y en desuso, observaciones que no son ajenas a otros docentes de la cátedra.

Reconociendo la importancia de los aportes de la Extensión a la formación de profesionales comprometidos con su rol social, este trabajo pretende avanzar en la necesidad de construir nuevos lazos entre los aportes y propuestas de la Extensión desarrollada en la Facultad y las propuestas de enseñanza, propiciando acciones que articulen la formación con el reconocimiento y contribución a problemas de la comunidad, como vía de jerarquización y fomento de la participación en actividades de Extensión; pero también como forma de otorgar mayor significatividad a las propuestas de enseñanza.

En este marco, se presenta como posible y pertinente el desarrollo de una propuesta de innovación educativa que contribuya a motivar el aprendizaje de las ciencias –en particular, de la Química- a través de la contextualización de conceptos y el abordaje de posibles soluciones a problemas concretos de la comunidad en el laboratorio. La presente se constituye como innovación educativa en tanto es “ruptura con el estilo didáctico habitual que diferencia a la innovación de otras modificaciones que se dan en el aula universitaria” y en ella prima “el protagonismo que identifica a los procesos de gestación y desarrollo de la práctica nueva” (Lucarelli, 2004, p. 3).

Así, esta propuesta será pensada y diseñada por los propios docentes de Química, quienes luego la llevarán a la práctica, la evaluarán y re-diseñarán en la medida que sea necesario.

En el año 2017, el Consejo Directivo (CD) de la FCEX aprobó la implementación de una nueva propuesta pedagógica para la cátedra de IQQG, que plantea una perspectiva constructivista de la enseñanza y del aprendizaje, desde la que los estudiantes son quienes construyen el conocimiento y son los responsables últimos de su proceso de aprendizaje, y los docentes crean las condiciones óptimas para que los estudiantes desplieguen una actividad mental constructiva. Este Curso con Estrategias Alternativas para la Enseñanza de IQ y QG (CEAEQ), “pretende sentar la bases teóricas de la disciplina, estimulando a los alumnos a generar un vínculo con el saber que les ayude a comprender problemáticas de la vida cotidiana y a relacionar la química con temas de importancia para nuestra sociedad como aquellos relacionados con la salud, el cuidado del ambiente, el desarrollo científico y tecnológico, entre otros”<sup>3</sup>. Como afirma Elisa Lucarelli (2004), la indagación del docente acerca de “cómo favorecer el desarrollo de procesos de apropiación del contenido por parte de los estudiantes, de manera tal que los nuevos aprendizajes se articulen significativamente con los existentes, integrándose con ellos o reemplazándolos”, abrirá el camino hacia la innovación pedagógica.

La predisposición del equipo docente para llevar adelante una innovación como la que se presenta es fundamental, y encuentra garantía en la larga trayectoria extensionista de quienes lo integran, docentes conscientes del potencial que tiene la Extensión como herramienta formadora y de motivación del aprendizaje.

La presente innovación educativa se concibe como aporte al CEAEQ y se nutrirá de los intercambios surgidos de las reuniones entre los docentes del equipo, protagonistas de la innovación, y con los extensionistas, de quienes se requerirá consulta permanente. La misma consistirá en el diseño de una serie de trabajos prácticos de laboratorio que integren la extensión a las actividades del aula, a través de un vínculo virtuoso en el que la extensión traerá el contexto, la

---

<sup>3</sup> Propuesta CEAEQ aprobada por el HCD de la Facultad de Cs. Exactas el 7 de diciembre de 2016, Resolución N° 709-06613.

problemática concreta que inspirará el aprendizaje de los conceptos de la Química por parte de los estudiantes motivados en el abordaje de su resolución. Se trata de una propuesta de curricularización de la extensión cuyo objetivo es aportar a una perspectiva constructivista de la enseñanza-aprendizaje de las ciencias.

### **Antecedentes**

Como se discutiera anteriormente, la presente innovación educativa se concibe como aporte al Curso con Estrategias Alternativas para la Enseñanza de la Química (CEAEQ). Este proyecto aborda la enseñanza desde una perspectiva que pone al estudiante como protagonista de su aprendizaje, adoptando los docentes un rol de guías y colaboradores en el proceso.

A través de esta propuesta se estima, por un lado, lograr el acompañamiento de los estudiantes en el aprendizaje de una necesaria actitud proactiva frente al estudio. Por otro lado, se busca sentar las bases teóricas de la Química, estimulando a los alumnos a generar un vínculo con el saber que les ayude a comprender problemáticas de la vida cotidiana y a relacionar la química con temas de importancia para nuestra sociedad. En este contexto, esta contribución integra y relaciona conceptos básicos de Química con las prácticas que se realizan en un proyecto de extensión de la Facultad de Ciencias Exactas denominado Taller de Aguas.

En este sentido, existen experiencias previas tanto en la Universidad Nacional de La Plata como en otras casas de estudio en Argentina, que algunos trabajos han indagado. En Sampaolesi y León Peláez (2018), entre los testimonios y experiencias recuperadas, destacamos la de la Universidad Nacional de Río Cuarto, pionera en la implementación de prácticas socio-comunitarias como requisito para la graduación de sus estudiantes. Con este mismo norte, la Universidad Nacional del Litoral conformó la Dirección de Incorporación Curricular de la Extensión en el año 2008, como espacio y herramienta específica para el desarrollo de estrategias de curricularización e integración de las funciones de Docencia y Extensión universitarias. Más recientemente, se

destacan las actividades de curricularización de la Extensión que lleva a cabo la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de La Plata a través de la Cátedra Libre de Salud y Derechos Humanos (CLSDDHH) y el Programa de Extensión en Alimentos y Salud (PEAS). En particular, se desarrollan tesis finales de grado y tesis doctorales que responden preguntas surgidas en torno a las demandas de organizaciones, actores sociales y proyectos de extensión. Estos trabajos constituyen una práctica obligatoria para las carreras de Lic. en Ciencia y Tecnología de los Alimentos y de Lic. en Biotecnología y Biología Molecular, así como las prácticas especiales de la Lic. en Bioquímica.

Dentro de las experiencias de curricularización de la UNLP, recuperamos también aquella de la cátedra de Botánica Sistemática II de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo, que realiza sus prácticas en un centro comunitario de la UNLP en Villa Castells, localidad de Ringuet (Zavaro Pérez, 2019). En este caso, los estudiantes y docentes planifican las prácticas sobre demandas concretas de la comunidad y trabajan en conjunto con la mesa barrial que conforma el centro comunitario para diseñar las actividades y el abordaje pedagógico de las mismas.

Continuando con la impronta de territorializar la enseñanza y el aprendizaje, la asignatura Tecnología Educativa, que forma parte del plan de estudios de la Carrera de Ciencias de la Educación de la Facultad de Filosofía y Humanidades de la Universidad Nacional de Córdoba, asumió la modalidad de práctica socio-comunitaria durante el desarrollo del curso (Sabulsky, Danieli y Roldán, 2018). La propuesta tuvo por objetivos generar aprendizajes significativos y estrategias de profesionalización en los estudiantes que cursaban la asignatura y promover el desarrollo de prácticas pedagógicas que potenciaran la inclusión genuina de las tecnologías en docentes de escuelas primarias, secundarias e institutos de formación docente.

En un acotado análisis de antecedentes y experiencias de universidades nacionales argentinas (Sampaolesi y León Peláez, 2018), el trabajo reconoce diferentes modalidades y estrategias de curricularización de la Extensión. Desde esta posición, se asume que “curricularizar la extensión en el aula, a través de los tiempos y las actividades áulicas, integrando la extensión como eje

estructural que da sentido al aprendizaje de contenidos y técnicas propias de la disciplina” (p. 14) es una modalidad que aborda ciertas problemáticas, de particular interés para el CEAEQ, que la curricularización a través de la territorialización de la enseñanza y el aprendizaje no habilita. Específicamente, se habla de la articulación virtuosa entre teoría y práctica, evitando la supeditación de la segunda a la primera; la posibilidad de discutir y legitimar a la Extensión en el aula; y la de lograr integralidad de las funciones universitarias (p. 14-15).

Las estrategias de enseñanza son producto de orientaciones pedagógicas definidas y el diseño de propuestas de enseñanza concatena decisiones que los docentes tomamos en función de nuestra orientación pedagógica y nuestra trayectoria profesional. “Son estrategias complejas que valoran algunos propósitos educativos por sobre otros, enfatizan ciertas dimensiones del aprendizaje, poseen su propia fundamentación, una secuencia específica de actividades, una forma particular de intervención del docente, una estructuración definida del ambiente de la clase, principios acordes para regular la comunicación, etc.” (Feldman, 2010, p. 36). En coherencia con la trayectoria y posicionamiento docente y extensionista de los docentes del CEAEQ y con los objetivos que nos planteamos para el curso, como parte de las decisiones de diseño metodológico coincidimos en integrar la Extensión a través de actividades en el aula.

### **Objetivos generales**

Esta innovación educativa pretende diseñar una serie de Trabajos Prácticos de laboratorio para la nueva propuesta pedagógica CEAEQ, que aborde la enseñanza de los conceptos químicos y de habilidades operativas de laboratorio de forma contextualizada a través de la integración de actividades de Extensión en el aula, y que constituya una herramienta disparadora de debates acerca del rol de la Ciencia, la Universidad y los profesionales de la ciencia en el desarrollo social.

### **Objetivos específicos**

1. Definir los núcleos conceptuales del programa de la materia que serán abordados a través de trabajos prácticos de laboratorio en diálogo con el equipo docente.
2. Indagar en las actividades de Programas y Proyectos de Extensión de la FCEEx y determinar cuáles serán las mejores oportunidades de integración entre los núcleos conceptuales establecidos y las actividades de extensión.
3. Diseñar una serie de propuestas de trabajos prácticos de laboratorio para aquellos núcleos conceptuales establecidos en etapas previas que admitan un abordaje contextualizado a través de la integración actividades de Extensión en el aula.
4. Promover, a través del propio diseño de los trabajos prácticos, instancias de reflexión y debate en el aula acerca de distintas concepciones de Ciencia y de su rol social; de la importancia de la Química como herramienta de resolución de situaciones conflictivas reales y cotidianas; del rol de la Universidad pública al servicio de su comunidad y de los profesionales que forma.
5. Elaborar criterios y estrategias para el seguimiento y evaluación de la propuesta durante su futura implementación.

### **Perspectivas teóricas**

En el presente apartado, se buscará dar cuenta de las categorías teóricas desde las cuales puede comprenderse la singularidad de los contextos, sujetos y prácticas involucradas en la presente propuesta de innovación.

La innovación educativa, en palabras de Barraza Macías (2013), “es un proceso que involucra la selección, organización y utilización creativa de elementos vinculados a la gestión institucional, el currículum y/o la enseñanza, siendo normal que una innovación educativa impacte más de un ámbito, ya que suele responder a una necesidad o problema que regularmente requiere una respuesta integral” (p. 15). El diseño de trabajo práctico que proponemos impacta tanto la

docencia como la extensión dentro de la FCEX-UNLP, involucrando asimismo esferas administrativas y de gestión.

La presente propuesta puede pensarse tanto como una innovación curricular, en cuanto se constituye como posibilidad de definir nuevos modelos y enfoques de estructuración curricular; así como una innovación didáctica, pues se plasmará en la construcción de nuevas estrategias didácticas y medios para la enseñanza (Barraza Macías A., 2013, p. 20). Como innovación curricular, pretende aportar a un enfoque constructivista de la enseñanza y el aprendizaje, en el marco del CEAEQ. Como innovación didáctica, propone traer las demandas del territorio y actividades propias de la Extensión al aula, como estrategia de contextualización y motivación que promuevan aprendizajes significativos y compromiso con el propio aprendizaje por parte de los estudiantes.

Esta propuesta adscribe al paradigma crítico progresista de la innovación educativa (Barraza Macías, 2013, p. 17), signada por la autonomía profesional y personal de quienes la han ideado y la implementarán, y por el diálogo horizontal entre sus actores a la hora de dar respuesta a un problema específico - la falta de motivación en el aprendizaje de la Química -, buscando producir un cambio duradero que pueda interpretarse como mejora respecto de la situación previamente existente.

Cabe en estas líneas reflexionar acerca del proceso de diseño de esta práctica de enseñanza, durante el cual se tomaron decisiones orientadas a promover ciertos vínculos entre el conocimiento y los estudiantes, entre los estudiantes entre sí y con los docentes y extensionistas, y no otros. En palabras de Morandi y Ros (2014) “Cuando los educadores construimos propuestas de formación anticipamos modos de estructurar la experiencia que orientan (...) los vínculos que se van a dar entre los sujetos y los campos de problemas...” (p. 1). Nuestro proceso de diseño se ha enfocado en articular teoría y práctica de la Química a través del tratamiento concreto de problemáticas suscitadas en la comunidad inmediata a la Facultad, plausibles de ser abordadas a través de los conocimientos que deben elaborar y significar los estudiantes de primer año. Edelstein sostiene el diseño de las prácticas de enseñanza dentro de la construcción metodológica que realiza el docente: “...la construcción

metodológica deviene fruto de un acto singularmente creativo de articulación entre la lógica disciplinar, las posibilidades de apropiación de esta por parte de los sujetos, y las situaciones y los contextos particulares que constituyen ámbitos donde ambas lógicas se entrecruzan” (1985, p. 85). Las problemáticas serán traídas desde el territorio al aula a través de los proyectos y programas de Extensión que funcionan en la propia facultad, a la vez que el contexto social en el que la institución está inmersa ingresa también con el relato de los extensionistas, rompiendo con “...el aislamiento de la Universidad tanto de la realidad en que se desenvuelven las profesiones, como de las necesidades concretas a atender mediante la intervención práctica en la realidad social...” (Morandi, 1997, p. 8).

La decisión como equipo docente de permeabilizar el aula a lo que ocurre fuera de ella tiene explicación, no sólo en los vínculos entre los elementos de la situación educativa que estimamos fomentar, sino también en nuestra trayectoria como educadores y extensionistas. Como define Edelstein (1995), “La adopción por parte del docente de una perspectiva axiológica, ideológica (...), incide en las formas de vinculación con el conocimiento cuya interiorización se propone, y por lo tanto, también tiene su expresión en la construcción metodológica” (p. 85). Más adelante se profundizará en la concepción de Extensión universitaria a la que se adscribe y en el perfil profesional de compromiso social que sostenemos la universidad estatal debe formar.

El presente diseño metodológico busca, a través del modo de significar conceptos disciplinares y de articular teoría y práctica, dar respuesta a algo que en reiteradas oportunidades hemos detectado durante los trabajos prácticos de laboratorio, y que Miriam Casco identifica como un “escepticismo estudiantil, muchas veces vinculado a una visión instrumental de los saberes” (2008, p. 6). Frecuentemente recibimos preguntas del tipo “¿esto para qué se usa en los laboratorios (de investigación)?” o “¿esto lo vamos a usar más adelante en la carrera?” de parte de nuestros estudiantes, que indagan en la propuesta curricular y pedagógica de la cátedra en busca de motivación. Entendemos que preguntas dirigidas a por qué se estudia lo que se estudia, preguntas que van más allá del contenido disciplinar, son pertinentes y propias de un proceso de aprendizaje comprometido, que buscamos estimular, y que los docentes somos

responsables de dar respuestas a estos interrogantes, en parte, a través de un diseño metodológico coherente de nuestras clases.

Cuando las respuestas a tales preguntas no brindan evidencia de utilidad del conocimiento propuesto, sobreviene el desencanto y la desmotivación. “El saber es valorado en esas etapas iniciales en función de su aplicación inmediata en acciones situadas y en escenarios visibles. Sobre todo, se evalúa la rentabilidad de los saberes en el mundo laboral-profesional...” expresa Casco (2008, p. 6). En este sentido, el trabajo práctico que proponemos da respuesta a las inquietudes de los estudiantes a través de la contextualización y aplicación concreta del conocimiento de Química, que en este proceso se resignifica. Todas las técnicas experimentales que hemos incluido en el diseño están descritas en la legislación vinculada al control de calidad y se emplean regularmente en laboratorios de auditoría, lo cual se explicita en las guías operativas de trabajo en el laboratorio. Esto habilita a los estudiantes a imaginarse a sí mismos en su futuro rol de profesionales, lo que estimamos será motor de su aprendizaje.

Resulta de mayor interés en la formación de futuros científicos, profesionales que deben caracterizarse por su espíritu crítico, el diseñar propuestas de enseñanza que contemplen tiempos y espacios de reflexión en y sobre la práctica. El diseño de la presente innovación contempló la creación de un ambiente de enseñanza y aprendizaje que comparte características con lo que Schön definió como un *practicum* (1993, en Morandi, 1997). El autor discute la racionalidad técnica en el diseño de propuestas educativas, objetando la pretensión de tal racionalidad de que los profesionales solucionan problemas instrumentales a través de la aplicación de soluciones predeterminadas. Señala Schön que las situaciones prácticas, los ámbitos reales de desempeño de los profesionales, suponen una mayor complejidad y rara vez se presentan como estructuras bien organizadas. El *profesional práctico* es quien construye el problema a partir de los materiales que la situación presenta, mediante lo que el autor denomina "acciones complementarias de denominación y estructuración" (en Morandi, 1997, p. 6). Desde este análisis, Schön propone el diseño de situaciones de enseñanza (los *practicum*) pensadas para el aprendizaje en la práctica, en las que se propician oportunidades para que el estudiante aprenda a evaluar la práctica competente, diseñe y realice su propia percepción de la

misma, reflexione sistemáticamente sobre lo realizado y analice casos o zonas indeterminadas de la práctica (Morandi, 1997). “De este modo es posible aprender el "arte profesional", es decir las competencias que los profesionales prácticos ponen en juego en situaciones de la práctica, singulares, inciertas y conflictivas. Esto se lograría a través del intento por realizar una descripción del conocimiento tácito que se encuentra en la acción” (Morandi, 1997, p. 6). Diseños metodológicos como el practicum habilitan al trabajo práctico como un ámbito de aprendizaje más y evitan reducirlo a la mera aplicación del conocimiento teórico.

Según Fenstermacher y Soltis (en Feldman, 2010), adoptar un enfoque de enseñanza requiere asumir “un conjunto de valores sobre qué significa educar y qué significa que los alumnos sean, después del proceso, personas educadas” (p. 27). Como equipo docente del CEAEQ, entendemos que una persona educada es aquella capaz de fijarse sus propios propósitos y buscar los contenidos que le resulten significativos. En este sentido, a través del practicum que hemos diseñado pretendemos crear un ambiente que permita un proceso autónomo de toma de decisiones por parte de los estudiantes y el desarrollo de las propias potencialidades. “Este ambiente debe promover lo que Carl Rogers denominaba *aprendizaje significativo* [cursivas agregadas]. Este sucede cuando la tarea que se realiza es importante para quien la hace y lo involucra en todas sus dimensiones personales” (Feldman, 2010, p. 28). Estimamos que el contexto que trae la Extensión al aula logrará involucrar a los estudiantes en el aprendizaje de los contenidos disciplinares de Química.

A los fines de este trabajo, el concepto de Extensión, históricamente determinado y profundamente polisémico, en tanto es re-elaborado y re-significado en cada situación de intervención por los actores sociales de cada contexto, necesita ser circunscripto. Se adscribe a la concepción de Extensión crítica, definida por Tommasino y Cano (2016) como aquella que:

(...) tiene dos objetivos centrales: uno vinculado con la formación de los universitarios y la posibilidad de *establecer procesos integrales que rompan con la formación profesionalista* [cursivas añadidas] alejada de un criterio de compromiso social de los graduados universitarios (...) y procurar procesos formativos integrales que generen universitarios solidarios y comprometidos con

los procesos de transformación de la sociedad. Un segundo objetivo se propone *contribuir a los procesos de organización y autonomía de los sectores populares subalternos* [cursivas añadidas], intentando contribuir a la generación de poder popular. En una perspectiva de cambio universitario y social, estos dos objetivos tienen una vinculación orgánica: no es posible avanzar en uno sin avanzar en el otro (p. 10).

En tanto implicada en la formación de universitarios comprometidos y solidarios, la extensión crítica constituye, en palabras de Cano Menoni (2014),

(...) un medio idóneo para la formación de los estudiantes, ya no desde el punto de vista del entrenamiento profesional, sino desde una doble motivación: a) el potencial formativo de la experiencia (desde las tradiciones de autores como Dewey y Decroly); y b) el potencial de la extensión para la formación humanista y crítica de los estudiantes (desde la tradición universitaria anti-utilitarista de corte rodoniano) (p. 238).

La Extensión se presenta como la oportunidad a través de la cual generar condiciones para un aprendizaje más significativo y contextualizado de la Química. No se trata de que esta propuesta metodológica sustituya la clase tradicional, sino de que estos espacios se complementen, siendo la extensión la que aporta el marco contextual que viabiliza el aprendizaje de la disciplina discutida en el aula.

Hasta aquí se ha dado cuenta, implícita y transversalmente al texto, del posicionamiento pedagógico que orienta nuestro hacer docente y, por tanto, el diseño de esta innovación. Se explicita, entonces, que la presente propuesta se inscribe en una orientación pedagógica constructivista, cuyas ideas eje se describen brevemente a continuación.

El término constructivista puede calificar una pedagogía, una didáctica, una organización del trabajo, un docente, un pedagogo, un investigador científico, una idea, un postulado, y se interpreta como “el carácter ineludible de la construcción activa de los saberes del aprendiz” (Perrenoud, 2003, p. 8, en Vellas, 2010, p. 84).

De acuerdo con Feldman, las pedagogías que utilizan este supuesto enfatizan el

valor del diálogo, de las maneras de lograr comprensión y de producir conocimiento. Ponen de relieve el “mejorar la capacidad interpretativa y de comprensión e interactuar con el conocimiento público validado, conocer cómo el conocimiento disciplinado procede, a qué necesidades responde y cómo es la experiencia de producirlo. Los estudiantes dialogan con el conocimiento consolidado y son capaces de dominar sus conceptos y algunos de sus elementos de producción” (p. 22).

Del lado del aprendizaje, esta orientación considera a quienes aprenden como pensadores. Los estudiantes realizan sucesivas aproximaciones al mundo, construyendo modelos mentales de él. Lo hacen en la interacción con otros, mediante el diálogo. “La imagen corresponde a la de alguien que construye sus hipótesis, dialoga, ajusta y negocia su modelo. (...) Cuando se ve a los aprendices como pensadores o como “científicos”, se supone que elaboran modelos en términos de los cuáles construyen su experiencia” (Feldman, 2010, p. 22).

Del lado de la enseñanza, la perspectiva constructivista implica que la enseñanza no es explicación del aprendizaje; aunque pueda ser una condición necesaria, no es una condición suficiente. El estudiante aprende porque “es capaz de hacer, él mismo, algo con el material proporcionado por la enseñanza” (Feldman, 2010, p.25). La enseñanza opera como “factor mediador” del proceso de aprendizaje.

Feldman destaca, que “hacer todo lo posible no es estar seguro de que sucederá. Este punto tiene muchas repercusiones sobre las responsabilidades que acepta la enseñanza” (p. 26). Como equipo docente, comprendemos que nuestra responsabilidad es la de hacer todo lo posible para facilitar/habilitar el aprendizaje. Por un lado, fortaleciendo a los estudiantes en perfiles autónomos y propositivos, capaces de autoevaluarse y de comprometerse con su aprendizaje. Por el otro, manteniendo nuestros esquemas abiertos y una actitud receptiva frente a la posibilidad de realizar cambios y ajustes en la propuesta metodológica; atentos a la incertidumbre inherente a la puesta en práctica de la innovación diseñada y la recepción que pueda tener por parte de los estudiantes; dispuestos a abordarla a través de procesos de “reflexión en y sobre la acción que van reestructurando continuamente nuestro saber y nuestro hacer como

educadores críticos” (Morandi y Ros, 2014, p. 7).

Este habilitar/guiar el aprendizaje de nuestros estudiantes implica también acompañarlos en su iniciación al oficio de estudiantes universitarios. “La metáfora «oficio de estudiante» resalta el carácter no natural ni espontáneo del nuevo estatus que deberá alcanzar el ingresante” (Casco, 2008, p. 11). Tal aprendizaje se realiza en la práctica, una vez ya han ingresado al régimen de la vida universitaria, y es progresivo. En palabras de Casco (2008), implica que los estudiantes “...deben ser capaces de reflexionar por sí mismos, ejercer su espíritu crítico y comprometerse con el trabajo universitario” (p. 5). En síntesis, deben ser autónomos de su aprendizaje.

Entendemos que aprender a leer y escribir textos académicos resulta esencial en el camino a la autonomía de los ingresantes. Como describe Casco (2008), “...apenas llegados al nuevo medio, los estudiantes son puestos a prueba como lectores/escribientes en un universo comunicativo completamente nuevo para ellos. A las numerosas rupturas con la vida anterior se le agrega, así, la ruptura discursiva. Para alcanzar entonces la afiliación intelectual tendrán que transitar un proceso de «aculturación a los discursos universitarios» (Pollet, 2001, en Casco, 2008, p. 4).

En el diseño del trabajo práctico se incluyeron actividades de lectura y escritura de textos académicos en cada una de sus etapas; actividades pensadas como herramientas de promoción de la alfabetización académica, necesaria e ineludible al proceso de filiación de los estudiantes a la institución (Giménez, 2011). En particular, la escritura “cumple una función epistémica en tanto estructura el pensamiento y se constituye en medio privilegiado para aprender sobre aquello de lo que se escribe” (Giménez, 2011, p. 12). Se incluyeron en el diseño del trabajo práctico lo que Giménez (2011) denomina “ejercicios de microescritura”: consignas que solicitan la descripción escrita de lo que se observa durante la experimentación en el Cuaderno de Laboratorio - recurso didáctico al que dedicaremos unas líneas a continuación -; la redacción de definiciones breves de determinados conceptos luego de la lectura de textos académicos de Química; la elaboración de protocolos experimentales sencillos por analogía con protocolos llevados a cabo previamente durante la actividad en

el laboratorio; la construcción de párrafos que vinculen un conjunto de determinados conceptos químicos; y la reflexión y redacción de breves respuestas a interrogantes que se desprenden de la práctica experimental.

De acuerdo a Giménez (2011, p. 14), "...los ejercicios de microescritura son funcionales para expresar la interpretación de los textos, para focalizar aspectos temáticos o del contenido específicos de los textos, para ensayar el uso de expresiones o categorías conceptuales nuevas, etc.". El recurso didáctico del Cuaderno de Laboratorio, que introducimos en el CEAEQ a partir de la ejecución de las actividades de experimentación, habilita un espacio (y un momento) de la clase en que los estudiantes pueden elaborar pequeños textos, definiciones, descripciones y reflexiones, quizás incompletos, sobre los que podrán seguir trabajando a medida que avancen en el estudio de la Química. La escritura de estos textos más sencillos, a modo de "borradores" o textos no definitivos, estimamos promoverá procesos de reflexión en los estudiantes acerca de la expresión escrita y su diferencia con la expresión oral, los modos de estructurar el texto para "decir lo que se quiere decir", la diferencia en el léxico empleado al escribir, etc. (Giménez, 2011). Sería deseable que dichos textos funcionasen como base para la elaboración de un texto de mayor complejidad que los integre en etapas posteriores al trabajo experimental de laboratorio, quizás durante la construcción del Informe final (Etapa 5 del trabajo práctico).

### **Desarrollo metodológico**

El diseño del trabajo práctico para la asignatura Introducción a la Química que será dictada en el marco del CEAEQ, contempló el abordaje de los núcleos conceptuales del programa del curso, previamente elaborado por las profesoras Dra. Briand y Dra. Vetere y aprobado por el CD de la FCEX. El análisis fisicoquímico de muestras de agua traídas desde distintos barrios platenses y del gran La Plata por extensionistas del proyecto Taller de Aguas se presentó, entre las opciones evaluadas, como la más adecuada para contextualizar la enseñanza y el aprendizaje de tales núcleos conceptuales, habilitando, además, oportunidades de debate acerca del rol social de la Universidad y los profesionales que forma. El contexto de una práctica real que da respuesta a una

demanda social concreta, empleando técnicas de laboratorio vigentes para el análisis de agua, se estima promoverá el aprendizaje significativo de la disciplina, signado por el involucramiento del estudiante en la situación de aprendizaje. En este sentido, el presente diseño concibió al trabajo práctico como un ámbito de aprendizaje más, no reducido a la mera aplicación de los contenidos teóricos.

El desarrollo del análisis fisicoquímico se pensó, entonces, a través de una serie de 5 etapas, que se llevarán adelante cada una en su respectiva clase de laboratorio, abarcando un total de 5 clases. Estas 5 clases no serán consecutivas en el cronograma del curso, sino que se intercalarán con clases que abordarán el cuerpo conceptual teórico de la Química desde otras actividades y dispositivos didácticos, distintos de la experimentación en laboratorio. Esto habilitará, en algunos casos, la introducción a los núcleos conceptuales desde la modelización y la abstracción de los contenidos que se proponen, como preparación para la realización de la actividad experimental. En otros, la llegada a los conceptos de la Química a través de la experimentación, para ser elaborados en un esfuerzo de explicar y generalizar las observaciones de laboratorio en clases posteriores.

Para cada una de las etapas experimentales del análisis de agua se elaboró una Guía Operativa, material didáctico dirigido a los estudiantes, que consta de los apartados de objetivos y propósitos de la etapa, una actividad de lectura pre-laboratorio y la descripción de las actividades a realizar en el laboratorio. Cada una de las actividades de laboratorio incluye una serie de breves consignas a desarrollar por cada estudiante en el Cuaderno de Laboratorio, que orientan la reflexión acerca de lo realizado/observado experimentalmente. También se incluyen los pictogramas de riesgo de los reactivos y sustancias empleadas en la actividad, cuando corresponde, como forma de recordar la importancia de manipularlas a conciencia y de forma segura en el laboratorio. Además, previo a la serie de Guías Operativas se incluye una introducción al Trabajo Práctico en general y sus objetivos globales.

Durante la planificación y desarrollo de estas Guías Operativas surgió como inquietud la necesidad de acompañar la labor docente con un material que organice cada clase de laboratorio. Se decidió entonces confeccionar una serie de Guías docentes asociadas a cada Guía Operativa, que funcionen como una

orientación, puesta a disposición y discusión del equipo de docentes y extensionistas que lleven adelante la implementación del Trabajo Práctico. Las Guías docentes organizan en momentos los tiempos y espacios en la clase de laboratorio, y cuentan con un *racconto* de conceptos y saberes que esperamos los estudiantes signifiquen en cada etapa del trabajo práctico. Cada momento detalla las actividades experimentales a ser desarrolladas por los estudiantes y las observaciones/conclusiones a las que estimamos que arribarán a partir del diseño metodológico realizado. Asimismo, se incluyen sugerencias acerca de cómo los docentes podemos orientar el quehacer de los estudiantes, cuáles de sus actitudes promover y cuáles no alentar, siempre desde la idea de que la enseñanza opera como “guía” del aprendizaje, pero son los estudiantes quienes protagonizan tal proceso. Tales sugerencias se sustentan en la perspectiva pedagógica que atraviesa el diseño de esta innovación, así como al CEAEQ, para el cual fue pensada. Es decir, estas sugerencias fueron incluidas para orientar la labor de los docentes hacia una coherencia como equipo docente y en la propuesta pedagógica de la que somos parte. De ninguna forma se pretenden absolutas o acabadas.

A continuación, se presentan las 5 Guías Operativas dirigidas a estudiantes y las 5 Guías para docentes asociadas, que conforman el material didáctico producto del desarrollo de la innovación pedagógica propuesta como TFI de especialización.

## TRABAJO PRÁCTICO

### Proyecto Potabilidad de Aguas Subterráneas:

#### **Análisis fisicoquímico de la calidad de agua de los vecinos de La Plata y alrededores**

Bienvenidos al laboratorio. A continuación, les proponemos una serie de 4 encuentros de trabajo práctico experimental durante los cuales llevaremos a cabo el análisis de calidad del agua de los vecinos de La Plata junto a los miembros del proyecto de extensión Taller de Potabilidad de Aguas de la Facultad.

Cada encuentro será una etapa del análisis que debemos llevar adelante para poder avanzar en la tarea. A cada encuentro deberás asistir habiendo leído previamente la guía operativa de actividades experimentales.

Cada guía operativa constituye una serie de pasos a seguir que te permitirá llevar a cabo la actividad en el laboratorio de forma autónoma. Durante la tarea, los docentes estaremos disponibles para realizar todas las consultas que creas necesarias.

Al finalizar la serie de etapas del trabajo práctico, habremos completado el análisis fisicoquímico y estaremos en condiciones de entregar el informe de calidad de agua requerido por los vecinos.

Recordemos, para trabajar en el laboratorio es muy importante:

1. Que seas ordenado,
2. Que estés atento a las indicaciones de la guía operativa y de los docentes,
3. Que realices con atención los experimentos,
4. Que observes cuidadosamente para no perder ningún detalle,
5. Que anotes prolijamente los datos en tu cuaderno de laboratorio.

***Objetivos generales de este trabajo práctico:***

- Reflexionar acerca del rol de la Ciencia y la Técnica en la búsqueda de soluciones a problemas concretos de nuestra comunidad. Particularmente, qué aporte se puede realizar desde los conocimientos de Química que se tienen hasta el momento en la determinación de la calidad del agua de los vecinos de La Plata y alrededores.
- Adquirir criterio en la selección de los instrumentos apropiados para la medida de determinadas magnitudes de un objeto, valorando si su precisión es adecuada para los objetivos de mensura.
- Ganar habilidades en la manipulación de los instrumentos y en la realización de técnicas básicas del laboratorio de Química. Lograr un auto-manejo prudente dentro del laboratorio, comprendiendo y aplicando las medidas de seguridad pertinentes.
- Expresar correctamente una medida, teniendo en cuenta sus componentes: número y unidad. Determinar la precisión con que se expresa una medida. Comprender la importancia de su correcta expresión, necesaria a la hora de realizar un informe profesional de análisis de una muestra.
- Comprender las distintas reacciones químicas (neutralizaciones, precipitaciones, óxido-reducciones) y aprender cómo pueden aplicarse en el análisis fisicoquímico del agua.

### ***Introducción***

El agua potable es un elemento fundamental para garantizar la salud pública. En otras palabras, **el Derecho a la Salud, como Derecho Humano, implica necesariamente el acceso al agua potable**. El proyecto de extensión Taller de Potabilidad de Aguas de nuestra facultad trabaja en pos de defender ese derecho al acceso de agua potable de la población más vulnerable, a través de la toma de muestras de agua de consumo, su análisis en el laboratorio, la devolución de los resultados y la construcción colectiva de soluciones con la comunidad.

El consumo de agua contaminada conlleva el padecimiento de ciertas enfermedades, como dermatitis, diarreas, parasitosis, etc. Además, se han detectado sintomatologías asociadas a la presencia de fertilizantes y plaguicidas

en el agua, común entre los quinteros del cordón fruti-hortícola platense sin acceso a la red de agua potable.

La Ley 11.820 y el Código Alimentario Nacional 2003 establecen las características que debe reunir el agua para ser considerada potable y apta para el consumo domiciliario. Constatar esas características implica realizar un análisis fisicoquímico y microbiológico de la muestra. **Durante el trabajo práctico iniciaremos el control fisicoquímico del agua de los vecinos platenses traída del territorio por los compañeros del Taller de Aguas.**

Realizaremos una observación general del color, olor y turbiedad de la muestra para luego avanzar en la determinación cuantitativa del contenido de cloruros y su alcalinidad. Prepararemos los reactivos necesarios para tales determinaciones y aprenderemos las técnicas operativas que nos permiten cuantificar en el laboratorio.

A partir de los resultados obtenidos, elaborarás un informe por grupo donde se presenten los valores de cada característica estudiada, expresando las medidas de forma adecuada, como aprendimos durante la Actividad de Laboratorio 1: la experimentación en el ámbito del laboratorio.

Iniciamos entonces el análisis fisicoquímico de las muestras de agua de los vecinos de Gran La Plata...

## ETAPA EXPERIMENTAL 1. GUÍA OPERATIVA.

### **Acondicionamiento inicial de la muestra de agua:**

Estudio de las propiedades intensivas y extensivas de la materia

#### PROPÓSITOS DE ESTA ETAPA

- Acercarse a la experimentación en el laboratorio.
- Desarrollar habilidades en el uso de instrumentos sencillos de medición.
- Aprender a consignar los datos experimentales en un cuaderno de laboratorio.
- Utilizar de un programa de ordenador para graficar datos.

#### OBJETIVOS DE ESTA ETAPA

Después de realizar esta actividad de laboratorio podrás:

- Distinguir entre cambios físicos y químicos de la materia.
- Distinguir entre las propiedades físicas y químicas de la materia.
- Distinguir entre las propiedades intensivas y extensivas de la materia.
- Adquirir habilidades en la utilización de instrumentos para pesar objetos y medir volúmenes.
- Expresar correctamente las medidas realizadas con instrumentos volumétricos y anotarlas en el cuaderno de laboratorio.
- Comprender técnicas operatorias para la realización de experimentos.
- Graficar los datos obtenidos en un ordenador.
- Discutir resultados y obtener conclusiones a través de la observación experimental.
- Redactar en forma clara y concreta los resultados y las conclusiones de la experimentación.

## ACTIVIDAD PRE-LABORATORIO

### PARA LEER Y ESTUDIAR ANTES DE VENIR AL LABORATORIO:

La química se ocupa de las propiedades de la materia, sus características distintivas. Las propiedades físicas de una sustancia son las características que se pueden observar o medir sin cambiar la identidad de la sustancia. Por ejemplo, una **propiedad física** de una muestra de agua es su masa; otra es su temperatura. Las propiedades físicas incluyen características como el punto de fusión, la dureza, el color, el estado de la materia (sólido, líquido o gaseoso) y la densidad. Las **propiedades químicas** se refieren a la capacidad de una sustancia de transformarse en otra. Por ejemplo, una propiedad química del gas hidrógeno es que reacciona con oxígeno para producir agua; una propiedad química del metal cinc es que reacciona con los ácidos para producir el gas hidrógeno. Cuando una sustancia sufre un **cambio físico**, la identidad de la sustancia no cambia. Por ejemplo, cuando el agua se congela, el hielo sólido es aún agua. Sin embargo, cuando una sustancia sufre un **cambio químico** se transforma en una sustancia totalmente diferente.

Las propiedades también se clasifican de acuerdo a su dependencia de la masa de la muestra. Una **propiedad extensiva** es aquella que depende de la masa de la muestra. Más precisamente, si un sistema está dividido en partes y se encuentra que la propiedad del sistema completo tiene un valor que es la suma de los valores de la propiedad de todas las partes, entonces la propiedad es extensiva. Si ese no es el caso, entonces la propiedad es intensiva. En resumen, una **propiedad intensiva** es independiente de la masa de la muestra. La importancia de la distinción es que identificamos sustancias diferentes por sus propiedades intensivas. Por lo tanto, podríamos reconocer una muestra de agua al notar su color, su densidad ( $1 \text{ g.cm}^{-3}$ ), su punto de fusión normal ( $0 \text{ }^\circ\text{C}$ ), su punto de ebullición normal ( $100 \text{ }^\circ\text{C}$ ) y por el hecho de que es un líquido en condiciones ambiente. También sabemos que la mayoría de las propiedades dependen del estado de la materia y de condiciones como temperatura y presión. Por ejemplo, la densidad del agua a  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  es de  $1,00 \text{ g.cm}^{-3}$ , pero a  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  es de  $0,96 \text{ g.cm}^{-3}$  (Principios de Química, Atkins y Jones, 5ta edición).

### ACTIVIDADES EN EL LABORATORIO

## **A) Observación directa de la muestra**

Se registran las características de la muestra de agua que sean perceptibles sin necesidad de instrumento alguno: color, olor, presencia/ausencia de turbidez, presencia/ausencia de partículas suspendidas, presencia/ausencia de precipitado, etc.

Para elaborar y contestar en el cuaderno de laboratorio:

- ¿La muestra de agua, es un elemento, una sustancia o una mezcla?
- ¿Es un sistema heterogéneo u homogéneo?
- ¿Qué tipo de propiedades (intensivas o extensivas) son las que caracterizaste? ¿Cómo podrías verificarlo?

## **B) Separación de sistemas heterogéneos. Filtración.**

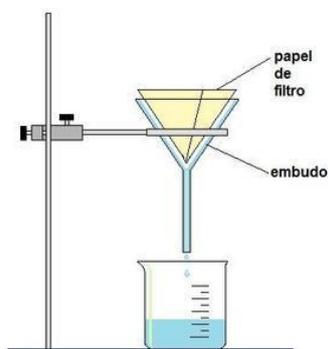
En caso de haber caracterizado su muestra como un sistema heterogéneo, será necesario separar la fase sólida de la fase líquida para continuar con el análisis de esta última.

El color, la turbidez y la materia suspendida pueden interferir con la cuantificación que realizaremos en las próximas etapas del análisis, enmascarando los cambios de color durante la titulación (técnica cuantitativa que aprenderemos próximamente). Además, la presencia en suspensión de carbonato de calcio finamente dividido en algunas aguas naturales puede causar error en la determinación de alcalinidad y debe ser previamente filtrado.

La separación por filtración requiere de un medio poroso, en nuestro caso papel de filtro, que permita la separación física de las fases. Cuando una mezcla de un sólido y un líquido se vierte a través del papel filtro, el líquido atraviesa el papel, mientras que el sólido permanece retenido.

Se organiza entonces un sistema como el de la figura y se procede a filtrar la muestra. Para ello utilizarás un embudo de vidrio, papel de filtro de tamaño adecuado, una agarradera de aro, un pie soporte y un vaso de precipitado para recibir el líquido filtrado (imagen extraída de

<http://microempresasanbemo.blogspot.com/2015/07/montaje-de-filtracion-simple.html>).



Para investigar y elaborar en el cuaderno de laboratorio:

- ¿Existen métodos que permitan separar mezclas homogéneas? Te recomendamos indagar en el Brown, T. L., LeMay, H. E., y Burdige, J. R. (2004). Química la ciencia central. México: Pearson educación.
- 

### **C) Estudio de propiedades de la muestra. Densidad de sistemas líquidos.**

Para determinar la densidad de nuestra muestra, de agua destilada, de una solución de  $\text{CaSO}_4$  en agua destilada, de agua destilada con detergente y de una emulsión agua – aceite, se utiliza una balanza digital, vasos de precipitado y una probeta graduada de 100,0 mL.

Primeramente, se obtiene la masa en gramos del vaso y se consigna este dato.

Luego se colocan 40,0 mL del sistema cuya densidad se desea medir. Se determina la masa de la sustancia y el vaso juntos.

Se registran los datos en la tabla que aparece a continuación y se calcula la densidad (<http://msu.edu/course/lbs>).

SUSTANCIA	MASA DE VASO VACÍO [g]	MASA DE VASO LLENO [g]	MASA DEL LÍQUIDO [g]	VOLUMEN EN EL VASO [ml]	DENSIDAD DEL LÍQUIDO $\rho$ [g/ml]
MUESTRA				40,0	
AGUA DESTILADA				40,0	
SOLUCIÓN $\text{CaSO}_4$				40,0	
SOLUCIÓN DE DETERGENTE				40,0	
EMULSIÓN AGUA - ACEITE				40,0	

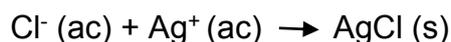
Para elaborar y contestar en el cuaderno de laboratorio:

- Convertir los resultados obtenidos de la densidad en [g/mL] a [g/cm<sup>3</sup>] y [kg/m<sup>3</sup>]
- ¿Qué tipo de propiedades (extensivas o intensivas) son la masa, el volumen y la densidad?
- Propone un experimento sencillo para comprobar tu respuesta.
- ¿Qué nos dice la densidad de una muestra de agua?

#### D) Estudio cualitativo de los cloruros presentes en la muestra de agua.

Previo a realizar el análisis cuantitativo de concentración cloruros de la muestra de agua, en esta primera etapa aproximaremos dicha concentración a través de un estudio cualitativo.

Los iones cloruro reaccionan con los cationes plata y para dar un precipitado (compuesto poco soluble) según la siguiente reacción:



Para realizar esta actividad necesitarás: pipeta aforada de 10,00 ml, propipeta, gradilla, 10 tubos de ensayo, rotulador, vaso de precipitado, gotero con solución de  $\text{AgNO}_3$ .

Se disponen 10,00 ml de la muestra por cada tubo de ensayo y se agrega en cantidades crecientes a cada tubo la solución de  $\text{AgNO}_3$  (una gota en el tubo 1, dos gotas en el tubo 2,...). Observar.

Para elaborar y contestar en el cuaderno de laboratorio:

- Investiga qué es la ley de las proporciones definidas y anótala en tu cuaderno ¿Cómo se aplica esta ley a la formación del  $\text{AgCl}$ ?
- La formación del precipitado ¿constituye un cambio físico o químico? ¿Se trata de un sistema homogéneo o heterogéneo?
- ¿Por qué al agregar más gotas de  $\text{AgNO}_3$  se forma mayor cantidad de precipitado? ¿Observaste esto con los sucesivos agregados del reactivo? ¿Qué crees que sucedió?
- ¿Podrías aproximar con cálculos el contenido de iones cloruro de la muestra?

### **E) Estudio de propiedades de la muestra. Calor y variación de la temperatura.**

Para comenzar esta actividad, se coloca aproximadamente 150 mL de agua en un vaso de precipitado.

Queremos conocer la masa de agua, por lo que primero debemos determinar la masa del vaso de precipitado vacío en una balanza digital y luego determinamos la masa del vaso con agua.

Se enciende la platina calefactora en la posición de máxima calefacción y se espera unos minutos hasta que alcance la temperatura final. Durante ese intervalo, les proponemos estudiar la escala del termómetro con el que cuentan para realizar las medidas. Los docentes podrán ayudarlos a reconocer la precisión de su termómetro.

Se coloca el vaso de precipitado con agua sobre la platina y se consigna la temperatura inicial.

Luego, se registra la temperatura (consígnala con el símbolo T) a determinados intervalos de tiempo (simbolizado t), hasta que el agua alcance los 80 °C. Recuerda homogeneizar la temperatura del agua con el movimiento suave de una varilla antes de registrar la temperatura.

Una vez alcanzada la temperatura final, se retira el vaso de la placa calefactora.

Se repite el experimento utilizando 300 mL y 450 mL de agua. Estas cantidades no tienen que ser exactas porque, pesando el agua (como antes), medirás la masa precisamente (<http://www.brooklyn.cuny.edu/web/academics>)

### Análisis y discusión de los resultados

Para graficar los datos obtenidos en los experimentos nos reuniremos en la sala de PCs de la Facultad de Ciencias Exactas el día y hora acordado con los docentes.

En esta oportunidad, graficaremos los datos de temperatura en el eje vertical y del tiempo en el eje horizontal de los tres experimentos realizados con agua en un mismo gráfico.

Para elaborar y contestar en el cuaderno de laboratorio:

- La cantidad de calor entregada al líquido es directamente proporcional a la variación de temperatura ( $\Delta T$ ). Además, podemos considerar que la platina calefactora entrega una cantidad de calor constante.  
Observa con atención las curvas de temperatura versus tiempo obtenidas para las tres masas de agua y determina el tiempo requerido para que la temperatura del líquido alcance 50 °C.  
En función de esta observación ¿qué relación es posible establecer entre la cantidad de calor y la masa de agua?
- ¿Qué tipo de propiedad (extensiva o intensiva) es la temperatura y el calor? Explica tu respuesta.

## ETAPA EXPERIMENTAL 2. GUÍA OPERATIVA.

### **Preparación de las soluciones y reactivos para el análisis fisicoquímico cuantitativo del agua**

Composición de una solución, dilución y mezcla de soluciones.

Bienvenido a la etapa experimental 2 del análisis de agua. En la etapa experimental 1 hemos realizado una caracterización cualitativa de la muestra de los vecinos platenses. A partir de este momento avanzaremos en el análisis cuantitativo de las propiedades fisicoquímicas de la muestra, fundamental para luego elaborar el informe de calidad del agua que los vecinos necesitan.

En esta etapa vamos a preparar las soluciones y reactivos que requerimos para realizar el análisis cuantitativo. Es importante que trabajes cuidadosamente y a conciencia para garantizar la calidad de estos reactivos. Además, que manipules de forma segura los instrumentos y sustancias, ya que los ácidos y bases que emplearemos implican riesgo de quemaduras por contacto con la piel. Comenzamos...

#### PROPÓSITOS DE ESTA ETAPA

- Acercarse a la experimentación en el laboratorio.
- Desarrollar habilidades en la preparación de soluciones y en el uso de material volumétrico.
- Aplicar las habilidades adquiridas en el uso de instrumentos sencillos de mensura, como la balanza, en la preparación de una solución.
- Comprender y expresar correctamente la composición de una solución.
- Aprender a consignar los datos experimentales en el cuaderno de laboratorio.

#### OBJETIVOS DE ESTA ETAPA

Después de realizar esta actividad de laboratorio podrás:

- Preparar una solución a partir de reactivos sólidos.
- Preparar una solución por dilución de otra solución más concentrada (solución stock).

- Distinguir una sustancia pura de una mezcla de sustancias.
- Diferenciar una dilución de una mezcla de soluciones.
- Distinguir una mezcla simple o solución de una mezcla en la que ocurre reacción química (distinguir cambios físicos de cambios químicos).
- Manipular con criterio instrumentos para pesar objetos y medir volúmenes.
- Expresar correctamente las unidades de concentración de una solución y convertirlas a otras unidades.
- Discutir resultados y obtener conclusiones a través de la observación experimental.
- Redactar en forma clara y concreta los resultados y las conclusiones de la experimentación. ACTIVIDAD PRE-LABORATORIO

#### PARA LEER Y ESTUDIAR ANTES DE VENIR AL LABORATORIO:

Aproximadamente dos terceras partes de nuestro planeta están cubiertas por agua, que es, además, la sustancia más abundante de nuestro organismo. El agua es una sustancia común y a la vez excepcional, cuyas particulares propiedades intensivas son indispensables para la existencia de la vida en la Tierra. Una de las propiedades más importantes del agua es su capacidad para disolver una amplia variedad de sustancias. En la naturaleza, el agua siempre contiene sustancias disueltas. Las soluciones en las que el agua es el medio de disolución se denominan soluciones (o disoluciones) acuosas.

Una solución es una mezcla homogénea de dos o más sustancias en la que no ocurre reacción química, es decir, la disolución es un proceso físico en el cual cada sustancia conserva su identidad. La sustancia que está presente en mayor cantidad se llama solvente. Las demás sustancias de la solución se denominan solutos y decimos que están disueltas en el solvente. Por ejemplo, cuando disolvemos una cantidad de jugo en polvo en agua para preparar la bebida, estamos generando una solución en la cual el agua es el solvente y el jugo en polvo es el soluto.

En muchos casos, el comportamiento de una disolución depende no sólo de la naturaleza de los solutos, sino también de sus concentraciones. En el ejemplo del jugo, cuanto más soluto hayamos disuelto lo percibiremos como un aumento

en la intensidad de su color y su sabor. En química utilizamos el término concentración para designar la cantidad de soluto disuelta en una cierta cantidad de solvente o de solución. Cuanto más soluto esté disuelto en cierta cantidad de solvente, más concentrada será la solución.

Las soluciones que se emplean comúnmente en el laboratorio suelen comprarse o prepararse en forma concentrada (llamadas soluciones stock). Por ejemplo, el ácido clorhídrico se adquiere como disolución 12 M (ácido clorhídrico concentrado). Luego, podemos obtener soluciones de menor concentración agregando solvente en un proceso llamado dilución. Si el jugo concentrado del ejemplo resultara desagradable para beber, podremos obtener la bebida que deseamos diluyéndolo con agua.

Cuando agregamos solvente para diluir una solución, el número de moles de soluto no cambia, únicamente estamos aumentando la cantidad (moles) de solvente. Esto resulta muy útil en el laboratorio, cuando queremos hacer un cálculo cuantitativo de la cantidad de una cierta solución stock que precisamos para producir una cierta cantidad de solución diluida. Puesto que conocemos tanto el volumen como la concentración de la disolución diluida que queremos preparar, podemos calcular el número de moles de soluto que contiene. Estos moles de soluto estarán contenidos en el volumen de solución stock que debemos tomar:

**Moles de soluto antes de diluir = moles de soluto después de diluir**

$$M_{\text{sl. stock}} [\text{mol/L}] \times \text{Volumen}_{\text{sl. stock}} [\text{L}] = M_{\text{sl. diluida}} [\text{mol/L}] \times \text{Volumen}_{\text{sl. diluida}} [\text{L}]$$

A partir de la última expresión podemos despejar fácilmente el volumen de solución stock que utilizaremos. El volumen restante de solución diluida se completa con solvente (diluyente).

*Te recomendamos consultar los procedimientos de preparación de soluciones por dilución y preparación de soluciones a partir del reactivo sólido en el Manual Digital de Laboratorio.*

## ACTIVIDADES EN EL LABORATORIO

### A) Preparación de las soluciones requeridas para el análisis cuantitativo

### A.1) Preparación de soluciones por dilución de soluciones de mayor concentración.

Se prepararán las soluciones titulantes que necesitaremos para el análisis cuantitativo de la muestra de agua. Para ello utilizaras: piseta con agua destilada, matraz de 100 mL y de 1000 mL, embudo, pipeta, propiteta de goma, vaso de precipitado, frasco limpio y seco, rotulador.

Solución titulante de HCl 0,01 N (para la determinación de alcalinidad)



Tomar 0,83 mL de HCl p.a. concentrado, bajo campana y empleando guantes y gafas, ¿con qué instrumento volumétrico? y verterlo en un vaso de precipitado que contenga 100 mL de agua destilada. Dejar que la solución se enfríe para luego verterla en un matraz de 1000 mL y llevar a volumen con agua destilada utilizando pipeta para enrasar. Se tapa el matraz, se homogeneiza y se trasvasa a un frasco limpio y seco. Se tapa y se rotula el frasco.

Solución titulante de nitrato de plata 0,0141 M (para la determinación de cloruros):

Se cuenta con una solución stock 0,141 M de  $\text{AgNO}_3$  y debemos preparar 100 mL de la solución titulante. Calcular el volumen V de solución stock que necesitaras, recordando que:

moles de soluto en la solución diluida = moles de soluto en la solución stock

Luego, tomar V de la solución stock con la pipeta adecuada y verterla en un matraz de 100 mL. Llevar a volumen con agua destilada utilizando pipeta para enrasar. Tapar el matraz, homogeneizar por inversión y trasvasar a un frasco color caramelo limpio y seco. Tapar y rotular el frasco.

*Podes consultar y repasar este procedimiento en el Manual Digital de Laboratorio*

Para elaborar y contestar en el cuaderno de laboratorio:

- ¿Por qué colocamos el ácido concentrado primero en un volumen de agua para luego trasvasarlo? ¿Qué ocurriría si lo vertemos directamente en matraz y agregamos el agua sobre el ácido?
- Mediante este protocolo hemos producido una solución 0,01 N de HCl. Convertí esta unidad de concentración a unidades de molaridad (M), molalidad (m) y porcentaje peso en peso (% p/p).
- Luego de repasar el procedimiento en el Manual Digital de Laboratorio, redacta tu propio protocolo paso a paso para preparar 100,0 mL de una solución 0,2 M de HNO<sub>3</sub> a partir de una solución stock 55 g/L.

## **A.2) Preparación de soluciones a partir del reactivo sólido.**

Se preparan las soluciones indicadoras que requeriremos para el análisis cuantitativo de la muestra de agua.

Para ello necesitarás: vidrio de reloj, balanza, piseta con agua destilada, matraz de 100 mL, varilla de vidrio, embudo, probeta de 100 mL, pipeta, propiteta de goma, vaso de precipitado, solución de etanol 95 % v/v. Además, en el caso particular de la solución de K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>, necesitarás una bureta cargada con solución de AgNO<sub>3</sub> y papel de filtro.

*Solución de indicador Fenolftaleína (5 g/L) (solución indicadora para la determinación de alcalinidad)*

Se pesan 0,50 g de fenolftaleína ¿en qué balanza? sobre vidrio de reloj. Se trasvasa a un vaso de precipitado, lavando con gotas de agua destilada para arrastrar la totalidad del reactivo desde el vidrio de reloj.

Se disuelve en 50,0 mL de alcohol etílico al 95 % v/v ¿con qué instrumento se toma la alícuota de etanol? Luego, se trasvasa rápidamente (para minimizar la evaporación del etanol) la solución a un matraz de 100 mL y se lleva a volumen con agua destilada y pipeta. Se tapa el matraz, se homogeneiza por inversión y se trasvasa a un frasco limpio y seco. Se tapa y se rotula el frasco.

*Solución de indicador Azul de Bromofenol (0,8 g/L) (solución indicadora para la determinación de alcalinidad)*

NaOH

Pictograma de riesgo



Pesar 0,08 g de azul de bromofenol ¿en qué balanza? sobre vidrio de reloj. Tomar 15,00 mL de solución de NaOH 0,01 N ¿con qué instrumento? y vertiendo este volumen sobre el vidrio de reloj arrastrar la totalidad de colorante hacia un vaso de precipitado.

Trasvasar a matraz de 100 mL y llevar a volumen con agua destilada. Tapar el matraz, homogeneizar por inversión y trasvasar a un frasco limpio y seco. Tapar y rotular el frasco.

Solución indicadora de dicromato de potasio (solución indicadora para la determinación de cloruros):

$K_2CrO_4$

Pictograma de riesgo



Pesar 5,0 g de  $K_2CrO_4$  sobre vidrio de reloj en la balanza adecuada y arrastrar hacia un vaso de precipitado con 40,0 mL de agua destilada. Agregar con bureta gota a gota solución de  $AgNO_3$  hasta que se forme un precipitado rojo bien definido. Dejar reposar 15 minutos para luego filtrar utilizando embudo y papel.

Trasvasar la solución filtrada a matraz de 100 mL. Llevar a volumen con agua destilada y pipeta, homogeneizar por inversión, trasvasar a frasco limpio y rotular.

*Podes consultar y repasar este procedimiento en el Manual Digital de Laboratorio*  
Para elaborar y contestar en el cuaderno de laboratorio:

- Para preparar la solución del indicador fenolftaleína se utiliza etanol 95 % v/v como solvente, además de agua destilada ¿Podrías decir qué concentración tiene el etanol en la solución indicadora final?
- En la etiqueta del reactivo NaOH figura el dato “98% puro” ¿Qué utilidad tiene esta información? ¿la considerarías al momento de hacer los cálculos para producir la solución 0,01 N de NaOH?

- Cuando se agrega  $\text{AgNO}_3$  a la solución inicial de  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ , se observa un precipitado rojo que luego se filtra ¿Qué crees que está ocurriendo? ¿Lo ocurrido puede explicarse a partir de una simple mezcla de soluciones? ¿Se trata de un cambio físico o químico?
- Luego de repasar el procedimiento en el Manual Digital de Laboratorio, redacta tu propio protocolo paso a paso para preparar 250,0 mL de una solución 0,800 M de NaCl.

## **B) Mezcla de soluciones y reacción química**

Se llenan cinco tubos de ensayo con agua hasta la mitad de su volumen. Se agregan desde un gotero gotas de solución de  $\text{FeCl}_3$  en cantidades crecientes: 1 gota en el tubo 1, 2 gotas en el tubo 2...5 gotas en el tubo 5. Registrar lo observado.

Luego, se agrega al tubo 1 gotas de solución de NaOH 0,01 N y se registra lo observado.

Para elaborar y contestar en el cuaderno de laboratorio:

- ¿Qué crees que ocurre cuando se agrega  $\text{FeCl}_3$  a los tubos? ¿Es un proceso químico o físico?
- Luego se agrega el NaOH 0,01 N, ¿qué cambios se observan? ¿consideras que son químicos o físicos?
- A partir de lo observado elabora un breve párrafo que involucre los siguientes conceptos: mezcla, reacción química, solución, dilución, cambio físico, cambio químico.

## ETAPA EXPERIMENTAL 3. GUÍA OPERATIVA.

### **Determinación cuantitativa del contenido de cloro de la muestra de agua por el Método Yodométrico**

Reacciones redox, su balanceo y aplicación en una titulación

Bienvenido a la etapa experimental 3 del análisis de agua. Ya hemos preparado los reactivos y contamos con el material necesario para poder realizar la caracterización cuantitativa de la muestra de agua.

En su capítulo XII, artículo 982, el Código Alimentario Argentino ([http://www.anmat.gov.ar/alimentos/normativas\\_alimentos\\_caa.asp](http://www.anmat.gov.ar/alimentos/normativas_alimentos_caa.asp)) establece que: “Con las denominaciones de Agua potable de suministro público y Agua potable de uso domiciliario, se entiende la que es apta para la alimentación y uso doméstico: no deberá contener sustancias o cuerpos extraños de origen biológico, orgánico, inorgánico o radiactivo en tenores tales que la hagan peligrosa para la salud. Deberá presentar sabor agradable y ser prácticamente incolora, inodora, límpida y transparente”

En esta oportunidad valoraremos el contenido de cloro del agua a través de un procedimiento muy común en el laboratorio de química, conocido como titulación. El cloro se ha usado por mucho tiempo para desinfectar el agua potable, ya que controla el crecimiento de bacterias patógenas, como *Escherichia coli*. El Código Alimentario establece un contenido mínimo de cloro activo residual de 0,2 mg/l.

La titulación es una técnica relativamente sencilla, pero que depende en gran medida del trabajo cuidado del operador para brindar resultados confiables. Te recomendamos seguir la guía operativa y corroborar de contar con todo lo necesario, incluida una bureta enrasada y que funcione correctamente, antes de iniciar cada titulación. Podrás estudiar este procedimiento visualizando el *Manual Digital de Laboratorio*. Iniciamos entonces el análisis fisicoquímico cuantitativo.

#### PROPÓSITOS DE ESTA ETAPA

- Acercarse a la experimentación en el laboratorio.

- Expresar simbólicamente los procesos químicos.
- Identificar distintos tipos de reacciones químicas.
- Adecuar la información provista por la ecuación química para la resolución de problemas.
- Comprender los conceptos de pureza de un reactivo y rendimiento de una reacción.
- Desarrollar habilidades en el procedimiento de titulación.
- Aplicar las habilidades adquiridas en el uso de instrumentos volumétricos como pipetas.
- Aprender a consignar los datos experimentales en un cuaderno de laboratorio.

#### OBJETIVOS DE ESTA ETAPA

Después de realizar esta actividad de laboratorio podrás:

- Reconocer una reacción redox y balancear su ecuación química.
- Montar, enrasar y manipular una bureta para realizar titulaciones.
- Manipular con criterio instrumentos para medir y descargar volúmenes.
- Cuantificar experimentalmente el contenido de cloro de una muestra de agua mediante titulación.
- Realizar los cálculos pertinentes para determinar el contenido de cloro de la muestra de agua a partir de los datos experimentales.
- Determinar analíticamente la pureza de un reactivo.
- Calcular el rendimiento porcentual de una reacción.
- Discutir resultados y obtener conclusiones a través de la observación experimental.
- Redactar en forma clara y concreta los resultados y las conclusiones de la experimentación.

#### ACTIVIDAD PRE-LABORATORIO

PARA LEER Y ESTUDIAR ANTES DE VENIR AL LABORATORIO:

Las reacciones químicas se representan de forma concisa mediante ecuaciones químicas. Las ecuaciones químicas codifican importante información cuantitativa acerca de las sustancias que representan. El campo de estudio que se ocupa de

sacar provecho de dicha información se denomina estequiometría, palabra derivada del griego stoicheion (“elemento”) y metron (“medida”).

La estequiometría se basa en el entendimiento de las masas atómicas y en un principio fundamental, la ley de conservación de la masa o Ley de Lavoisier: la masa total de todas las sustancias presentes después de una reacción química es la misma que la masa total antes de la reacción. Con el advenimiento de la teoría atómica, los químicos comenzaron a entender las bases de la ley de conservación de la masa: los átomos no se crean ni se destruyen durante una reacción química. Los cambios que ocurren durante cualquier reacción simplemente reacomodan a los átomos.

Dado que en una reacción no se crean ni se destruyen átomos, toda ecuación química debe tener números iguales de átomos de cada elemento en reactivos y en productos. Si se satisface esta condición, se dice que la ecuación está balanceada.

La enorme variedad de reacciones químicas que ocurre en la naturaleza puede clasificarse de acuerdo a ciertas características; daremos cuenta de algunas de ellas. En las **reacciones de combinación**, dos o más sustancias reaccionan para formar un producto. En una **reacción de descomposición** una sustancia sufre una reacción para producir dos o más sustancias distintas. Muchos compuestos sufren reacciones de descomposición cuando se calientan. Las **reacciones de combustión** son reacciones rápidas que producen una flama. En la mayor parte de las reacciones de combustión interviene  $O_2$  del aire como reactivo y se obtienen  $CO_2$  y  $H_2O$  como productos.

Las **reacciones de oxidación-reducción**, también conocidas como **reacciones redox**, ocurren cuando se transfieren electrones del átomo que se oxida al átomo que se reduce. Por ejemplo, cuando se agrega zinc metálico a un ácido fuerte, se transfieren electrones de los átomos de zinc (el zinc se oxida) a los iones de hidrógeno del ácido (el hidrógeno se reduce), resultando como productos de reacción  $Zn^{+2}$  (ac) y  $H_2$  (g). Las reacciones de combustión son un caso particular de reacción redox, donde el  $O_2$  (g) es la especie que se reduce a  $H_2O$ , oxidando al reactivo que se combustiona. En toda reacción redox debe haber tanto oxidación como reducción. La sustancia que hace posible que otra sustancia se

oxide, como el  $O_2$  en una combustión, es el **agente oxidante**. El agente oxidante quita electrones a otra sustancia apropiándose los; en consecuencia, el agente oxidante se reduce. De forma análoga, un **agente reductor** es una sustancia que cede electrones, oxidándose.

Para poder llevar adelante las actividades de la presente guía operativa te recomendamos repasar el *balanceo de ecuaciones de oxidación-reducción* de la sección 20.2 de Brown, T. L., LeMay, H. E., y Burdge, J. R. (2004). Química la ciencia central. México: Pearson educación.

Además, te recomendamos repasar la *preparación de soluciones a partir de reactivos sólidos* y estudiar la *técnica de titulación* del *Manual Digital de Laboratorio*.

#### ACTIVIDADES EN EL LABORATORIO

Para cuantificar el cloro libre de la muestra de agua utilizaremos el método de titulación denominado yodométrico. Debido a que las medidas de volumen desempeñan un papel fundamental en las titulaciones, se les conoce también como análisis volumétrico, y al conjunto de estas técnicas se les denomina volumetrías.

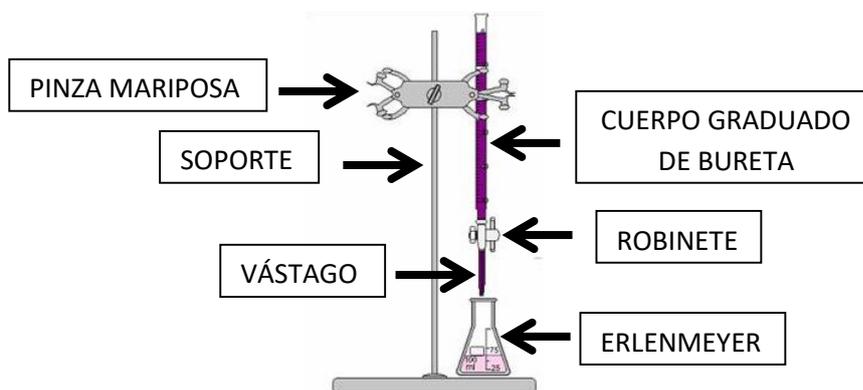


Fig. 1

En primer lugar, se debe montar el soporte de la bureta como se muestra en la figura 1. Se lava la cara interna de una bureta limpia y seca con la solución titulante. Una vez lavada, se coloca en el soporte y se procede a su llenado (utilizando embudo) con solución titulante, procurando que no queden burbujas de aire en la columna de líquido. En este momento se abre el robinete para

verificar que no haya pérdidas y se llena el vástago. Luego, con la bureta cerrada, se enrasa en 0,00 mL.

A continuación, describiremos una titulación en términos generales. Ciertas titulaciones tienen pasos adicionales, que podrás encontrar detallados en sus protocolos específicos.

Se toman con pipeta 10,0 mL de la muestra de agua y se colocan en un erlenmeyer limpio y seco. A continuación, se agregan unas gotas del indicador y un volumen aproximado de 50 mL de agua destilada. Esta dilución permitirá visualizar mejor los cambios de color en el erlenmeyer sin modificar el número de moles del analito a cuantificar.

A continuación, se procede a la cuantificación, agregando gota a gota desde la bureta el titulante, agitando permanentemente el erlenmeyer. La toma correcta del robinete podrás repararla en el Manual Digital de Laboratorio. Asimismo, puedes consultar a los docentes si tienes dudas acerca del manejo de la bureta.

La adición de titulante continúa hasta observar cambio, que en general es un cambio de color, en el erlenmeyer. En este momento se cierra la bureta y se registra el volumen gastado. Recuerda consignar este volumen con la precisión adecuada al instrumento y evitando el error de paralaje en la lectura.

Toda titulación debe realizarse al menos por duplicado. El volumen gastado para la determinación se calcula como el promedio aritmético de los volúmenes gastados en cada réplica del ensayo:

$$V_{\text{titulación}} = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

A partir del volumen gastado en la titulación y conociendo el título o concentración de la solución titulante, podremos conocer la cantidad de moles o de equivalentes utilizados para titular la muestra:

$$\frac{1000 \text{ mL}}{V_{\text{titulación}}} \text{ ————— } N^{\circ} \text{ de equivalentes del titulante}$$
$$\text{————— } X \text{ equivalentes consumidos}$$

Como el N° de equivalentes consumidos de titulante es igual al N° de equivalentes del analito presentes en la alícuota de 10,0 mL, puedo calcular la concentración normal del analito en la muestra de agua averiguando cuántos equivalentes del analito habría en un litro de agua:

10,0 mL \_\_\_\_\_  $X$  equivalentes consumidos =  $X$  equivalentes analito en muestra

1000 mL \_\_\_\_\_  $N$  muestra de agua

En estos casos, se cuantifica el analito presente en la muestra de agua por reacción directa con el titulante. Sin embargo, existen otros métodos de titulación, en los cuales el analito en primera instancia reacciona con cierto reactivo en exceso, generando un producto que luego será cuantificado por titulación. El producto cuantificado puede relacionarse mediante cálculos estequiométricos al analito de interés, como estudiaremos a continuación.

### A) Determinación de cloro activo en la muestra de agua

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

Pictograma de riesgo



KI

Pictograma de riesgo



Ácido acético glacial

Pictograma de riesgo



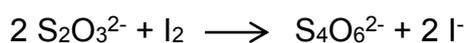
Método yodométrico:

Este método propone la reducción del  $\text{Cl}_2$  activo del agua por agregado de exceso de KI. Permite determinar hasta 40  $\mu\text{g}$  de Cl como  $\text{Cl}_2$ / L de agua.

Se colocan 500,0 mL de la muestra de agua en un erlenmeyer adecuado y se agregan 5,0 mL de ácido acético glacial bajo campana. Luego se adiciona 1 g de KI y se homogeneiza la mezcla, que está lista para ser titulada.

A continuación, se titula el  $\text{I}_2$  producido en el erlenmeyer con  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,01 N hasta desaparición casi completa del color amarillo propio del  $\text{I}_2$ . En este momento se adiciona 1 mL del indicador de almidón y se sigue titulando hasta desaparición del color azul del complejo almidón/ $\text{I}_2$ .

La reacción de titulación es la siguiente:



Realizar la titulación por duplicado.

Para elaborar y contestar en el cuaderno de laboratorio:

- ¿Por qué crees que el KI debe agregarse en exceso a la muestra de agua?
- Proponer los posibles productos de la reacción entre el cloro libre y el KI agregado, sabiendo que el KI actúa como agente reductor.
- Plantear las hemirreacciones de oxidación y reducción y determinar los [eq/mol] y el peso equivalente [g/eq] del cloro y el ión ioduro.
- Balancear la reacción redox por el método del ión-electrón.
- Realizar los cálculos pertinentes, teniendo en cuenta la ecuación de titulación y la relación estequiométrica entre cloro y KI, para conocer la concentración inicial de cloro libre de la muestra en [M] y [mg/L].

## ETAPA EXPERIMENTAL 4. GUÍA OPERATIVA.

### **Determinación cuantitativa de la alcalinidad y del contenido de cloruros de la muestra de agua**

Equilibrio químico. Reacciones de neutralización y pH. Reacciones de precipitación.

Bienvenido a la etapa experimental 4 del análisis de agua. Hemos iniciado el análisis fisicoquímico cuantitativo de la muestra y determinamos el contenido de cloro de forma apropiada para ser incluido en el informe de calidad de agua.

En esta etapa experimental continuaremos el análisis de alcalinidad y de contenido de cloruros utilizando titulaciones que involucran reacciones de neutralización y precipitación. Recuerda que la titulación es una técnica relativamente sencilla, pero que depende en gran medida del trabajo cuidado del operador para brindar resultados confiables. Podrás repasar y consultar este procedimiento en el *Manual Digital de Laboratorio*.

La alcalinidad del agua se define como su capacidad para neutralizar un ácido. Se llama alcalinidad total a la cantidad de ácido fuerte necesaria para titular una muestra de agua y se informa como mg/L (o ppm) de CaCO<sub>3</sub>. La alcalinidad del agua en los sistemas de distribución con tubería de hierro debe encontrarse en el rango de 30 a 100 mg/L para prevenir corrosión seria; por encima de 500 mg/L es aceptable, aunque este factor debe ser evaluado teniendo en cuenta otras características del agua. El bañarse o lavarse con aguas de alcalinidad excesiva puede cambiar el pH del fluido lagrimal alrededor del ojo produciendo irritación ocular. El Código Alimentario Argentino no establece valor máximo ni nivel guía para este parámetro (Cap. XII, Art. 982).

El ion cloruro es uno de los aniones inorgánicos mayoritarios en el agua. Una alta concentración aparece en las aguas que han estado en contacto con formaciones geológicas ricas en cloruros. Por otro lado, un elevado tenor de cloruros puede indicar contaminación con aguas servidas, efluentes industriales, o intrusión salina en un cuerpo de agua o un acuífero. El sabor salado producido por los iones cloruro es variable y depende de la composición química del agua. Con iones sodio el gusto ya es detectable a 250 mg/L Cl<sup>-</sup>, pero con calcio y magnesio puede ser indetectable a niveles de 1000 mg/L Cl<sup>-</sup>. Un alto contenido

en cloruro puede dañar las canillas y estructuras metálicas, y también afecta el crecimiento de las plantas. El Código Alimentario Argentino establece un máximo de 350 mg/L de ion  $\text{Cl}^-$  en el agua potable.

Continuamos entonces el análisis cuantitativo y finalizaremos esta etapa con la elaboración del Informe de Resultados de Laboratorio, que será el insumo para construir el Informe de Calidad de Agua.

#### PROPÓSITOS DE ESTA ETAPA

- Acercarse a la experimentación en el laboratorio.
- Expresar simbólicamente los procesos químicos.
- Identificar distintos tipos de reacciones químicas.
- Adecuar la información provista por la ecuación química para la resolución de problemas.
- Desarrollar habilidades en el procedimiento de titulación.
- Introducir el concepto de reacción reversible.
- Introducir el concepto de pH.
- Aprender a consignar los datos experimentales en un cuaderno de laboratorio.

#### OBJETIVOS DE ESTA ETAPA

Después de realizar esta actividad de laboratorio podrás:

- Reconocer una reacción de neutralización.
- Reconocer una reacción de precipitación.
- Montar, enrasar y manipular una bureta para realizar titulaciones.
- Cuantificar experimentalmente el contenido de cloruros y la alcalinidad de una muestra de agua mediante titulación.
- Realizar los cálculos pertinentes para determinar el contenido de estos analitos en la muestra de agua a partir de los datos experimentales.
- Comprender que existen reacciones reversibles y explicar el concepto de rendimiento a partir de ellas.
- Comprender cómo la concentración de iones  $\text{H}^+$  modifica las propiedades de una solución.
- Discutir resultados y obtener conclusiones a través de la observación experimental.

- Redactar en forma clara y concreta los resultados y las conclusiones de la experimentación.

## ACTIVIDAD PRE-LABORATORIO

### PARA LEER Y ESTUDIAR ANTES DE VENIR AL LABORATORIO:

En la etapa anterior del análisis de calidad de aguas aprendiste que existen una gran variedad de reacciones químicas, y entre ellas, estudiaste en profundidad las reacciones redox. Hoy estudiaremos reacciones de **neutralización** y reacciones de **precipitación**.

Para estudiar la neutralización, es necesario primero introducirnos en el conocimiento de los reactivos que participan en el este tipo de reacciones, los **ácidos** y las **bases**. Los ácidos tienen sabor agrio (por ejemplo, el ácido cítrico del jugo de limón) y hacen que ciertos tintes cambien de color (por ejemplo, el tornasol se vuelve rojo en contacto con los ácidos). Las bases, en cambio, tienen sabor amargo y son resbalosas al tacto (el jabón es un buen ejemplo).

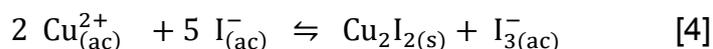
El químico sueco Svante Arrhenius (1859–1927) definió los ácidos como sustancias que producen iones  $H^+$  en agua (que forma  $H_3O^+$ ), y las bases como sustancias que producen iones  $OH^-$  en agua. Actualmente, el concepto de ácidos y bases de Arrhenius se expresa: los ácidos son sustancias que, al disolverse en agua, aumentan la concentración de iones  $H^+$ . Análogamente, las bases son sustancias que, al disolverse en agua, aumentan la concentración de iones  $OH^-$ . Más tarde, Brønsted y Lowry propusieron definir los ácidos y bases en términos de su capacidad para transferir protones. Según estos químicos, los ácidos son sustancias capaces de donar un protón a otra sustancia y las bases aceptan protones. Por ejemplo, cuando se disuelve HCl en agua, el HCl actúa como ácido de Brønsted-Lowry (dona un protón al agua), y el  $H_2O$  actúa como una base de Brønsted-Lowry (acepta un protón del HCl) y se transforma en  $H_3O^+$  (ión hidronio).

Entre los ácidos y las bases, existen algunos que son electrólitos fuertes (se ionizan totalmente en disolución) y se denominan ácidos y bases fuertes. Asimismo, los hay electrólitos débiles (que se ionizan parcialmente) y se denominan ácidos y bases débiles. En la tabla 4.2 de *Brown, T. L., LeMay, H. E.*,



fundamento de esta técnica que nos permite calcular la concentración del analito de interés presente en el agua. En esta etapa del análisis aplicaremos la titulación utilizando reacciones de neutralización y precipitación.

Sin embargo, muchas reacciones químicas no se completan, sino que se aproximan a un estado de equilibrio en el que están presentes tanto reactivos como productos. Al cabo de cierto tiempo estas reacciones parecen “detenerse”, los colores dejan de cambiar o cesa el desprendimiento de gases antes de que la reacción se complete, lo que da origen a una mezcla de reactivos y productos. Por ejemplo, la siguiente reacción:



Observa que la condición de “reacción no completa” se denota con una doble flecha, que indica que la velocidad de formación de productos a partir de los reactivos es igual a la velocidad de formación de reactivos a partir de los productos. La reacción [4] es lo que se denomina una **reacción reversible**: los reactivos podrían obtenerse a partir de la mezcla de los productos, pues ocurre reacción en ambos sentidos.

Cuando reacciones opuestas avanzan a velocidades iguales, se establece un **equilibrio químico**. La condición en la cual las concentraciones de todos los reactivos y productos en un sistema cerrado dejan de cambiar con el tiempo es la característica que identifica al equilibrio químico.

En el caso de las reacciones de precipitación, las sustancias en equilibrio están en fases diferentes, lo que da origen a **equilibrios heterogéneos**. En la reacción [4], los iones  $\text{I}^{-}(\text{ac})$  y  $\text{Cu}^{+2}(\text{ac})$  en solución se encuentran en equilibrio con el precipitado de  $\text{Cu}_2\text{I}_2(\text{s})$ . Este sistema consiste en un sólido en equilibrio heterogéneo con dos especies acuosas.

Del mismo modo, existen reacciones de neutralización que no se completan. Estas neutralizaciones involucran ácidos y/o bases débiles, cuyos productos de disociación se combinan para formar nuevamente los reactivos, estableciendo un **equilibrio ácido-base**. Estudiaremos en profundidad estos equilibrios en próximas guías operativas.

Para poder llevar adelante las actividades de la presente guía operativa te recomendamos repasar la técnica de titulación del *Manual Digital de Laboratorio*.

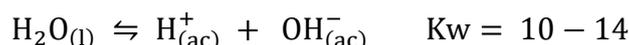
## ACTIVIDADES EN EL LABORATORIO

### A) Equilibrio químico en reacciones de neutralización.

El **pH** es una escala que mide la concentración de protones,  $[H^+]$ , o acidez de una solución y se calcula:

$$pH = -\log [H^+] \quad [5]$$

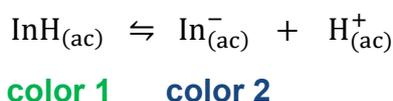
La  $[H^+]$  y la  $[OH^-]$  de una solución se afectan mutuamente a través del equilibrio de auto-disociación del agua:



Una disolución en la que  $[H^+] = [OH^-] = 1 \times 10^{-7} \text{ M}$  es **neutra** y su valor de pH es 7,0 a 25°C. En las **disoluciones ácidas** la  $[H^+]$  es mayor que la  $[OH^-]$  y su pH < 7,0. En las **disoluciones básicas** la  $[OH^-]$  es mayor que la  $[H^+]$  y su pH > 7,0.

Es decir, la  $[H^+]$  de una solución es la que determina si se favorece la reacción directa o la reacción opuesta en un equilibrio ácido-base, y esto se utiliza para aproximar el pH de distintas soluciones.

Los indicadores ácido-base son sustancias que se emplean para aproximar la  $[H^+]$  (acidez) de una solución. Un indicador ácido-base es una especie colorida capaz de existir en forma de ácido o en forma de base. El indicador adquiere cierto color en medio ácido y cambia a otro color en medio básico:



Utilizaremos este tipo de indicador en la determinación de alcalinidad del agua.

Procedimiento:

Se disponen 3 tubos de ensayo limpios en una gradilla, se coloca el mismo volumen de agua destilada en todos ellos (aproximadamente 2 mL) y se rotulan.

Se coloca 1 gota de solución de NaOH desde gotero en el tubo 1. Se coloca 1 gota de solución de  $H_2SO_4$  desde gotero en el tubo 2.

Se colocan 2 gotas de Azul de bromofenol en cada tubo y se registran los cambios de color.

Para elaborar y contestar en el cuaderno de laboratorio:

- Observa la reacción que describe el comportamiento de los indicadores de pH, ¿consideras que los indicadores responden a la definición de ácido y base de Arrhenius o a la de Brønsted y Lowry?

- ¿De acuerdo al rango de viraje del azul de bromofenol, ¿entre qué valores estimas el pH de cada uno de los tubos? Investiga cómo se define la función pH y calcula un rango de concentración de  $H^+_{(ac)}$  de cada tubo a partir de la definición.
- Investiga el equilibrio de auto-disociación del agua en la sección 16.3 de *Brown, T. L., LeMay, H. E., y Burdge, J. R. (2004). Química la ciencia central* y relacionalo con el equilibrio del indicador. Redacta una breve explicación de lo observado cuando se agrega NaOH y cuando se agrega  $H_2SO_4$  en términos de reacciones reversibles y desplazamiento de equilibrios.
- En el tubo 3 se observa un color que podría describirse como la superposición de los colores 1 y 2. Explica esta observación en términos del equilibrio de la reacción del indicador.

## B) Determinación de alcalinidad del agua

HCl  
Pictograma de riesgo



$Na_2S_2O_3$   
Pictograma de riesgo

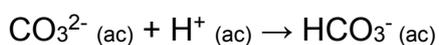
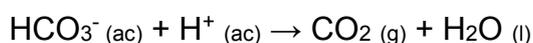


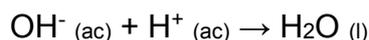
Carbón activado  
Pictograma de riesgo



La alcalinidad de una muestra de agua se determina por titulación con una solución estándar de ácido fuerte. El parámetro alcalinidad se informa como mg/L de  $CaCO_3$  presente en la muestra.

Las reacciones que ocurren en la solución son:





Si sumamos término a término estas ecuaciones y cancelamos aquellas especies que aparecen a ambos lados de la reacción, obtenemos la reacción global de titulación:



Tratamiento de la muestra:

Si se observa color en la muestra, este puede disminuirse tratándola con carbón activado que luego se filtra. De considerar necesario el agregado de este reactivo, solicitar el carbón activado y los elementos del equipo de filtración a los docentes.

El cloro libre (para muestras de agua de red) puede afectar la respuesta del indicador y se debe remover agregando una pequeña cantidad (una gota suele ser suficiente) de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1 M.

Procedimiento:

Se colocan 25,00 mL de muestra pretratada en un erlenmeyer de 125 mL, cuidando de descargar el volumen colocando la punta de la pipeta lo más cercana posible al fondo del matraz. Se agregan 3 gotas de solución del indicador azul de bromofenol y se titula con solución estándar de HCl 0,01 N hasta viraje al verde. Se anota el volumen total gastado desde bureta en la tabla. Se repite el procedimiento sobre una nueva alícuota de muestra (duplicado).

	Vol. de cada titulación	Vol. promedio
1er Titulación		
Duplicado		

Te recomendamos adicionar el titulante en pequeñas porciones y agitar el matraz vigorosamente durante el procedimiento. Cuando el punto final está próximo, se observará un cambio momentáneo de color en la porción de la muestra donde cae la gota. A partir de ese momento, seguir la titulación gota a gota.

Recordá titular sobre un fondo blanco (hoja de papel) para lograr una mejor percepción del cambio de color.

Para elaborar y contestar en el cuaderno de laboratorio:

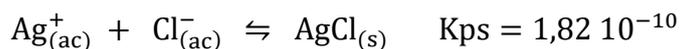
- A partir de la ecuación de titulación balanceada, realiza los cálculos pertinentes para averiguar la alcalinidad de la muestra de agua en mg/L de  $\text{CaCO}_3$ .
- Ahora que sabes que existen ecuaciones no completas o reversibles, ¿cómo interpretas el concepto de rendimiento de una reacción? ¿se aplica el concepto de rendimiento a la reacción global de la titulación? ¿por qué?

**C) Cuantificación de iones cloruro presentes en el agua. Método argentométrico o de Mohr.**

$\text{K}_2\text{CrO}_4$ Pictograma de riesgo	
$\text{NaOH}$ Pictograma de riesgo	
$\text{H}_2\text{SO}_4$ Pictograma de riesgo	
$\text{Al}(\text{OH})_3$ Pictograma de riesgo	
$\text{AgNO}_3$ Pictograma de riesgo	

En una solución neutra o ligeramente alcalina, el cromato de potasio puede utilizarse como indicador del punto final en la titulación de cloruros con nitrato de plata. El cloruro de plata precipita cuantitativamente antes que se forme el precipitado rojo ladrillo de cromato de plata.

La reacción de titulación es:



ppdo. blanco

La reacción que permite visualizar el punto final (indicadora) es:



ppdo. rojo ladrillo

Tratamiento de la muestra:

Cada titulación requiere una alícuota de muestra de 100 mL o una porción adecuada diluida a 100 mL en matraz. Tener en cuenta que se titulará la muestra por duplicado, por lo que necesitarás dos alícuotas.

Si la muestra es muy coloreada, se agregan 3,0 mL de una suspensión de  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , se homogeneiza y se deja decantar para luego filtrar.

Una vez preparada la muestra, se verifica que el pH se encuentra entre 7 y 10. De no estarlo, se ajusta con agregado de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  o  $\text{NaOH}$ . A tal fin, se puede utilizar el punto final de la fenolftaleína (pH 8,3).

Procedimiento:

Confirmado el pH adecuado de la muestra, se agrega 1,0 mL de indicador  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ . Se titula con la solución de nitrato de plata hasta alcanzar el punto final amarillo rosado. En el laboratorio contaremos con un punto final logrado que sirva de ejemplo visual.

Registrar el procedimiento realizado y el volumen total gastado en la siguiente tabla:

	¿Se diluyó la muestra?	¿Agregó $\text{Al}(\text{OH})_3$ ?	¿Se ajustó el pH?	Volumen de titulación	Volumen promedio
1er Titulación					
Duplicado					

Repetir el procedimiento sobre una nueva alícuota de muestra (duplicado).

Para elaborar y contestar en el cuaderno de laboratorio:

- ¿Cómo realizaste el ajuste de pH de la muestra antes de la titulación? Describe las reacciones que tuvieron lugar y detalla los equilibrios presentes en el erlenmeyer con la muestra, incluyendo el de la fenolftaleína.
- ¿Por qué crees que la precipitación del cromato de plata (rojo ladrillo) no interfiere con la precipitación cuantitativa del nitrato de plata (blanco)? De no ser así, ¿podría utilizarse la reacción del  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  como indicadora de la reacción? Te recomendamos investigar en la sección 15.3 de *Brown, T. L., LeMay, H. E., y Burdge, J. R. (2004). Química la ciencia central.*
- A partir de la reacción de titulación, realiza los cálculos necesarios para determinar la concentración de iones  $\text{Cl}^-$  en la muestra inicial.

## ETAPA EXPERIMENTAL 5. GUÍA OPERATIVA.

### **Análisis e interpretación de los resultados**

#### **Escritura del informe para los vecinos**

Cálculos de valores promedio, desviación promedio y error. Uso de planilla Microsoft Excel. Uso del software libre Infostat.

Bienvenido a la Etapa 5 del trabajo práctico. Hemos finalizado el análisis fisicoquímico experimental de la muestra y llegó el momento de volcar los datos obtenidos en un informe de laboratorio. El informe de laboratorio consiste en un texto con varios apartados, que deben redactarse de forma concisa y clara.

Un primer apartado se constituye en un breve relato de las actividades experimentales realizadas, de modo que los vecinos que lo recibirán puedan comprender qué se midió en la muestra, por qué se midió y en qué se ve afectada la calidad del agua que consumen por los analitos evaluados.

A continuación, un apartado donde consten los resultados experimentales, que aprenderemos a analizar y procesar haciendo uso de herramientas informáticas. Aquí utilizarás las anotaciones llevadas a cabo en tu Cuaderno de Laboratorio durante los 4 encuentros anteriores.

Finalmente, la interpretación de los resultados, donde deberemos explicar un poco utilizando la Ley 11.820 y el Código Alimentario Nacional, para dar cuenta a los vecinos de si el agua analizada es apta para el consumo humano, para el riego de cultivos u otras actividades de su interés. Si no lo fuera, podremos proponer posibles soluciones al problema también en este apartado.

#### PROPÓSITOS DE ESTA ETAPA

- Procesar datos experimentales y obtener un resultado apropiado para ser informado a los vecinos.
- Expresar una medida de un analito con las cifras significativas y unidades adecuadas.
- Acercarse a las herramientas informáticas de análisis de datos cuantitativos.
- Graficar los resultados analizados, comprendiendo por qué se elige un tipo de gráfico y no otro.

- Interpretar los resultados experimentales en el marco de la legislación vigente y ser capaces de definir si una muestra de agua es o no apta para ser consumida por personas.
- Redactar de forma clara un informe de Resultados de Laboratorio dirigido a los vecinos que solicitaron el análisis de agua.

## OBJETIVOS DE ESTA ETAPA

Después de realizar esta actividad podrás:

- Calcular el valor aceptado y la precisión asociada a la medida a partir de los datos experimentales.
- Expresar correctamente las medidas experimentales realizadas en un informe.
- Utilizar planillas de Microsoft Excel para organizar y procesar los datos experimentales.
- Utilizar el software libre Infostat para graficar resultados e informarlos de modo sencillo y claro.
- Comparar los resultados experimentales obtenidos con los rangos permitidos por la legislación vigente e interpretar si la muestra de agua es apta o no para el consumo humano.
- Redactar un informe de resultados dirigido a los vecinos, de fácil comprensión para alguien que no cuenta con los conocimientos de Química que hemos estudiado en las clases de laboratorio pueda comprenderlo.

## ACTIVIDAD PRE-LABORATORIO DE INFORMÁTICA

PARA LEER Y ESTUDIAR ANTES DE VENIR A LA CLASE:

En el trabajo diario científico se reconocen dos tipos de números: los números exactos (cuyos valores se conocen con exactitud, como las 12 unidades que hay en una docena) y los números inexactos (cuyos valores tienen cierta incertidumbre). En general, una magnitud que puede adoptar cualquier valor dentro de un continuo, tendrá cierta incertidumbre asociada a su medida.

**Aquellos números que se obtienen realizando una medida siempre son inexactos.** Su incertidumbre subyace en las limitaciones propias del equipo/herramienta de mensura y en las diferencias en el modo en que diferentes

personas realizan una misma medida, lo que se conoce como error del operador. Así, para una magnitud que varía de forma continua, no existen valores exactos, sino **valores aceptados**, que se obtienen realizando un gran número de determinaciones y eliminando, en lo posible, los errores asociados a la medida. Asociados a la incertidumbre de una medida surgen los conceptos de precisión y exactitud. La **exactitud** se refiere a qué tanto las mediciones individuales se acercan al valor correcto o “valor verdadero”. En el laboratorio, es común efectuar varios “ensayos” del mismo experimento. Adquirimos confianza en la exactitud de nuestras mediciones si obtenemos prácticamente el mismo valor en cada ocasión. La exactitud de una medida se expresa a través del llamado error absoluto:

$$\text{Error absoluto} = |\text{valor aceptado o real} - \text{valor experimental promedio}|$$

La **precisión** es una medida de la concordancia de mediciones individuales entre sí, habla de la reproducibilidad de un procedimiento de mensura. Calcularemos la precisión como la desviación promedio de una serie de medidas realizadas sobre una misma magnitud. La desviación promedio se obtiene realizando el promedio de las desviaciones individuales, las cuales se calculan como la diferencia en valor absoluto entre una medida individual y el promedio de las medidas efectuadas. Este valor se expresa con una única cifra significativa.

$$\text{Desviación individual} = |\text{Medida} - \text{Promedio medidas}| = |X_1 - \bar{X}|$$

Es interesante observar que **puede haber precisión en la medida sin que exista exactitud**. Por ejemplo, si una balanza muy sensible está mal calibrada, las masas medidas serán consistentemente demasiado altas o demasiado bajas. Serán inexactas, aunque sean precisas.

Nos detendremos en este punto para distinguir entre dos tipos de errores en la medida. La balanza mal calibrada es un ejemplo de **error sistemático**, que es aquél se comete siempre en el mismo sentido (por ejemplo, la balanza A realiza medidas consistentemente más altas que el valor de masa real) y que, al detectarse, puede reducirse o eliminarse. El **error aleatorio** puede producirse en ambos sentidos (por exceso o por defecto), es difícil de detectar y no puede eliminarse. Suele asociarse al error del operador.

Imaginemos que pesamos una moneda en una balanza capaz de medir hasta 0,0001 g. Podríamos informar que la masa es  $4,8706 \pm 0,0001$  g. La notación (léase “más/menos”) expresa la incertidumbre de una medición. **Las cantidades medidas generalmente se informan de tal manera que sólo el último dígito es incierto.**

Todos los dígitos de una cantidad medida, incluido el incierto, se denominan **cifras significativas**. Una masa medida que se informa como 3,2 g tiene dos cifras significativas, mientras que una que se informa como 4,8706 g tiene cinco cifras significativas. Cuanto mayor es el número de cifras significativas, mayor es la certidumbre de la medición.

Cuando los resultados de una o más medidas se utilizan para calcular otra cantidad (como, por ejemplo, cuando se miden la masa y el volumen de un cuerpo para calcular su densidad), los errores de cada medida causan un error en la cantidad calculada. Si se conoce el error de cada una de las medidas usadas en el cálculo, puede estimarse el error en la cantidad calculada haciendo uso de las siguientes reglas:

**Suma y resta:** El resultado de la operación tiene el mismo número de decimales que la cantidad medida con el menor número de decimales.

**Multiplicación y división:** El resultado de la operación debe contener el mismo número de cifras significativas que posea la cantidad medida con menos cifras significativas.

Para ampliar tus conocimientos en cuanto a cifras significativas y traslado de error en las medidas, te recomendamos leer la sección 1.5 de Brown, T. L., LeMay, H. E., y Burdge, J. R. (2004). *Química la ciencia central*. México: Pearson educación.

## ACTIVIDADES EN LA SALA DE INFORMÁTICA

**A) Densidad de la muestra de agua. Cálculo de valor aceptado (promedio) y precisión (desviación promedio).**

Vamos a informar la densidad de la muestra como un promedio de los datos recabados por todos los grupos.

- 1) Comenzamos por construir una tabla con las siguientes columnas: Grupo, Masa, Volumen, Densidad. Se socializan en el pizarrón los valores de las tres primeras columnas, que son experimentales.
- 2) Se calculan los valores de la columna Densidad para cada fila. Si no recordás como hacerlo, podés revisar tus notas del Cuaderno de Laboratorio para la Etapa 1 del trabajo práctico.
- 3) Para obtener el valor promedio, se suman los valores de la columna Densidad y se divide por la cantidad de valores sumados (o la cantidad de Grupos, ya que cada grupo de TP realizó una medida). Este valor es el que adoptaremos como valor aceptado de la medida.
- 4) Se agrega a la tabla una nueva columna denominada Densidad Promedio, donde se consigna este dato (el promedio será el mismo para todas las filas).
- 5) En una nueva columna denominada Desviación Individual, se consigna el módulo de la diferencia entre cada valor de densidad y el valor de densidad promedio:

$$\text{Desviación Individual} = |\text{Densidad} - \text{Densidad Promedio}|$$

- 6) Por último, se agrega una columna denominada Desviación Promedio, donde consignaremos el promedio de las desviaciones individuales calculadas ¿cómo calcularías este promedio? Una vez calculado su valor, recordá que la desviación promedio se consigna con una única cifra significativa.
- 7) Al finalizar el procesamiento de los datos se informa la densidad de la muestra de agua como:

$$\text{Valor aceptado de densidad} \pm \text{Desviación promedio}$$

El valor aceptado de densidad deberá informarse con tantos decimales como decimales tenga la desviación promedio.

Ahora que comprendemos el significado de cada cálculo realizado, vamos a realizarlos en Microsoft Excel siguiendo el protocolo llamado Anexo I.

## **B) Cloro libre cuantificado en la muestra a través de la titulación yodométrica.**

Recordemos que la titulación yodométrica es una titulación indirecta, es decir, no se titula el analito en sí, sino que se titula el producto generado a partir de una reacción cuantitativa conocida del analito con un reactivo que agregamos. Procesaremos los datos utilizando el software Excel siguiendo el protocolo detallado en el Anexo II.

## **C) Alcalinidad del agua informada como mg/L de CaCO<sub>3</sub>.**

Recordemos que la alcalinidad de la muestra de agua se determinó por titulación directa con una solución estándar de ácido fuerte. El parámetro alcalinidad debe informarse como [mg/L] de CaCO<sub>3</sub> presentes en la muestra, para lo cual procesaremos los datos en el software Excel de forma análoga a como lo hicimos con los datos de determinación de cloro libre:

- 1) Abrimos una nueva hoja en el archivo Excel y cambiamos su nombre a "Alcalinidad".
- 2) Construimos una tabla con las siguientes columnas: Grupo, Volumen de titulante consumido [L], Concentración de titulante [N], H<sup>+</sup> consumidos [eq], CaCO<sub>3</sub> [eq], Volumen titulado [L], [CaCO<sub>3</sub>] [eq/L], [CaCO<sub>3</sub>] [mg/L], [CaCO<sub>3</sub>] promedio, [CaCO<sub>3</sub>] desviación promedio.
- 3) Los datos de Grupo, Volumen de titulante consumido [L], Concentración de titulante [N] y Volumen titulado [L] son experimentales y los socializamos en el pizarrón. Podrás recuperarlos de los datos consignados en tu Cuaderno de Laboratorio durante la Etapa 4 del Trabajo práctico. Recordá que cada grupo debe consignar dos valores de titulante consumido (1° titulación y duplicado).
- 4) Procesamos los datos de forma análoga a como lo hicimos con los datos de la determinación de Cl<sub>2</sub>. Considera que la ecuación de titulación es una neutralización, por lo que los equivalentes utilizados son ácido-base.

Recorda realizar el ajuste de decimales por columna cuando sea necesario.

- 5) Informamos la alcalinidad del agua como:

$[\text{CaCO}_3]$  promedio [mg/L]  $\pm$  desviación promedio [mg/L],  
redondeando los decimales de la  $[\text{CaCO}_3]$  promedio de acuerdo a los  
decimales de la precisión calculada.

**D) Concentración de iones cloruro cuantificada por el método argentométrico o de Mohr.**

El  $\text{Cl}^-$  presente en la muestra de agua se tituló con nitrato de plata, utilizando cromato de potasio como indicador del punto final. El cloruro de plata precipita cuantitativamente antes que se forme el precipitado rojo ladrillo de cromato de plata.

De acuerdo al tratamiento de datos previo, diseña un camino análogo para procesar los datos de cuantificación del ión cloruro.

Para ello, te proponemos releer el Anexo II y el inciso C de esta Guía de Trabajo y extraer un protocolo de aplicación general.

Redacta un breve texto (máximo dos párrafos) que describa el protocolo de aplicación general en tu Cuaderno de Laboratorio.

Luego, aplica tu protocolo de tratamiento de datos de forma específica a los datos de la titulación de Mohr para informar:

$[\text{Cl}^-]$  promedio [mg/L]  $\pm$   $[\text{Cl}^-]$  desviación promedio [mg/L],  
con los decimales adecuados.

**E) Gráfico comparativo para presentar los resultados.**

Resulta interesante incluir en el informe para los vecinos un gráfico que muestre de forma clara los resultados y que sea de lectura más directa y sencilla que los datos numéricos.

Utilizaremos para ello el software libre Infostat, creado por argentinos. Puede descargarse a través del link <https://www.infostat.com.ar/index.php?mod=page&id=37>

Ya que nuestro objetivo es estimar si la muestra de agua proporcionada por los vecinos es apta para su consumo, debemos comparar los valores que determinamos experimentalmente con los valores estipulados como máximos por la legislación vigente.

Para realizar la comparación sencilla a golpe de vista es conveniente utilizar un gráfico de barras que tenga ambos datos, los experimentales correspondientes a  $[Cl^-]$  y  $[CaCO_3]$  de la muestra y los que estipula la legislación. Seguiremos el protocolo detallado en el Anexo III para obtener el gráfico.

## **F) Redacción del informe de laboratorio.**

Deberás entregar un informe redactado individualmente, que incluya los siguientes apartados:

- Título.
- Lugar, fecha y nombre de quien informa.
- Una breve descripción de las actividades realizadas durante el trabajo práctico, de modo que los vecinos que lo recibirán puedan comprender qué se midió en la muestra, por qué se midió y en qué se ve afectada la calidad del agua que consumen por los analitos evaluados.
- Una descripción de las características de la muestra de agua recibida y de las condiciones en las que se recibió. Para ello podrás utilizar las notas que tomaste en tu Cuaderno de Laboratorio durante la Etapa 1 del análisis.
- Los datos experimentales procesados y correctamente expresados.
- Un gráfico de barras y una breve interpretación de los datos dirigida a los vecinos, donde se comparen los datos correspondientes a la muestra con los valores máximos permitidos por la legislación vigente.
- Una conclusión que exprese claramente si el agua analizada es o no apta para consumo humano. Si no lo fuera, podrás investigar qué posibles soluciones a ese problema se pueden conversar con los vecinos.
- Referencias. Por ejemplo, la fuente o bibliografía donde investigaste cuáles son los valores máximos permitidos para cada analito.

Este informe técnico será conversado con los vecinos quienes solicitaron el análisis del agua. Los extensionistas del Taller de Aguas nos contarán sus experiencias de devolución de resultados en el territorio para que nos ayuden a

pensar que cuestiones tendremos que tener en cuenta para escribir el informe y presentarlo a los vecinos.

### ANEXO I – Protocolo para cálculo de la densidad

- 1) Abrir una nueva hoja de cálculo en el software Excel.
- 2) Click derecho sobre la solapa de la hoja de cálculo denominada “Hoja 1” y seleccionamos la opción “Cambiar nombre”. Cambiamos el nombre a “Densidad”.



- 3) En la fila 1, se consignan las columnas: Grupo, Masa [g], Volumen [L], Densidad [g/L], Densidad Promedio [g/L], Desviación individual ¿qué unidades tiene?, Desviación Promedio ¿unidades?
- 4) Completamos las primeras tres columnas con los datos experimentales del pizarrón. Para garantizar que el software coloque las cifras adecuadas en las celdas, se deben seleccionar todas las columnas, hacer click izquierdo y seleccionar la opción “Estilo millares” (“000”):



Luego, se selecciona solo la columna Masa, hacer click izquierdo y utilizar el botón “Aumentar decimales” para expresar los datos con 4 decimales (¿por qué?). A continuación, se selecciona la columna Volumen y se utiliza el botón “Disminuir decimales” para ajustar, ¿con cuántos decimales expresamos el Volumen? ¿por qué?

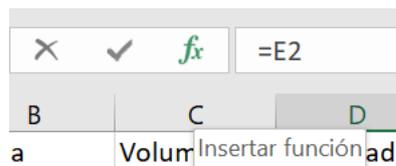


- 5) Para realizar el cálculo de Densidad, ubicamos el cursor en la celda D2 (columna D, fila 2) y escribimos lo siguiente:

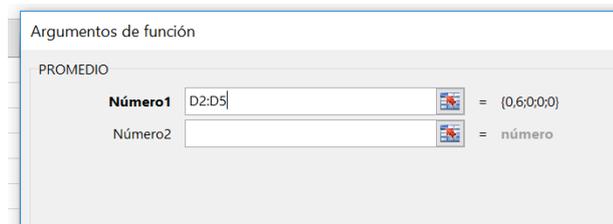
=B2/C2

De la misma forma, se efectúa el cálculo para cada fila: en la celda D3, =B3/C3; celda D4, =B4/C4; etc.

- 6) Para calcular la Densidad Promedio, nos ubicamos en la celda E2 y nos dirigimos al botón  $fx$ , “Insertar función”, en el borde superior izquierdo de la hoja:



- 7) Se abrirá una nueva ventana, allí seleccionamos la función PROMEDIO → Aceptar.
- 8) En la ventana que aparece a continuación se debe definir entre qué valores realizar un promedio. Con el mouse se selecciona las celdas que se quieren incluir, que serán todos los valores de Densidad calculados (columna D). Aceptar.

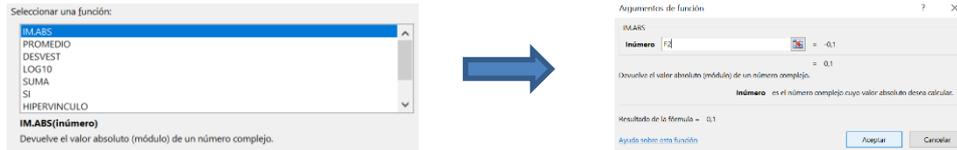


El valor de Densidad Promedio será el mismo para todas las filas.

- 9) Para calcular la Desviación Individual, nos ubicamos en la celda F2 y escribimos:

=D2 - E2

Recordemos que la desviación es el módulo de la diferencia, por lo que en la columna G, que re-nombramos como “Módulo”, debemos operar para obtener los valores correctos. Nos ubicamos en G2, hacemos click en el botón  $fx$  seleccionamos IM.ABS → Aceptar.



10) Por último, nos ubicamos sobre H2 (la columna H se denomina ahora “Desviación Promedio”) y operamos como en los ítems 6, 7 y 8 para obtener el promedio de las desviaciones individuales, que será la precisión.

11) Expresamos el resultado del procesamiento de los datos como:

Valor promedio de densidad  $\pm$  Desviación promedio

Y contrastamos con el resultado obtenido de forma manual ¿existen diferencias? Si las hay, ¿a qué podrías atribuir las?

## ANEXO II Protocolo para cálculo del cloro libre en la muestra

- 1) Abrimos la “Hoja 2” de la planilla y cambiamos su nombre a “Cloro libre”.
- 2) Organizamos una tabla con las siguientes columnas: Grupo, Volumen de titulante gastado [L], Concentración del titulante [N],  $S_2O_3^{2-}$  [eq],  $I_2=Cl_2$  [eq], Volumen titulado [L],  $[Cl_2]$  [eq/L],  $[Cl_2]$  [g/L],  $[Cl_2]$  promedio ¿qué unidades tendrá?,  $[Cl_2]$  desviación promedio ¿unidades?
- 3) Los datos de Grupo, Volumen de titulante gastado [L], Concentración del titulante [N] y Volumen titulado [L] son experimentales y los socializaremos en el pizarrón. Podrás recuperarlos de los datos consignados en tu Cuaderno de Laboratorio durante la Etapa 3 del Trabajo práctico. Recordá que cada grupo realizó la titulación por duplicado, por lo que cada grupo consignará dos valores de Volumen de titulante gastado.
- 4) Para garantizar que el software coloque las cifras adecuadas en las celdas, debemos seleccionar las columnas que queremos modificar, hacer click izquierdo y seleccionar el botón “Estilo millares” (“000”). Luego, ajustar las cifras adecuadas con “Aumentar decimales” o “Disminuir decimales”, según corresponda.

- 5) Para calcular la cantidad de “Equivalentes consumidos”, nos ubicamos en la celda D2 y escribimos:  $=B2*C2$

ya que Concentración [eq/L]\*Volumen [L] = N° equivalentes. Repetimos esta operación en cada fila y ajustamos los decimales para que el resultado tenga las cifras significativas adecuadas.

- 6) Para completar la columna “I<sub>2</sub>=Cl<sub>2</sub> [eq]”, ¿cómo debemos operar?
- 7) Para completar la columna G, “[Cl<sub>2</sub>] [eq/L]”, nos ubicamos en la celda G2 y escribimos:  $=E2/F2$

Reiteramos esta operación para cada fila y ajustamos el número de decimales de acuerdo a las cifras significativas que corresponden.

- 8) Para completar la columna H, “[Cl<sub>2</sub>] [g/L]”, se debe operar para obtener la concentración en [g/L] a partir de los [eq/L] ¿cómo lo harías? ¿qué datos requerís para ello?
- 9) Para completar la columna I, “[Cl<sub>2</sub>] promedio”, nos paramos en la celda I2 y utilizamos la función PROMEDIO aplicada a los datos de la columna H, como hicimos previamente al procesar los datos de Densidad. Este será el valor de [Cl<sub>2</sub>] [g/L] aceptado, que informaremos.
- 10) Para calcular la desviación promedio, esta vez utilizaremos la función del software, lo cual es análogo a realizar el cálculo de desviación individual y desviación promedio.

Sobre la celda J2, click en el botón “Insertar función”  y seleccionamos la función DESVEST → Aceptar.

En la segunda ventana, seleccionamos los datos de la columna H → Aceptar. Recordá ajustar los decimales, ya que la desviación promedio se expresa con una cifra significativa, por definición.

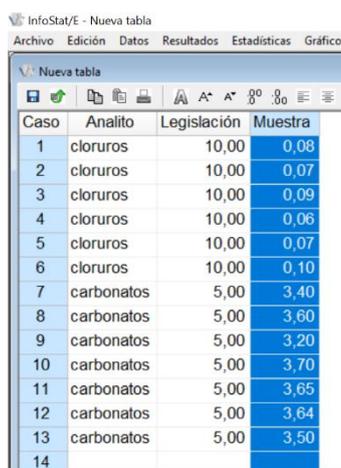
Obtenemos así el valor de desviación promedio con el que informamos:

Valor aceptado [Cl<sub>2</sub>] [g/L] ± Desviación promedio [g/L]

La cantidad de decimales del valor aceptado serán las mismas que los decimales que tenga la desviación promedio.

### ANEXO III Protocolo para construir un gráfico de barras

- 1) Abrir el software Infostat, hacer click en Archivo → Nueva Tabla. Se abrirá una nueva ventana.
- 2) Construimos una tabla con las siguientes columnas: Caso, Analito, Legislación, Muestra. Para ello, hacemos click izquierdo sobre una columna, seleccionamos la opción “Cambiar etiqueta” y se abrirá una ventana donde escribimos el nombre correspondiente.
- 3) A partir de cada conjunto de datos experimentales generados en el archivo Excel, vamos a copiar la columna correspondiente a las concentraciones de cada analito (columna H) y a pegarlas en Infostat, haciendo click izquierdo en la celda de la columna “Muestra” y seleccionando la opción “Pegar”.
- 4) Completamos la columna “Analito” colocando la leyenda “Cloruros” o “Carbonatos”, según corresponda. En la columna “Legislación”, vas a completar todas las filas con el mismo valor, que es el máximo permitido para cada analito. Por ejemplo, para  $\text{CaCO}_3$  el máximo óptimo es 100 mg/L y el máximo aceptable 500 mg/L.
- 5) Se completa la tabla con los datos experimentales, unos debajo de los otros, de esta forma:



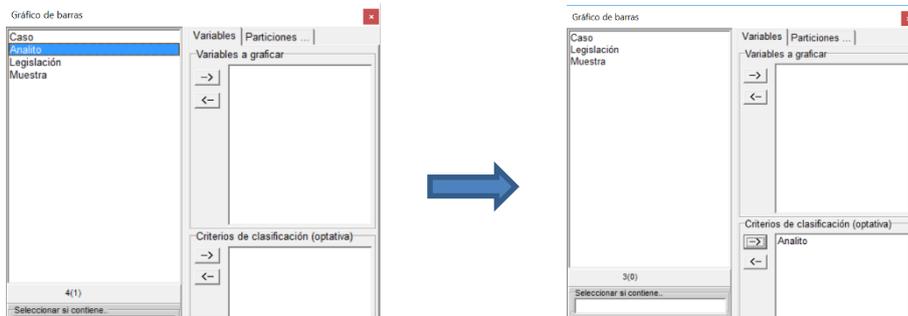
Caso	Analito	Legislación	Muestra
1	cloruros	10,00	0,08
2	cloruros	10,00	0,07
3	cloruros	10,00	0,09
4	cloruros	10,00	0,06
5	cloruros	10,00	0,07
6	cloruros	10,00	0,10
7	carbonatos	5,00	3,40
8	carbonatos	5,00	3,60
9	carbonatos	5,00	3,20
10	carbonatos	5,00	3,70
11	carbonatos	5,00	3,65
12	carbonatos	5,00	3,64
13	carbonatos	5,00	3,50
14			

- 6) Luego vamos a seleccionar las columnas Legislación y Muestra y a abrir la solapa Datos. De la lista desplegada, seleccionamos Tipo de Dato → Real. De esta forma le informamos al software que debe considerar a estos datos como números y no como categorías.

Seguidamente, seleccionamos cada columna y ajustamos la cantidad de decimales con los botones que aparecen arriba a la derecha (muy similares a los que utilizamos con el software Excel).

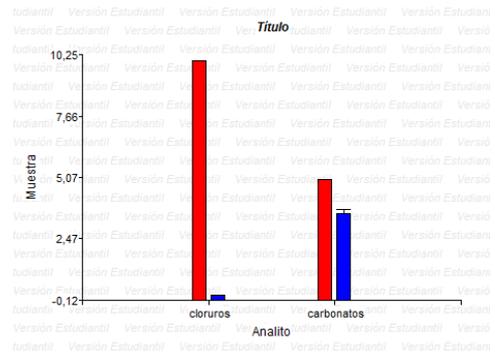
Caso	Analito	Legislación	Disminuir el número de decimales
1	cloruros	10,00	0,08
2	cloruros	10,00	0,07
3	cloruros	10,00	0,09
4	cloruros	10,00	0,06
5	cloruros	10,00	0,07
6	cloruros	10,00	0,10
7	carbonatos	5,00	3,40
8	carbonatos	5,00	3,60
9	carbonatos	5,00	3,20
10	carbonatos	5,00	3,70
11	carbonatos	5,00	3,65
12	carbonatos	5,00	3,64
13	carbonatos	5,00	3,50
14			

- 7) Una vez armada la tabla, podemos graficar. Para ello, hacemos click en la solapa “Gráficos”, seleccionamos “Gráfico de barras” de la lista desplegada y se abrirá una ventana.
- 8) Hacemos click en “Analito” y click en la flecha al lado de la ventana “Criterios de clasificación”, para que la columna “Analito” quede incluida allí:



- 9) Del mismo modo, seleccionamos “Legislación” y “Muestra” y las incluimos en “Variables a graficar” mediante un click en la flecha que se encuentra junto a esa ventana → Aceptar.
- 10) Se abrirá una nueva ventana en la que el software ofrece opciones para graficar. Seleccionamos “desviación estándar” → Aceptar.
- 11) Obtendremos un gráfico como el que se muestra a continuación, sobre el que podemos modificar título, denominación de ejes y la escala de los ejes, de ser necesario.

Podemos exportarlo como imagen, utilizando la opción que se despliega al hacer click izquierdo sobre el gráfico.



## Guías CEAEQ para los docentes. Bienvenida.

Bienvenidos al CEAEQ. Iniciamos esta serie de guías docentes con lo que creemos es indispensable para definir una coherencia de equipo docente respecto de los propósitos formativos que nos hemos planteado, nuestro posicionamiento político-pedagógico. Pretendemos con esto asentar un somero posicionamiento común a los docentes del CEAEQ, que de ninguna forma es acabado, sino que se pone a disposición para su reflexión y continua reelaboración.

En principio, hemos planteado un curso que se inscribe en una orientación pedagógica constructivista, término que puede interpretarse como “el carácter ineludible de la construcción activa de los saberes del aprendiz” (Perrenoud, 2003, p. 8, en Vellas, 2010, p. 84)<sup>4</sup>. Del lado del aprendizaje, esta orientación considera a quienes aprenden como pensadores. Los estudiantes realizan sucesivas aproximaciones al mundo, construyendo modelos mentales de él. Lo hacen en la interacción con otros, mediante el diálogo. Cuando se ve a los aprendices como pensadores o como “científicos”, se supone que elaboran modelos en términos de los cuáles construyen su experiencia” (Feldman, 2010, p. 22)<sup>5</sup>.

Del lado de la enseñanza, la perspectiva constructivista implica que la enseñanza no es explicación del aprendizaje; aunque pueda ser una condición necesaria, no es una condición suficiente. El estudiante aprende porque “es capaz de hacer, él mismo, algo con el material proporcionado por la enseñanza” (Feldman, 2010, p.25). La enseñanza opera como “factor mediador” del proceso de aprendizaje. Como equipo docente, comprendemos que nuestra responsabilidad es la de hacer todo lo posible para facilitar/habilitar el aprendizaje. Por un lado, fortaleciendo a los estudiantes en perfiles autónomos y propositivos, capaces de autoevaluarse y de comprometerse con su aprendizaje. Por el otro, manteniendo nuestros esquemas abiertos y una actitud receptiva frente a la posibilidad de realizar cambios y ajustes en la propuesta metodológica.

---

<sup>4</sup> Vellas, E. (2010). Teorías constructivistas y organización del trabajo escolar. Gather Thurler M. y Maulini O. (Coord.) *La organización del trabajo escolar. Una oportunidad para repensar la escuela*. P. 67-86. España: Imprimeix.

<sup>5</sup> Feldman, D. (2010). *Didáctica general*, 1ra Ed. Buenos Aires: Ministerio de Educación de la Nación.

Como equipo docente del CEAEQ, entendemos que una persona educada es aquella capaz de fijarse sus propios propósitos y buscar los contenidos que le resulten significativos. En este sentido, se pretende crear un ambiente que permita un proceso autónomo de toma de decisiones por parte de los estudiantes y el desarrollo de las propias potencialidades. “Este ambiente debe promover lo que Carl Rogers denominaba aprendizaje significativo. Este sucede cuando la tarea que se realiza es importante para quien la hace y lo involucra en todas sus dimensiones personales” (Feldman, 2010, p. 28). Desde el contexto que trae la Extensión al aula, a través de las actividades del Taller de Aguas, estimamos que se logrará involucrar a los estudiantes en el aprendizaje de los contenidos disciplinares de Química y comprometerlos con su propio aprendizaje.

Así, la Extensión universitaria se presenta como la oportunidad y el dispositivo a través del cual lograr la motivación y el aprendizaje significativo de la Química. No se trata de que esta propuesta metodológica sustituya la clase tradicional, sino de que estos espacios se complementen, siendo la extensión la que aporta el marco contextual que viabiliza el aprendizaje de la disciplina discutida en el aula.

### **Momento 1**

Mensaje de bienvenida.

Damos a conocer a los estudiantes la forma en que se estructura el trabajo práctico (4 encuentros/etapas del análisis al final de las cuales habremos caracterizado la muestra de agua), cómo trabajaremos en cada encuentro y presentamos a los compañeros del Taller de Aguas, que serán también docentes de los encuentros a los que asistan.

Explicitamos la intención de que los estudiantes sean autónomos en el laboratorio. Para ello deben escuchar atentamente la explicación inicial y luego utilizar la guía operativa para llevar adelante el práctico. Debe quedar claro que los docentes atenderemos dudas y necesidades puntuales, mientras que los estudiantes serán quienes conduzcan la actividad, se auto-asignen los diferentes roles dentro de su grupo de trabajo (el que lee el termómetro, el que cronometra, el que pesa, el que registra los valores determinados, etc.) y registren todo lo que sucede durante la experimentación.

Durante toda la actividad estaremos observando cómo los estudiantes se desenvuelven, prestando especial atención a lo actitudinal, y tomaremos un momento de la clase para reunirnos y compartir entre los docentes y extensionistas estas observaciones, a fin de hacer una breve devolución a los estudiantes al cerrar el trabajo práctico.

---

### **Momento 2**

Los extensionistas del Taller de Aguas se presentan y nos cuentan de las actividades del taller y de cómo trabajan en el territorio y en el laboratorio de extensión.

Debe quedar explicitado el concepto de Extensión Universitaria, que es uno de los pilares de la Universidad Pública, que existen Programas y Proyectos de extensión en la Facultad de los cuales pueden participar en cualquier momento de la carrera y de los cuales pueden obtener información en la Secretaría de Extensión. Les entregamos la cartilla de proyectos de la Secretaría.

También se los invita a participar del Taller de Aguas y les entregamos el material (volante, tríptico) que traigan los chicos del taller.

---

### Momento 3

Inicio de la actividad práctica. Los docentes y extensionistas nos distribuimos por el aula laboratorio de forma de estar accesibles para cualquier consulta, sin instalarnos en un grupo en particular. Con esta distribución buscamos favorecer la actitud autónoma de los estudiantes. Con el mismo objetivo, frente a consultas del tipo “¿qué hacemos ahora?” o “¿cómo seguimos?”, los docentes debemos recomendar la lectura de la guía operativa.

En la actividad **A) Observación directa de la muestra**, pueden necesitar de libros para responder a las preguntas que se les plantea. En la cátedra contamos con varias copias del Brown, T. L., LeMay, H. E., y Burdge, J. R. (2004). Química la ciencia central, que podemos facilitarles.

En la actividad **B) Separación de sistemas heterogéneos. Filtración**, pueden requerir la ayuda de los docentes para armar el equipo. En lo posible, intervenir con explicaciones de cómo organizar cada pieza, pero dejar que los estudiantes sean quienes lo armen.

En la actividad **C) Estudio de propiedades de la muestra. Densidad de sistemas líquidos**, los estudiantes van a utilizar la balanza digital. En este momento el docente debería intervenir con una breve explicación y ejemplificación del correcto modo de uso de este instrumento, para luego dejar que los estudiantes operen.

Del mismo modo, será necesario explicitar cómo se enrasa en la probeta (y generalizar el enrase de líquidos que mojan la pared – agua- y líquidos que no mojan la pared –mercurio- a todos los instrumentos de mensura graduados y aforados) y el número de cifras con las que se debe informar un volumen medido en probeta.

Entre las preguntas para esta actividad se encuentra la siguiente: **¿Qué tipo de propiedades (extensivas o intensivas) son la masa, el volumen y la densidad? Propone un experimento sencillo para comprobar tu respuesta.** En caso de que no surja de los mismos estudiantes, se les puede estimular a que comprueben experimentalmente su propuesta.

También se encuentra la pregunta: **¿Qué nos dice la densidad de una muestra de agua?**, que pretende vincular esta propiedad intensiva del sistema con la

presencia/ausencia de contaminantes en la muestra de agua; cómo la desviación de una propiedad intensiva (que habla de la identidad de una sustancia) respecto del modelo “agua no contaminada” nos da indicios de que no se trata de una sustancia pura, sino de una mezcla.

En la actividad **D)** vamos a trabajar sobre la observación de que la composición elemental de un compuesto puro siempre es la misma, lo que se conoce como la Ley de las Proporciones Definidas, Ley de la Composición Constante o Ley de Proust, que tradicionalmente se enuncia: “cuando se combinan dos o más elementos para dar un determinado compuesto, siempre lo hacen en una relación constante de masas”, independientemente del proceso a través del cual se obtenga. De esta ley estequiométrica surgen luego los cálculos de producto a partir de cierta cantidad de reactivo y las ideas de exceso y defecto.

Entre las preguntas para esta actividad se encuentran **¿Por qué al agregar más gotas de AgNO<sub>3</sub> se forma mayor cantidad de precipitado? ¿Observaste esto con los sucesivos agregados del reactivo? ¿Qué crees que sucedió?**, con las que esperamos los estudiantes arriben a los conceptos de exceso y defecto.

También se encuentra la pregunta **¿Podrías aproximar con cálculos el contenido de iones cloruro de la muestra?** Como se trata de un cálculo estequiométrico sencillo, estimamos que podrán realizarlo solos. Probablemente surjan dudas acerca de cuál de los tubos es el que deben utilizar para realizar el cálculo. Las intervenciones de los docentes pueden guiarlos para repensar el defecto y el exceso y aplicarlos en este caso particular, para decidir cuál es el tubo adecuado.

En la actividad **E) Estudio de propiedades de la muestra. Calor y variación de la temperatura**, seguramente surjan preguntas acerca de cómo leer el termómetro, su escala y precisión. Los docentes debemos intervenir con una explicación clara y breve antes de que comiencen a tomar las medidas. Sugerir en este momento la distribución de roles entre los miembros del grupo para llevar adelante la actividad, y explicitar que esta forma de trabajo grupal ordenada es la que deben implementar en cada actividad de laboratorio.

---

#### **Momento 4**

Los docentes y extensionistas realizamos un cierre de la actividad, recogiendo observaciones acerca de cómo los estudiantes se manejaron en el laboratorio: se les puede felicitar si fueron ordenados y trabajaron como equipo, se les puede sugerir que modifiquen o mejoren ciertas actitudes, se les puede hacer conocer que se notó que leyeron la actividad pre-laboratorio (o lo contrario) y cómo eso influye en su forma de trabajo al momento de experimentar, etc.

Anunciamos que en la siguiente etapa del análisis del agua prepararemos las soluciones y reactivos que necesitamos para realizar la cuantificación de propiedades (alcalinidad y cloruros) de la muestra.

Anunciamos que el análisis y discusión de los resultados obtenidos en esta primera etapa lo completaremos en día X y horario Y en la sala de PC de la Facultad. Fin.

---

#### **Racconto de conceptos y saberes involucrados en la Etapa 1 de TP**

Es importante como equipo docente consensuar, previo al trabajo experimental, los saberes que esperamos que los estudiantes se lleven de esta clase.

En principio, a partir de esta primera etapa de actividad experimental, pretendemos que los estudiantes vivencien, discutan y sean capaces de explicitar los siguientes conceptos:

Que la materia tiene propiedades que la describen/definen y que estas pueden ser físicas (no involucran transformación de la sustancia material, se conserva su identidad) o químicas (que describen la capacidad de una sustancia material de transformarse en otra).

Que las sustancias (materia) pueden sufrir cambios físicos, en los cuales no hay cambio de la identidad de la sustancia, y/o cambios químicos, en los que existe transformación/reacción química.

Que otra forma de clasificar las propiedades de la materia se vincula a la dependencia con el tamaño del sistema. Las propiedades son intensivas cuando no dependen de la cantidad de materia (ej.: la densidad) o extensivas, cuando sí varían con la cantidad de materia de un sistema (ej.: la masa).

Que cuando una sustancia no es pura, estamos en presencia de una mezcla. Mientras que las sustancias puras tienen composición fija, la composición de una mezcla puede variar, de acuerdo a las cantidades relativas de cada sustancia componente.

Que las mezclas pueden o no tener la misma composición, propiedades y aspecto en todos sus puntos. Se dice que las mezclas son heterogéneas cuando sus propiedades no son uniformes en todo el sistema, mientras que si hay uniformidad se dice que son homogéneas. Las mezclas homogéneas en fase acuosa también se llaman disoluciones.

Además, debe quedar claro cómo operar la balanza analítica para pesar un objeto, incluyendo la tara, y cómo enrasar la probeta para medir volúmenes de líquidos que mojan la pared (agua) y que no mojan la pared (mercurio). Luego, explicitar la expresión correcta de las medidas realizadas. Una medida incluye una parte numérica, con la cantidad de cifras significativas adecuadas al instrumento de mensura, y una unidad de medida, también derivada del instrumento.

Por último, en un encuentro posterior al trabajo práctico de laboratorio, los estudiantes aprenderán a realizar un gráfico bidimensional sencillo en un ordenador. Debe quedar explicitado por qué se realiza ese tipo de gráfico y no otro y a qué conclusiones puede arribarse de la observación de dicho gráfico. Respecto del software utilizado, deben quedar claras operaciones básicas como la carga de los datos experimentales, la obtención del tipo de gráfico elegido y no otro y arreglos de escala sobre los ejes del gráfico.

### **Momento 1**

Se introduce a los estudiantes en las actividades del trabajo práctico, que comprenden centralmente la preparación de las soluciones indicadoras y titulantes para el análisis fisicoquímico cuantitativo de la muestra de agua.

Se reitera la intención de que los estudiantes sean autónomos en el laboratorio y la importancia de registrar todo lo observado en el cuaderno. Además, se repasan las medidas de seguridad a tener en cuenta cuando se utilizan ácidos y bases. Aquí, se puede retomar la lectura de etiquetas de sustancias de riesgo que se trabajó en el práctico “La experimentación en el ámbito del laboratorio: seguridad, instrumentos y recolección de datos”.

Se puede hacer una demostración detallada de la preparación de una solución por dilución y a partir del reactivo sólido, para que los estudiantes observen y puedan luego aplicar lo procedimental en la actividad práctica. Alternativamente, se pueden reproducir los videos del *Manual Digital de Laboratorio* que corresponden a las actividades del día.

Es necesario realizar una muy breve introducción del uso de la bureta, ya que será utilizada como instrumento de descarga en la preparación de la solución indicadora de  $K_2CO_4$ . También, repasar el correcto uso de la pipeta y la propipeta y la operación de enrasado.

Sería interesante discutir de dónde surge y cómo se utiliza la expresión:

$$\text{Moles de soluto antes de diluir} = \text{moles de soluto después de diluir}$$

$$M_{\text{sl. stock}} [\text{mol/L}] \times \text{Volumen}_{\text{sl. stock}} [\text{L}] = M_{\text{sl. diluida}} [\text{mol/L}] \times \text{Volumen}_{\text{sl. diluida}} [\text{L}]$$

en los cálculos de diluciones. Esta información se encuentra en el cuadernillo de los estudiantes en la sección ACTIVIDAD PRE-LABORATORIO que deben traer leída para este día. Se puede proponer un cálculo de una dilución para que cada estudiante resuelva en su cuaderno y luego socializar la resolución en el pizarrón.

Durante toda la actividad estaremos observando cómo los estudiantes se desenvuelven, prestando especial atención a lo actitudinal, y tomaremos un momento de la clase para reunirnos y compartir entre los docentes y

extensionistas estas observaciones, a fin de hacer una breve devolución a los estudiantes al finalizar la actividad.

---

## **Momento 2**

Inicio de la actividad práctica. Los docentes nos distribuimos por el aula laboratorio de forma de estar accesibles para cualquier consulta, sin instalarnos en un grupo en particular. Con esta distribución buscamos favorecer la actitud autónoma de los estudiantes. Con el mismo objetivo, frente a consultas del tipo “¿qué hacemos ahora?” o “¿cómo seguimos?”, los docentes debemos recomendar la lectura de la guía operativa.

En la actividad **A.1) Preparación de soluciones por dilución de soluciones de mayor concentración** el procedimiento se encuentra detallado en la guía operativa.

La preparación de las soluciones indicadora de almidón y titulante  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,01 N que se requerirán para la determinación redox del cloro libre en agua estará a cargo del equipo docente, ya que su inclusión en esta guía operativa prolongaría demasiado la parte experimental sin aportar nuevos conceptos o técnicas, dejando poco tiempo para que los estudiantes elaboren en el cuaderno de laboratorio.

Las soluciones titulantes que preparen los estudiantes serán estandarizadas por los docentes posteriormente al trabajo práctico. Se les explicará a los estudiantes el procedimiento realizado y el sentido de estandarizar en la Etapa 3 del trabajo práctico.

En el caso de la *solución de HCl*, van a necesitar tomar ácido concentrado bajo campana. Un docente podría permanecer cerca de la campana para recordar las medidas de seguridad (uso de guantes y gafas) y el correcto uso de pipeta y propipeta, ya que la situación de manipular el ácido puede poner ansiosos a los estudiantes. Intervenir con indicaciones y comentarios, pero permitir que sean ellos quienes tomen la alícuota.

En el caso de la *solución de  $\text{AgNO}_3$* , los estudiantes deben realizar el cálculo del volumen de solución stock a utilizar. Revisar con ellos los cálculos antes de avanzar en lo experimental.

En la actividad **A.2) Preparación de soluciones a partir del reactivo sólido**, el procedimiento se encuentra detallado en la guía operativa.

Al preparar las *soluciones de fenolftaleína y azul de bromofenol* recordar el uso de guantes, ya que los colorantes manchan la piel y el NaOH produce quemaduras. Para preparar el azul de bromofenol van a requerir balanza analítica; un docente podría permanecer cerca de las balanzas para recordar el uso correcto de este instrumento (la tara, no apoyarse sobre la mesada que sostiene la balanza porque esto modifica la pesada, limpiar con pincel cualquier residuo de colorante que pueda haberse derramado sobre la balanza).

Para preparar la *solución de  $K_2CrO_4$*  van a descargar desde bureta solución de  $AgNO_3$ , quizás se requiera repasar el uso de este instrumento.

En la sección **Para elaborar y contestar en el cuaderno de laboratorio** se indica una pregunta respecto de lo que ocurre cuando se agrega  $AgNO_3$  a la solución inicial de  $K_2CrO_4$ . Aquí debería surgir que hubo formación de un nuevo compuesto a partir de una reacción química, evidente por la observación de un ppdo. rojo que antes no estaba, que no se trata de una simple mezcla, sino que hay cambio químico.

La actividad **B) Mezcla de soluciones y reacción química**, fue incluida para reforzar la idea de que una solución es una mezcla simple, donde no ocurre reacción química, y las identidades de sus componentes se mantienen. También puede introducirse el concepto de concentración a partir del cambio de una propiedad (intensidad de color) en soluciones de distinta concentración de una misma sustancia.

Al agregarse NaOH se observa formación de precipitado de  $Fe(OH)_3$ , el cual se vincula a la aparición de una nueva especie; hay cambio químico, reacción entre el  $FeCl_3$  y la base.

---

### **Momento 3**

Los docentes y extensionistas realizamos un cierre de la actividad, brindando observaciones acerca de cómo los estudiantes se desarrollaron en el laboratorio. Se puede hacer hincapié en lo que respecta a prácticas seguras en el laboratorio, ya que se manipularon (de tal o cual modo) sustancias de riesgo, como ácidos concentrados y bases.

Se anuncia que en la siguiente etapa del análisis realizaremos la caracterización cuantitativa de la muestra de agua mediante el procedimiento conocido como titulación. Fin.

---

### **Racconto de conceptos y saberes involucrados en la Etapa 2 de TP**

A partir de la segunda etapa de actividad experimental, pretendemos que los estudiantes vivencien, discutan y sean capaces de explicitar los siguientes conceptos:

Que una solución es una mezcla homogénea de dos o más sustancias en la que no ocurre reacción química, es decir, la disolución es un proceso físico en el cual cada sustancia conserva su identidad.

Que la sustancia que está presente en mayor cantidad se llama solvente, y que para soluciones acuosas el solvente es el agua. Que las demás sustancias que componen la solución se denominan solutos y decimos que están disueltas en el solvente.

Que el comportamiento y características de una solución depende no sólo de la naturaleza de los solutos, sino también de sus concentraciones.

Que el término concentración se utiliza para designar la cantidad de soluto disuelta en una cierta cantidad de solvente o de solución. Cuanto más soluto esté disuelto en cierta cantidad de solvente, más concentrada será la solución.

Cómo expresar correctamente las unidades de concentración de una solución de acuerdo a los instrumentos de mensura utilizados para producirla y cómo convertirlas a otras unidades.

Que se pueden obtener soluciones de menor concentración a partir de una solución de mayor concentración de un soluto agregando solvente, y que este proceso se llama dilución. La dilución es un proceso físico, no ocurre cambio químico por agregado de solvente.

Que cuando agregamos solvente para diluir una solución, el número de moles de soluto no cambia, únicamente estamos aumentando la cantidad (moles) de solvente. Es decir, el número de moles de soluto antes y después de realizar la

dilución es el mismo. Que teniendo en cuenta esto puede realizarse un cálculo de cuanto solvente debe agregarse para obtener una solución diluida.

Que pueden existir mezclas de dos o más sustancias o soluciones en las que sí se produzca reacción química. A veces pueden reconocerse por la aparición de un producto o desaparición de un reactivo perceptibles a través de nuestros sentidos (aparición/desaparición de color, olor, formación de un gas o un precipitado).

Además, deben quedar muy claros los protocolos y procedimientos estándar para preparar soluciones a partir de reactivos sólidos y de soluciones concentradas de un determinado soluto. Disiparse todas las dudas acerca de cómo manipular correctamente la balanza analítica y los instrumentos volumétricos (pipeta, bureta, probeta).

Los estudiantes deben ser capaces de explicitar cómo realizar el cálculo de la cantidad de reactivo sólido que debe pesarse o el volumen de solución stock de un soluto que debe medirse para producir una determinada cantidad de una solución de la concentración requerida.

Finalmente, deben poder redactar en forma clara y concreta los resultados y las conclusiones de la experimentación en su cuaderno.

### **Momento 1**

Mensaje de bienvenida a los estudiantes y a los compañeros del Taller de Aguas, que serán también docentes en este encuentro.

Se explicita la intención de que, como en cada etapa del análisis, los estudiantes sean autónomos en el laboratorio. Para ello deben escuchar atentamente la explicación inicial y luego utilizar la guía operativa para llevar adelante la práctica. También cuentan con material del *Manual Digital de Laboratorio* para estudiar y repasar procedimientos experimentales.

Durante toda la actividad estaremos observando cómo los estudiantes se desenvuelven, prestando especial atención a lo actitudinal, y tomaremos un momento de la clase para reunirnos y compartir entre los docentes y extensionistas estas observaciones, a fin de hacer una breve devolución a los estudiantes al cerrar la actividad.

En particular, dado que ya hemos transcurrido las dos primeras etapas del análisis de agua, haciendo hincapié en los aspectos básicos de manejo responsable y seguro en el laboratorio, en promover una actitud autónoma por parte de los estudiantes, en la importancia del trabajo colaborativo y organizado en los grupos, en el detalle de la manipulación de ciertos instrumentos y material de laboratorio, la devolución se hará teniendo en cuenta estos aspectos, en apreciaciones grupales y, en los casos que sea necesario, individuales.

---

### **Momento 2**

Los extensionistas del Taller de Aguas nos hablan acerca de la determinación analítica que realizaremos en este trabajo práctico. Nos introducen acerca de la importancia de su cuantificación, del valor máximo definido en el Código Alimentario Argentino para este analito, de los efectos en la salud y en el ambiente de aguas con niveles que superan dicho valor.

Se explicita la importancia de operar cuidadosamente en el laboratorio para obtener resultados que puedan ser informados a los vecinos y a autoridades municipales (o a quienes corresponda).

---

### Momento 3

Sería interesante hacer un repaso de la carga y uso de bureta y explayarse al explicar el procedimiento de titulación, ya que será la primera vez que los estudiantes lo lleven a cabo en el laboratorio.

Además, resolver algún ejemplo de balanceo de reacción redox por el método del ión-electrón en el pizarrón, a modo de repaso de lo que se vio en el seminario y pidiendo intervención de los estudiantes durante la resolución.

A continuación, se da inicio a la actividad práctica. Los docentes y extensionistas nos distribuimos por el aula laboratorio de forma de estar accesibles para cualquier consulta, sin instalarnos en un grupo en particular.

Durante la actividad **A) Determinación de cloro activo en la muestra de agua**, realizarán la titulación redox de la muestra de agua. Seguramente surgirán consultas acerca de cómo operar la bureta y el erlenmeyer a las que los docentes estaremos atentos. Si la consulta no es puntual sino general acerca de la metodología, podemos recomendar ver el *Manual Digital de Laboratorio* para luego asistirlos en consultas específicas.

El método yodométrico que emplearemos es una titulación indirecta del producto de reacción entre el cloro libre de la muestra de agua y el KI. Esta reacción debe ocurrir a pH inferior a 8,0 para prevenir ciertas interferencias. Como pH no es un concepto que se haya abordado aun en las clases del curso, seremos los docentes lo que midamos el pH de la muestra previo al trabajo práctico para garantizar esta condición.

Tener en cuenta que por el volumen de agua a titular los estudiantes necesitaran erlenmeyers de 750 o 1000 mL (de ser posible 2 por grupo).

También para evitar interferencias del método es que se agrega acético glacial al erlenmeyer (no puede hacerse con ac. sulfúrico ni con clorhídrico), para lograr un pH entre 4 y 5. De haber consultas al respecto, podemos responder que este método requiere de un medio ácido para que se produzca la reacción de titulación.

Entre las preguntas para elaborar en el cuaderno de laboratorio aparece **¿Por qué crees que el KI debe agregarse en exceso a la muestra de agua?** Aquí se espera poder retomar la idea de exceso y defecto trabajada en las clases de teoría-seminario y que los estudiantes puedan reconocer la necesidad del

exceso de este reactivo para que la titulación del producto formado sea cuantitativa y pueda vincularse estequiométricamente al  $\text{Cl}_2$ , que es el analito de interés.

La última consigna de esta serie les solicita a los estudiantes realizar los cálculos necesarios para determinar el cloro libre en la muestra, sin guiarlos puntualmente. La intención es que a partir de comprender cómo funciona una titulación indirecta y de los cálculos para titulaciones directas que sí se detallan en la guía, puedan ellos pensar el camino para resolver esta incógnita. Seguramente surjan varias dudas, a las que los docentes debemos responder intentando guiarlos sin resolver el cálculo nosotros mismos.

---

#### **Momento 4**

Los docentes y extensionistas realizamos un cierre de la actividad, recogiendo observaciones acerca de cómo los estudiantes se manejaron en el laboratorio. Podemos hacer hincapié en lo que respecta a prácticas seguras en el laboratorio, ya que trabajaron bajo campana y manipularon sustancias corrosivas, y en cómo utilizaron la bureta y procedieron en las diferentes titulaciones.

Anunciamos que en la siguiente etapa del análisis del agua continuaremos la caracterización cuantitativa de la muestra de agua y redactaremos el informe para entregar a los vecinos platenses. Fin.

---

#### **Racconto de conceptos y saberes involucrados en la Etapa 3 de TP**

A partir de esta tercera etapa de actividad experimental, pretendemos que los estudiantes vivencien, discutan y sean capaces de explicitar los siguientes conceptos:

Que los cambios químicos (reacciones) pueden representarse a través de ecuaciones químicas, que codifican importante información cuantitativa acerca de las sustancias y sistemas.

Que la ley de conservación de la masa o Ley de Lavoisier dice que la masa total de todas las sustancias presentes después de una reacción química es la misma que la masa total antes de la reacción. Es decir, los átomos constituyentes de la materia (masa) no se crean ni se destruyen durante una reacción química. Los

cambios que ocurren durante cualquier reacción simplemente reacomodan a los átomos.

Que a partir de esta ley se desprende que toda ecuación química debe tener números iguales de átomos de cada elemento en reactivos y en productos para estar balanceada y poder utilizarse en los cálculos.

Que existe una gran variedad de reacciones químicas que ocurren en la naturaleza, de las cuales estudiaremos algunas. En particular, las reacciones de oxidación-reducción, también conocidas como reacciones redox, ocurren cuando se transfieren electrones del átomo que se oxida al átomo que se reduce.

Que toda reacción redox puede reconocerse porque ocurre la oxidación de una especie y la reducción de otra. La sustancia que hace posible que otra sustancia se oxide es el agente oxidante. El agente oxidante quita electrones a otra sustancia, por lo tanto, se reduce. De forma análoga, un agente reductor es una sustancia que cede electrones, oxidándose.

Que para balancear una ecuación redox se utiliza el método del ion-electrón, que se basa en la premisa de que cada electrón que es cedido por la sustancia/especie que se oxida debe ser aceptado por la sustancia/especie que se reduce. No se crean ni se destruyen electrones (nueva aplicación de la ley de conservación ya estudiada).

Además, los estudiantes deberían llevarse una idea concreta del fundamento de la técnica de titulación y de los pasos a seguir para realizarla. También comprender la diferencia entre titulaciones directas e indirectas, y que la determinación de cloro activo que realizamos en el trabajo práctico es una titulación indirecta.

A través de las actividades a realizar en el cuaderno de laboratorio, deben llegar mediante cálculos a la cantidad de analito contenida en la muestra, realizando un tratamiento adecuado de los datos experimentales obtenidos. Finalmente, deben ser capaces de redactar en forma clara y concreta los resultados y las conclusiones.

### **Momento 1**

Mensaje de bienvenida a los estudiantes y a los compañeros del Taller de Aguas, que serán también docentes en este encuentro.

Explicitamos la intención de que, como en cada trabajo práctico, los estudiantes sean autónomos en el laboratorio. Para ello deben escuchar atentamente la explicación inicial y luego utilizar la guía operativa para llevar adelante el práctico. También cuentan con material del *Manual Digital de Laboratorio* para estudiar y repasar procedimientos experimentales. Se puede proyectar este material para todos, si se considera oportuno.

Este trabajo práctico abordará los conceptos de equilibrio químico, introducción a pH, reacciones de neutralización y de precipitación. Debido a la cantidad de nueva información para los estudiantes, es importante que los contenidos sean adecuadamente jerarquizados, distinguidos e interrelacionados. A continuación, esta guía propone una posible vinculación de estos conceptos, abierta a la modificación y ampliación a partir de las ideas que los docentes y extensionistas aportemos.

Durante toda la actividad estaremos observando cómo los estudiantes se desenvuelven, prestando especial atención a lo actitudinal: cómo trabajan en equipo y se distribuyen los roles, cómo cada grupo toma decisiones respecto de lo operativo del TP, cómo se comportan con sus compañeros y docentes, si aplican o no las normas de seguridad y criterio en el manejo dentro del laboratorio, etc.

Resulta imprescindible en esta etapa indagar en la percepción de los estudiantes acerca del trabajo realizado, qué significó para ellos a nivel de sus representaciones como futuros profesionales, si generó compromiso con su propia formación, si los llevó a preguntarse por lo que aprenden y para qué lo aprenden.

Tomaremos un momento de la clase para reunirnos y compartir entre los docentes y extensionistas estas observaciones, a fin de hacer una devolución completa a los estudiantes al cerrar la actividad.

---

## Momento 2

Los extensionistas del Taller de Aguas nos hablan acerca de las determinaciones analíticas que realizaremos en este trabajo práctico. Nos introducen acerca de la importancia de su cuantificación, del valor máximo definido en el Código Alimentario Argentino para estos analitos, de los efectos en la salud y en el ambiente de aguas con niveles que superan dichos valores.

Se explicita la importancia de operar cuidadosamente en el laboratorio para obtener resultados que puedan ser informados a los vecinos y a autoridades municipales (o a quienes corresponda).

Si el Proyecto de Aguas ha visitado a los vecinos desde nuestro último encuentro en el laboratorio, sería motivador que compartieran con nosotros lo vivido en el territorio. Asimismo, que inviten a los estudiantes a participar de estas visitas y del proyecto de extensión.

Podemos aquí tomar un momento para preguntar a los estudiantes por sus apreciaciones sobre el trabajo práctico, el vínculo con los vecinos platenses y el proyecto de extensión, qué les significó y qué reflexiones les suscito.

---

## Momento 3

La actividad **A) Equilibrio químico en reacciones de neutralización**, es experimentalmente muy sencilla y pretende profundizar en los conceptos de equilibrio químico, equilibrio de auto-disociación del agua, pH e indicadores ácido-base a través de la observación y posterior investigación guiada por las preguntas para elaborar en el cuaderno. Será necesario que los docentes permanezcamos disponibles y atentos a consultas de los grupos de estudiantes, ya que este tipo de trabajo de conceptualización con preguntas poco estructuradas es desafiante y puede llevar al desánimo. Nuestro trabajo será motivarlos con re-preguntas y proponiéndoles que continúen experimentando para saldar las dudas que surjan. Debemos guiarlos y no responder con o por ellos las preguntas.

La actividad **B) Determinación de alcalinidad del agua**, es una titulación con indicador ácido base. Reforcemos la importancia de leer y re-leer el protocolo para realizar el procedimiento de forma correcta.

Respecto de la alícuota de muestra a titular, 25 mL es un volumen adecuado para una bureta de 25 mL, sin embargo, para muestras de agua de pozo reducir la alícuota a 10 mL o utilizar una bureta de 50 mL.

A modo de recordatorio para los docentes, se debe utilizar agua destilada libre de CO<sub>2</sub> para la preparación de todas las soluciones estándar y stock. Si el agua destilada tiene un pH menor que 6,0, previo al trabajo práctico hervir durante 15 minutos y dejar enfriar tapada hasta temperatura ambiente.

Entre las preguntas para elaborar en el cuaderno se encuentra: **A partir de la ecuación de titulación balanceada, realiza los cálculos pertinentes para averiguar la alcalinidad de la muestra de agua en mg/L de CaCO<sub>3</sub>.** Se puede solicitar a los estudiantes que este cálculo lo traigan pensado previo al trabajo práctico. De lo contrario, se debe calcular un tiempo de unos 30 a 40 minutos de la clase para su resolución en los grupos, y unos 15 minutos hacia el final de la clase para la puesta en común en el pizarrón.

En la actividad **C) Cuantificación de iones cloruro presentes en el agua. Método argentométrico o de Mohr**, los estudiantes realizarán una titulación con punto final definido por precipitación de un compuesto coloreado.

Este método fue diseñado primeramente para aguas con un contenido en cloruros de 5 mg/L o más y donde las interferencias tales como color o altas concentraciones de metales pesados hacían impracticable el método mercurimétrico.

El método argentométrico o de Mohr tiene limitaciones fundamentales que no siempre han sido adecuadamente reconocidas. El rango óptimo para este procedimiento es de aproximadamente 20 a 5000 mg/L. La exactitud y precisión del método de Mohr es inadecuado para determinar concentraciones de cloruro por debajo de 10 mg/L, a menos que la muestra se concentre por evaporación, procedimiento que entabla riesgo de contaminación.

Previo al trabajo práctico los docentes debemos verificar que en la alícuota a titular no haya más de 10 ni menos de 0,15 mg de Cl<sup>-</sup>.

Entre las consignas para elaborar en el cuaderno de laboratorio, se encuentra: **¿Por qué crees que la precipitación del cromato de plata (rojo ladrillo) no interfiere con la precipitación cuantitativa del nitrato de plata (blanco)? De no ser así, ¿podría utilizarse la reacción del Ag<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> como indicadora de la**

**reacción?** La intención es que identifiquen el fundamento de la titulación en la diferencia de solubilidades entre el producto de la titulación y el compuesto indicador. Para ello se les recomienda leer la sección 15.3 de *Brown, T. L., LeMay, H. E., y Burdge, J. R. (2004). Química la ciencia central.*

Luego, la consigna: A partir de la reacción de titulación, realiza los cálculos necesarios para determinar la concentración de iones  $\text{Cl}^-$  en la muestra inicial. Nuevamente, esta actividad requerirá de unos 30 a 40 minutos de trabajo en grupos y unos 15 minutos de puesta en común al final de la clase. Es necesario calcular estos tiempos para distribuir adecuadamente todas las actividades de la guía operativa en una clase, y que no queden pendientes.

---

#### **Momento 4**

Los docentes y extensionistas realizamos un cierre de la actividad, recogiendo observaciones acerca de cómo los estudiantes se manejaron en el laboratorio. Podemos reparar en las prácticas seguras en el laboratorio y en el trabajo en grupos para realizar los cálculos a partir de los resultados de las titulaciones.

Debemos realizar una devolución acabada respecto de la dimensión formativa no disciplinar que implica este trabajo práctico, que retome las reflexiones y comentarios de los estudiantes recuperados en el dialogo con ellos acerca de la formación en Ciencias, de para qué la actividad científica en las sociedades que proyectan un futuro, de por qué el Estado sostiene la formación de científicos argentinos, de por qué la Universidad hace extensión, del sentido que adquiere la Química en el contexto de buscar soluciones a un problema concreto de la comunidad más cercana.

Anunciamos que en la siguiente y última etapa del análisis de agua redactaremos el informe de laboratorio, por lo que deben traer todos sus resultados prolijamente organizados. Fin.

---

#### **Racconto de conceptos y saberes involucrados en la Etapa 4 de TP**

A partir de esta cuarta etapa de actividad experimental, pretendemos que los estudiantes vivencien, discutan y sean capaces de explicitar los siguientes conceptos:

Que existen sustancias llamadas ácidos y sustancias denominadas bases. Que, según Arrhenius, los ácidos son sustancias que producen iones  $\text{H}^+$  (con

formación de iones hidronio en solución acuosa), mientras que las bases al disolverse producen iones  $\text{OH}^-$ . Según Brønsted y Lowry, los ácidos son sustancias que producen protones mientras que las bases son sustancias que aceptan protones.

Que, entre los ácidos y las bases, existen algunos que son electrolitos fuertes (se ionizan totalmente en disolución) y otros que son electrolitos débiles (que se ionizan parcialmente) y se denominan ácidos y bases débiles.

Que cuando mezclamos una disolución de un ácido y una de una base se da una reacción de neutralización, es decir, los iones  $\text{H}^+$  y  $\text{OH}^-$  se combinan para formar  $\text{H}_2\text{O}$ . Esta es la característica principal de cualquier reacción de neutralización.

Que los productos de la reacción no tienen ninguna de las propiedades características de la disolución de ácido ni de la de base. En general, una reacción de neutralización entre un ácido y un hidróxido metálico produce agua y una sal.

Que existen reacciones que resultan en la formación de un producto insoluble y se denominan reacciones de precipitación. Se dan reacciones de precipitación cuando ciertos pares de iones con carga opuesta se atraen con tanta fuerza que forman un sólido iónico insoluble.

Que las reacciones que ocurren durante una titulación, son completas (no reversibles) y este es el fundamento de esta técnica que nos permite calcular la concentración del analito de interés presente en la muestra problema.

Que existen también reacciones químicas que no se completan, sino que se aproximan a un estado de equilibrio en el que están presentes tanto reactivos como productos. La condición de "reacción no completa" se denota con una doble flecha, que indica que la velocidad de formación de productos a partir de los reactivos es igual a la velocidad de formación de reactivos a partir de los productos. Estas reacciones se denominan reversibles: los reactivos podrían obtenerse a partir de la mezcla de los productos, pues ocurre reacción en ambos sentidos.

Que cuando reacciones opuestas avanzan a velocidades iguales, se establece un equilibrio químico. La condición en la cual las concentraciones de todos los reactivos y productos en un sistema cerrado dejan de cambiar con el tiempo es la característica que identifica al equilibrio químico.

Que, a partir de conocer que existen reacciones incompletas, se puede reinterpretar el concepto de rendimiento de una reacción. Que la reacción directa no proceda en un 100% no tiene explicación únicamente en errores operativos o pérdidas de producto, sino también en que la reacción es reversible (en el estado final de equilibrio habrá tanto productos como reactivos).

En el caso de las reacciones de precipitación, las sustancias en equilibrio están en fases diferentes, lo que da origen a equilibrios heterogéneos: un sólido se encuentra en equilibrio con especies en fase acuosa.

Que el pH es una escala que mide la concentración de  $H^+$  (o  $H_3O^+$ ) en una solución y se calcula:  $pH = -\log [H^+]$ . La  $[H^+]$  y la  $[OH^-]$  de una solución se afectan mutuamente a través del equilibrio de auto-disociación del agua.

Que una disolución en la que  $[H^+] = [OH^-] = 1 \times 10^{-7} M$  es neutra y su valor de pH es 7,0 a 25°C. En las disoluciones ácidas la  $[H^+]$  es mayor que la  $[OH^-]$  y su pH < 7,0. En las disoluciones básicas la  $[OH^-]$  es mayor que la  $[H^+]$  y su pH > 7,0.

### **Momento 1**

Esta clase se realizará en la sala de informática de la Facultad. Damos la bienvenida a los estudiantes y les indicamos que se sienten uno en cada computadora o, si no es posible por la relación estudiantes/computadoras, dos.

Explicitamos la intención de que trabajen de forma autónoma y ordenada. El estar en un aula que no es el laboratorio puede colaborar a que se distiendan más de lo oportuno, considerando que deben completar una importante cantidad de actividades y entregar el informe con los resultados al finalizar la clase. Una de las tareas más importantes de los docentes en este encuentro será la de administrar los tiempos.

Esta etapa del trabajo práctico aborda conceptos estadísticos y de tratamiento de datos que pueden ser poco intuitivos y del todo nuevos para algunos de los estudiantes, además de tomar cierta distancia de los conceptos químicos que venimos estudiando. El desafío es mantenerlos interesados, por un lado, retomando todo aquello que han aprendido en las etapas previas del trabajo de laboratorio y sobre lo cual estarán aplicando el análisis estadístico y, por otro, recordando que el producto de este tratamiento de datos será el informe de resultados del análisis del agua que solicitaron los vecinos. Estimamos que esta producción profesional de los estudiantes, que tendrá un impacto inmediato en la realidad de la comunidad local y que no requiere de su parte el graduarse para vivenciarlo, será profundamente motivadora para ellos.

Además de la Guía Operativa que los estudiantes deben traer leída, contaremos con Anexos al trabajo práctico. La decisión de separar los protocolos del cuerpo principal de la Guía pretende ordenar los conocimientos que abordaremos durante este encuentro. En cierto modo los jerarquiza, priorizando el aprendizaje de los conceptos estadísticos y la elaboración de un informe de resultados por sobre el aprendizaje de las herramientas informáticas. Además, facilitará a los docentes el organizar los tiempos de cada actividad propuesta.

Los docentes recorreremos el aula distribuyendo el material anexo y atentos a todas las consultas, procurando que ningún estudiante deje de completar las tareas asignadas en la computadora.

---

## **Momento 2**

Inicia la actividad empleando la Guía Operativa. Para resolver el inciso **A) Densidad de la muestra de agua. Cálculo de valor aceptado (promedio) y precisión (desviación promedio)**, los estudiantes deberán realizar los cálculos dos veces; una primera vez de forma manual y una segunda, utilizando las facilidades de cálculo que ofrece el software Excel. La intención es que en un principio se familiaricen con los conceptos de valor aceptado y precisión, propios del tratamiento de datos, y logren comprender por qué se calculan de este modo.

Un segundo momento, que iniciará cuando distribuyamos el Anexo I impreso a cada estudiante, busca incorporar la herramienta informática para ordenar los datos, llevar a cabo los cálculos y comprobar que el resultado sea el mismo.

El equipo docente debe decidir una distribución de tiempos y explicitarla a los estudiantes al iniciar la clase. Conservar o corregir este esquema de tiempo durante la clase será posible a través de los momentos de distribución de los Anexos. Una posible distribución sería:

Actividad A 1er momento, 25 min; Anexo I, actividad A 2do momento, 20 min; Anexo II, actividad B, 45 min; recreo, 30 min; actividad C, 30 min; actividad D, 30 min; Anexo III, actividad E, 20 min; actividad F, 60 min; cierre, 10 min.

---

## **Momento 3**

La actividad **B) Cloro libre cuantificado en la muestra a través de la titulación yodométrica**, se iniciará con la distribución del Anexo II impreso a cada estudiante.

Es posible que algunos estudiantes finalicen el Anexo I antes que otros. Para evitar un desfase en las actividades, les invitaremos a comenzar a redactar el informe con los datos que tienen analizados hasta el momento. El Anexo II se distribuirá cuando todos hayan finalizado las actividades del Anexo I.

Los docentes podemos recordar que la titulación yodométrica es una titulación indirecta, pidiendo a los estudiantes que expliquen qué quiere decir esto, retomando lo realizado en el laboratorio en la oportunidad de esta determinación. La actividad **C) Alcalinidad del agua informada como mg/L de CaCO<sub>3</sub>** se encuentra en la Guía Operativa, descrita con menor detalle y en explícita analogía a la actividad B. Los estudiantes podrán avanzar con ella a medida que finalicen la actividad anterior, lo importante es que lo hagan con la menor intervención posible por parte de los docentes. Se trata de un ejercicio de aprendizaje por analogía.

Cuando hayan resuelto la actividad C podrán avanzar con la actividad **D) Concentración de iones cloruro cuantificada por el método argentométrico o de Mohr**, también descrita en la Guía Operativa. En esta oportunidad, se les requiere un esfuerzo de análisis analógico aún mayor.

Además de llevar a cabo el tratamiento de datos en la planilla Excel, deben redactar un breve texto que describa el protocolo de aplicación general para tratamiento de datos que han elaborado/elucidado. Nuevamente, los docentes procuramos que nuestras intervenciones funcionen como guía en su aprendizaje, y evitamos redactar o dictar frases.

La actividad **E) Gráfico comparativo para presentar los resultados** se encuentra descrita con detalle en el Anexo III y requiere de la introducción de un nuevo software, Infostat. Si bien es posible graficar en Excel, resulta interesante presentar este software libre de desarrollo local y dar a conocer otras herramientas informáticas desarrolladas por universidades nacionales disponibles de forma gratuita. Además, Infostat es un software de interfaz muy sencilla que permite focalizar la atención en el aprendizaje de los conceptos estadísticos más que en la herramienta.

Debido a que el inicio de esta actividad requiere de la distribución del Anexo III, los docentes podemos utilizar este momento para re estructurar los tiempos de la clase, de ser necesario.

---

#### **Momento 4**

Una vez finalizadas las actividades en la computadora los estudiantes pueden dedicarse de lleno a la actividad **F) Redacción del informe de laboratorio**, cual es el objetivo cúlmine de toda esta trayectoria de trabajo experimental.

La Guía Operativa proporciona una orientación, enumerando una serie de apartados breves que deberán constar en el informe final. Cada estudiante redactará el informe para ser entregado a los docentes, podrá escribirlo a mano o en procesador de texto, y se explicitará que su entrega es requerimiento para la aprobación del curso CEAEQ.

La intención es que en la redacción del informe los estudiantes se esfuercen por explicar a un otro que no cuenta con conocimientos de Química qué determinaciones realizaron, por qué y cuáles fueron los resultados del análisis de la muestra de agua. El ejercicio de explicar Química a un otro hipotético neófito en la materia es un método de estudio potente.

Les recordaremos que los datos que ellos recabaron a través de la experimentación serán entregados a los docentes del Taller de Aguas para que realicen la devolución de resultados del análisis a los vecinos. Se reitera la invitación a los estudiantes de participar de esta y otras actividades del proyecto de extensión.

El informe escrito que tradicionalmente elabora el Taller de Aguas es netamente técnico, ya que, en muchos casos, es utilizado posteriormente para realizar reclamos por vías legales. Es a través de las visitas con devolución de resultados que realizan los extensionistas a los barrios y quintas que se produce el intercambio en el cual los vecinos/productores logran una comprensión cabal del informe y los extensionistas logran comprensión integral de las problemáticas y de las soluciones que son capaces de ofrecer desde su lugar. Sin embargo, teniendo en cuenta que no todos nuestros estudiantes tendrán participación en tal visita al territorio, es de interés que puedan representarse y reflejar tal diálogo con los vecinos al construir el informe de resultados.

Para orientarles en esta consigna de dialogar con un otro tácito, extensionistas y docentes podemos improvisar un juego de roles en el aula, donde unos seamos vecinos o quinteros y los otros miembros de la facultad que visitan el territorio para llevar el informe. Tales representaciones pueden basarse en experiencias reales que los extensionistas hayan vivido y compartan con nosotros.

Con esta actividad pretendemos guiar a nuestros estudiantes en aspectos como la selección del léxico a emplear; lo imperativo de tener una actitud respetuosa de otros que conocen y construyen saberes desde un lugar diferente de la Academia; la necesidad de encontrar lugares comunes entre los saberes de los vecinos y los propios para lograr una buena comunicación. Consideramos que este tipo de competencias ligadas a lo actitudinal son de importancia en la formación de profesionales responsables con su rol.

Como cierre, los docentes hacemos una devolución acabada respecto de la dimensión formativa no disciplinar que implica este trabajo práctico, que retome las reflexiones y comentarios de los estudiantes recuperados en el diálogo con ellos acerca de la formación en Ciencias, de para qué la actividad científica en las sociedades que proyectan un futuro, de por qué el Estado sostiene la formación de científicos argentinos, de por qué la Universidad hace extensión, del sentido que adquiere la Química en el contexto de buscar soluciones a un problema concreto de la comunidad más cercana. Fin.

---

### **Racconto de conceptos y saberes involucrados en la Etapa 5 de TP**

A partir de esta quinta etapa pretendemos que los estudiantes vivencien, discutan y sean capaces de explicitar los siguientes conceptos:

Que existen los números exactos (cantidades mensurables a través de números enteros) y los números inexactos (magnitudes que pueden tomar valor en un continuo). Estos últimos tienen incertidumbre asociada a su medida. No existen valores exactos, sino valores aceptados, que se obtienen realizando un gran número de determinaciones

Que aquellos números que se obtienen realizando una medida siempre son inexactos. Su incertidumbre subyace en las limitaciones propias del equipo/herramienta de mensura y en las diferencias en el modo en que diferentes personas realizan una misma medida, lo que se conoce como error del operador. Que una medida tiene exactitud y precisión. La exactitud se refiere a qué tanto las mediciones individuales se acercan al valor correcto o “valor verdadero”. La exactitud de una medida se expresa a través del llamado error absoluto (módulo

de la diferencia entre el valor aceptado y el valor experimental promedio obtenido).

La precisión es una medida de la concordancia de mediciones individuales entre sí, habla de la reproducibilidad de un procedimiento de mensura. Se calcula como la desviación promedio de una serie de medidas realizadas sobre una misma magnitud y se expresa con una única cifra significativa.

Que pueden distinguirse entre dos tipos de errores asociados a la medida. El error sistemático es aquél se comete siempre en el mismo sentido y que, al detectarse, puede reducirse o eliminarse. El error aleatorio puede producirse en ambos sentidos (por exceso o por defecto), es difícil de detectar y no puede eliminarse. Suele asociarse al error del operador.

Que todos los dígitos de una cantidad medida, incluido el último dígito (incierto), se denominan cifras significativas. Cuanto mayor es el número de cifras significativas, mayor es la certidumbre de la medición.

Que, si se conoce el error de las medidas usadas en el cálculo de una nueva cantidad, puede estimarse el error en la cantidad calculada haciendo uso de las siguientes reglas:

Suma y resta: El resultado de la operación tiene el mismo número de decimales que la cantidad medida con el menor número de decimales.

Multiplicación y división: El resultado de la operación debe contener el mismo número de cifras significativas que posea la cantidad medida con menos cifras significativas.

Que existen software estadísticos y graficadores libres que les permiten organizar y procesar sus datos experimentales.

Que un informe de resultados no sólo debe ser claro, preciso y conciso, sino también tomar en consideración a quién/quienes está dirigido y responder a sus necesidades.

## **Modalidad de seguimiento y evaluación**

Todo proceso de innovación educativa supone atender al seguimiento de su implementación y a los criterios y consensos que se construyan con aquellos actores intervinientes en dicho proceso. Desde este lugar, y en acuerdo con Gimeno Sacristán y Pérez Gómez (1992), se asume que la evaluación de la propuesta implicará atender a:

1. Comprensión y explicación del objeto a evaluar: seleccionar los atributos que interesa evaluar, construir un referente de evaluación y recoger datos del objeto de evaluación a través de diversos procedimientos y dispositivos;
2. Asignación de valor: construir un referente de evaluación, valorar, triangular la información recogida y emitir juicio sobre lo elaborado.

En este sentido, se pretende realizar una evaluación atenta a los procesos de aprendizaje de la Química y re-significación por parte de los y las estudiantes, a través de estrategias que integran las actividades de la extensión al aula, así como también al proceso de constitución del equipo docente integrado por docentes de la cátedra y los extensionistas. Luego, a partir de esta comprensión, avanzar en la reformulación parcial y/o ajustes que se acuerden y consensuen necesarios en el marco de todo proceso de innovación educativa. Lo antedicho hace necesario evaluar de forma continua durante la implementación de los trabajos prácticos, así como incorporar una evaluación global de la innovación una vez finalizado el cronograma de cursada.

Se privilegiarán aquellas instancias y herramientas que permitan rescatar lo cualitativo, sin descartar la información cuantitativa que pueda obtenerse y que complemente la tarea de valoración. Se adoptará una evaluación apreciativa sin modelo predeterminado (Bertoni et al., 1996), metodología que implica construir el referente apropiado, es decir, aquel que permita aprehender la singularidad de la innovación que se pretende evaluar. Es el tipo de evaluación que se interpela por el sentido del proceso evaluado, que apunta a comprenderlo, no juzgarlo: “Más que evaluar el cumplimiento de objetivos, interesa comprender las razones por las cuales estos se alcanzan o no” (Gimeno Sacristán y Pérez Gómez, 1992). A continuación, desplegaremos los aspectos de la innovación que pretendemos evaluar y los registros de seguimiento y dispositivos evaluadores que emplearemos a tal fin.

- La recepción de la innovación por parte de estudiantes, docentes del CEAEQ y extensionistas del Taller de Aguas que participen de su implementación.

Por un lado, interesa evaluar la percepción de los estudiantes, sus impresiones acerca de si la innovación introduce mejoras en la enseñanza que habiliten/faciliten/promuevan su propio proceso de aprendizaje.

A tal fin, se contempla la elaboración de una encuesta digital, anónima, de participación voluntaria, dirigida a los estudiantes, quienes podrán responder a través de la plataforma SIU-Guaraní. Las preguntas serán no estructuradas, con respuestas a desarrollar. El referente de evaluación será construido por los propios estudiantes a partir de sus expectativas de aprendizaje de la disciplina. La encuesta estará a disposición de los estudiantes una vez finalizados los trabajos prácticos.

Por otro lado, si bien la presente innovación ha sido discutida y consensuada durante su desarrollo con varios de los docentes del CEAEQ, se entiende que durante la implementación pueden surgir nuevos aportes y debates respecto a la propuesta, de parte de los docentes que ya han colaborado y de parte de aquellos docentes y extensionistas que se involucrarán a partir de la etapa de implementación. Todos estos aportes son valiosos para evaluar la innovación y plantear mejoras, por lo que es de interés recabar esta información.

A este respecto, se diseñó una herramienta de recolección de información que funcionará como dispositivo de seguimiento permanente durante la implementación de la innovación. Un miembro del equipo docente se designará escriba de las reuniones de docentes y extensionistas del CEAEQ, y se le solicitará que lleve registro escrito (a semejanza del diario de campo de la tradición etnográfica) de lo conversado en las reuniones. Se hará especial hincapié en registrar las propuestas y aportes que se realicen para la mejora de la innovación. Asimismo, se dedicarán unos 10 minutos hacia el final de cada reunión a explicitar cualquier aporte que los docentes y extensionistas consideren pertinente. Si bien ciertos aportes pueden guardar relación con la resolución de un problema concreto en la implementación mediata del trabajo práctico, su registro permitirá

contemplarla en próximas implementaciones y en la re-elaboración de la innovación, si fuese necesario.

La asistencia de los docentes y extensionistas a las reuniones será un registro cuantitativo adicional, que aportará a la evaluación del grado de aceptación de la innovación y de compromiso con el rol docente que se les propone.

- El compromiso de los estudiantes con su propio aprendizaje que la innovación logre promover. La evaluación de este aspecto resulta compleja y será abordada a través de varios sub-aspectos, que apuntan a visibilizar estas dimensiones, aún en el reconocimiento de no poder atender a toda su complejidad.

Uno de ellos, factible de cuantificar, será la asistencia de los estudiantes a las clases de trabajo práctico. Este sencillo registro se llevará a cabo pasando lista. Se consultará a aquellos estudiantes que hayan faltado a alguna/s de la/las clases por los motivos de su ausencia y se registrará.

Otro sub-aspecto a evaluar será la lectura previa del material didáctico por parte de estudiantes. Si bien la innovación concentra esfuerzos en alfabetizar académicamente durante la clase, se considera necesario que los estudiantes asistan a la actividad experimental conociendo los objetivos que van a perseguir, el equipamiento y los reactivos que van a manipular y las medidas de seguridad asociadas a los mismos, además de las medidas de seguridad generales para desenvolverse en el laboratorio de Química. Toda esta información se encuentra detallada en las Guías Operativas del trabajo práctico; además, hemos desarrollado una serie de video capítulos para el CEAEQ a los que hacen mención las Guías y que estarán a disposición de los estudiantes en la plataforma Cátedras Virtuales y redes sociales para visualizar demostraciones de medidas de seguridad.

El dispositivo elegido para evaluar la lectura previa son cuestionarios muy breves, no opcionales, con preguntas que indagan acerca de los objetivos, fundamentos y medidas de seguridad de cada etapa del trabajo práctico. Los estudiantes deberán responderlos previamente a la clase en el laboratorio, a través de la plataforma SIU-Guaraní. Se explicitará que los cuestionarios forman parte de la evaluación continua que hacemos del

desempeño de los estudiantes y serán ponderados para decidir la aprobación del CEAEQ. Al elaborar las preguntas, el equipo docente procurará que sean de respuesta cerrada, no ambiguas y que requieran cierto esfuerzo de escritura, y se explicitará que las respuestas no deben ser mera copia textual de la Guía Operativa. La aprobación o no aprobación de esta evaluación parcial será informada a los estudiantes a través de la plataforma virtual en la inmediatez posible. Este dispositivo no sólo permitirá evaluar la innovación en el aspecto de motivación y fomento del compromiso de los estudiantes (cantidad de estudiantes que responde el cuestionario; cantidad de estudiantes que responden satisfactoriamente; avance en la alfabetización académica), sino también a evaluar a los estudiantes respecto de la acreditación del curso.

Un tercer sub-aspecto a evaluar será el grado de participación e involucramiento de los estudiantes en las actividades experimentales de laboratorio. En especial, en esta etapa de sus carreras, resulta imperativo el aprendizaje de las normas y recaudos adecuados para lograr un automanejo consciente y seguro en el laboratorio. Adicionalmente, nos interesa fomentar un espíritu colaborativo, pro-activo y de organización en el trabajo en equipos. Por último, concentraremos esfuerzos en la enseñanza del manejo de equipos y materiales de laboratorio básicos, como pipetas, buretas, matraces, balanzas, termómetros.

Como dispositivo de seguimiento durante la implementación, los docentes llevaremos diarios de campo donde registraremos observaciones dirigidas a dar cuenta del aprendizaje de las conductas seguras y la operatividad en el laboratorio de cada estudiante. Para ello, cada docente/extensionista tendrá a cargo la observación de un grupo/equipo de cinco (5) estudiantes, pudiendo así registrar tanto las conductas individuales como su desenvolvimiento grupal. El referente de evaluación será la conducta inicial de cada estudiante como caso particular, no comparable con otros. Asimismo, se contemplará el aprendizaje del automanejo seguro en el laboratorio de cada estudiante como objetivo de mínima para la innovación.

- Uno de los objetivos del CEAEQ y, en dicho marco, de la presente innovación, es formar estudiantes autónomos y futuros profesionales con

compromiso social. El diario de campo antes mencionado será útil como dispositivo de seguimiento de este aspecto a evaluar. Nuevamente, el referente de evaluación será el perfil conductual inicial de cada estudiante. Adicionalmente, se incluirán en la encuesta final dirigida a los estudiantes preguntas cuyas respuestas puedan dar cuenta de este aspecto. Esta información se triangulará con la registrada en los diarios de campo docentes.

- Interesa evaluar la potencia de la innovación como propuesta de enseñanza que promueve el aprendizaje de contenidos disciplinares de Química por parte de los estudiantes. Como un sub-aspecto vinculado a ello, evaluar el grado de integración que logra la innovación entre teoría y práctica de la disciplina. Otro sub-aspecto será el grado de alfabetización académica promovido a través de las actividades de lecto-comprensión y elaboración de micro-textos propuestas en las Guías Operativas.

Se planifica el empleo de dos dispositivos a tal fin, el Cuaderno de Laboratorio, que permitirá un seguimiento del proceso de aprendizaje; y el Informe Final del análisis de agua, que los estudiantes deberán elaborar al finalizar todas las etapas de trabajo práctico y que habilitará una evaluación integradora de lo aprendido.

El Cuaderno de Laboratorio será requerido esporádicamente a los estudiantes para realizar las correcciones/devoluciones/aportes necesarios, consecuentes con una evaluación de proceso inscrita en el paradigma constructivista al que adscribimos. De ser necesario, se solicitará a los estudiantes el aplicar las correcciones y realizar una nueva entrega del Cuaderno a los docentes, con el objetivo de realizar un mejor seguimiento.

Respecto al Informe Final del análisis de agua, se evaluará tanto la expresión escrita como el grado de integración teoría-práctica del que den cuenta los estudiantes. El referente será construido para cada estudiante a partir del seguimiento realizado sobre su Cuaderno de Laboratorio, previendo que el Informe oficiará como instancia superadora de las notas tomadas en el Cuaderno durante los trabajos prácticos, siendo elaborado en momentos ulteriores a la experimentación en el laboratorio, que dejen espacio a una reflexión más profunda e integral sobre lo realizado.

- Por último, interesa evaluar el impacto que la presente innovación pueda tener en la promoción de las actividades y proyectos de Extensión de la FCEX. Se contará con un registro del número de estudiantes y docentes que comiencen a participar de proyectos y actividades de extensión a partir de la implementación. El dispositivo para recabar la información será una breve encuesta realizada a través de la plataforma SIU-Guaraní que será puesta a disposición de los estudiantes hacia finales de la cursada cuatrimestral. Los docentes serán consultados a este respecto durante las reuniones de equipo docente.

Para la evaluación de fin de la implementación, se contará con toda la información recabada a partir de los dispositivos descritos, la cual será analizada y triangulada para realizar la evaluación global de la innovación. El resultado del proceso de evaluación se volcará a un informe que se presentará para ser discutido por el Consejo Directivo de la FCEX y publicado para el libre acceso de los miembros de la comunidad de Exactas.

## **Conclusiones**

Elaborar esta innovación permitió recuperar aspectos sustantivos de la fragmentación de la docencia, la extensión y la investigación en el diseño curricular de las carreras de la Facultad de Ciencias Exactas, fragmentación que obtura la oportunidad de enriquecer los procesos de enseñanza y aprendizaje en la formación de profesionales científicos. En el caso particular de la Extensión, su ausencia en los discursos y actividades en el aula tiene como consecuencia adicional que la mayoría de los estudiantes desconozca qué es la Extensión y su función pilar en la Universidad, dificultando la difusión y convocatoria a actividades extensionistas extracurriculares.

Durante el diseño de la propuesta se mantuvo un intercambio fluido de experiencias y criterios con docentes del CEAEQ y extensionistas del Taller de Aguas, que en esta instancia valoro no sólo como pertinente, sino como necesario y fructífero, en tanto no es posible pensar en el diseño de propuestas de enseñanza y menos aún, en su continuidad, sin hacerlo con quienes se encuentran involucrados directamente en dicha práctica. Por un lado, permitió

desarrollar una innovación que contempla lo factible, lo disponible y lo no accesible en términos de las posibilidades que son habilitadas en el marco institucional de la FCEX y las formas en que se organizan el quehacer de la docencia y de la extensión. Me refiero aquí a la articulación de los tiempos de docentes y extensionistas; de los espacios áulicos y el territorio; de los puntos de consenso a encontrar entre las concepciones de Ciencia, profesional y responsabilidad social inherentes a cada función universitaria y entre los diferentes abordajes de las situaciones y los sujetos de intervención propias de cada una. También a la disponibilidad de herramientas de gestión y de recursos materiales de la Institución con los que se puede contar al momento de implementar la innovación. En palabras de Gloria Edelstein, "... la construcción metodológica se conforma en el marco de situaciones o ámbitos también particulares. Es decir, se construye casuísticamente en relación con el contexto (áulico, institucional, social y cultural)" (1995, p. 82).

Por otro lado, habilitó el inicio de un vínculo entre docentes y extensionistas que sienta las bases para la formación de futuros equipos inter-disciplinarios (interfunciones universitarias) desde el diálogo entre pares, donde todos los aportes son ponderados por igual, sin primacía de funciones ni de jerarquías de cargo.

Fue principalmente desde este compartir y construir la propuesta en equipo que logré significar muchos de los contenidos trabajados durante la Especialización en Docencia Universitaria y nutrir de otras perspectivas mi labor docente. Asimismo, la guía y seguimiento realizados por quienes dirigieron y tutoraron este trabajo, Dra. Laura E. Briand y Profa. Silvina M. Justianovich, respectivamente, se tradujeron en aportes indispensables para la concreción de este escrito. El presente TFI refleja el aprendizaje de quién, como docente novel, desarrolla por primera vez un material didáctico que es, en el contexto de implementación para el cuál fue pensado, innovador.

Respecto a las expectativas mediatas suscitadas alrededor de este TFI, aguardo la continuidad del trabajo en equipo que iniciamos docentes y extensionistas en la integración de funciones de la Universidad que armónica y espontáneamente se encuentran y potencian. Como producto de la discusión y promoción de la Extensión en el aula, se espera una mayor participación estudiantil y docente en

los programas y proyectos de extensión de la FCEX. Desde el mismo posicionamiento asumido en el diseño y desarrollo metodológico de la presente propuesta de enseñanza e innovación, se apostó a que la contextualización de la enseñanza genera mejores condiciones para habilitar procesos de aprendizaje significativos y comprometidos con las problemáticas y desafíos sociales de la comunidad en la que los profesionales se desempeñan. Estimo que el hecho de que estas perspectivas se encuentren presentes desde los primeros años, da cuenta de un ideal sobre la responsabilidad social y el compromiso profesional de la formación universitaria que genera un impacto en los estudiantes desde su ingreso a la facultad. Asimismo, ubica la necesidad de pensar de manera transversal a la formación profesional el servicio de las causas sociales con la formación disciplinar, académica y científica de los campos, y no como formas paralelas, alternativas, opcionales de vivir la profesión. En este sentido, y tal como se menciona en su proceso de diseño, la elaboración de esta propuesta de enseñanza se realizó desde la necesidad de contextualizar las prácticas de laboratorio, de enseñanza y de aprendizaje que los estudiantes atraviesan, habilitando, además, oportunidades de debate acerca del rol social de la Universidad y los profesionales que forma. En tanto toda propuesta pedagógica es política, no podría pensarse la enseñanza sin sujetos, sin la intencionalidad que la orienta, ni bajo la premisa de la mera aplicación de una serie de contenidos teóricos a problemas reales que se encuentran fuera de las aulas universitarias.

Como expectativa última, y a largo plazo, se espera que propuestas como ésta inicien discusiones que involucren a toda la comunidad de la FCEX acerca de aspectos tan fundamentales y transversales a la institución educativa como son el perfil de los profesionales que forma y la valoración de la Extensión como paradigma y espacio formativo de profesionales de calidad socialmente comprometidos.

## Bibliografía

Barraza Macías, A. (2013). *¿Cómo elaborar proyectos de innovación educativa?* México: Universidad Pedagógica de Durango.

Bertoni, A.; Poggi M. y Teobaldo M. (1996). Evaluación, nuevos significados para una práctica compleja. Buenos Aires, Argentina: Kapelusz Editora S.A.

Bolívar Botia, A. (1992). Papel del Profesor en los Procesos de Desarrollo Curricular. *Revista Española de Pedagogía*, año L, N° 191, pp. 131-151.

Cano Menoni, A. (2014). Extensión universitaria y alternativas pedagógicas en la Universidad Latinoamericana. Rodríguez A. B. y Contreras Montellanos O. F. (coord.). *La construcción del futuro: los retos de las Ciencias Sociales en México Memorias del 4° Congreso Nacional de Ciencias Sociales*. pp. 232-244. México: Cesmeca-Unicach.

Cano Menoni, A. y Castro Vilaboa, D. (2016). La extensión universitaria en la transformación de la educación superior. El caso de Uruguay. *Andamios. Revista de Investigación Social*, 13(31), 313-337. México: Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

Casco, M. (2008). Prácticas comunicativas del ingresante y afiliación intelectual. Ponencia oral presentada en el *V Encuentro Nacional y II Latinoamericano "La Universidad como objeto de investigación"*. Buenos Aires: Editorial de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.

Edelstein, G. (1995). Lo metodológico: un capítulo pendiente en el debate didáctico. *Corrientes Didácticas Contemporáneas*. Buenos Aires: Editorial Paidós.

Feldman, D. (2010). *Didáctica general*, 1ra Ed. Buenos Aires: Ministerio de Educación de la Nación.

Giménez, G. (2011). Leer y escribir en la Universidad. El lenguaje y los textos como problema y posibilidad. Capítulo en el libro *Ingreso a la universidad. Relación con el conocimiento y construcción de subjetividades*, Ortega, F. (Comp.). Córdoba, Argentina: Ferreyra Ediciones.

Gimeno Sacristán y Pérez Gómez. (1992). Comprender y Transformar la Enseñanza. En Coscarelli, M. R. (2003). Evaluación. Ficha de cátedra.

Lucarelli, E. (2004). Las innovaciones en la enseñanza, ¿Caminos posibles hacia la transformación de la enseñanza en la Universidad? III Jornadas de Innovación

Pedagógica en el Aula Universitaria. Universidad Nacional del Sur. ISBN 987-98069-5-6.

Morandi, G. (1997). La relación teoría-práctica en la formación de profesionales: problemas y perspectivas. Ponencia presentada en las II Jornadas de Actualización en Odontología, Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Argentina

Morandi, G. y Ros, M. (2014). La construcción de proyectos de formación. El proceso de diseño de situaciones de enseñanza. Relaciones entre diseño y acción. *Módulo 2: Prácticas docentes y prácticas de la enseñanza en la Universidad*. Documento de trabajo-Especialización en Docencia Universitaria de la UNLP.

Sabulsky, G., Danieli, M.E. y Roldán, P. (2018). Tecnologías en la escuela: saberes compartidos en una experiencia de PSC. *Revista e+e*, 5(5). Recuperado de: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/EEH/index>.

Sampaolesi, S. y León Peláez, Á. (2018). ¿Integralidad o articulación? Reflexiones acerca de experiencias de curricularización de la extensión en universidades de Argentina y Uruguay. *Revista Masquedós*, 3 (3). Recuperado de: <http://beu.extension.unicen.edu.ar/xmlui/handle/123456789/279>.

Tommasino, H. y Cano, A. (2016). Avances y retrocesos de la extensión crítica en la Universidad de la República de Uruguay. *Revista Masquedós*, 1(1), 9-23. Tandil, Argentina: Secretaría de Extensión UNICEN.

Vellas, E. (2010). Teorías constructivistas y organización del trabajo escolar. Gather Thurler M. y Maulini O. (Coord.) *La organización del trabajo escolar. Una oportunidad para repensar la escuela*. pp. 67-86. España: Imprimeix.

Zavaro Pérez, C.A. (2019). Las prácticas de extensión como experiencias de curricularización: entre el debate y la práctica objetivada. *Redes de extensión*, 5, 7-22.