

Electroquímica

(QO225)

Vigencia: 2022-actualidad

1. Características de la Materia

Régimen de dictado: Cuatrimestral, se trata de una materia obligatoria para el Núcleo C (Orientación Química-Física) dentro del Ciclo de Formación Superior y optativa para el resto de los núcleos.

Ubicación curricular en el plan de estudios: 8vo cuatrimestre

Cantidad de horas totales: 128 h (8 h semanales)

Materias Correlativas: QO206 (Fisicoquímica III)

Profesor a cargo: Dr. Waldemar Marmisolle

Contenidos previos. Para una mejor realización de la cursada es conveniente revisar conocimientos previos relacionados con circuitos eléctricos con corriente continua y corriente alterna (curso de Física), teoría cinética de los gases (Fisicoquímica básica), teoría de electrolitos, termodinámica de equilibrio y cinética química. Se recomienda también el manejo de ecuaciones diferenciales parciales (Análisis matemático, y matemáticas especiales).

2. Objetivos de Aprendizaje

De acuerdo con el Plan de estudios vigente,¹ entre los **objetivos de aprendizaje** de la asignatura se encuentran:

- Que el alumno comprenda claramente la importancia de las superficies e interfaces en el estudio de la Electroquímica, así como el efecto de las variables eléctricas sobre los procesos que ocurren en éstas.

¹ <https://www.quimica.unlp.edu.ar/wp-content/uploads/Plan-Licenciatura-en-Qca.-2013.pdf>

- Que el alumno adquiera conocimientos básicos de electroquímica, tanto desde el punto de vista teórico como experimental
- Que el alumno conozca las diferentes técnicas que existen en el campo de la Electroquímica, haciéndose hincapié tanto en los aspectos teóricos como aplicados
- Que el estudiante comprenda la importancia de la Electroquímica desde el punto de vista de su empleo tradicional, en el estudio de los procesos de corrosión y síntesis orgánica, como en la tecnología actual, donde las técnicas electroquímicas son fundamentales en procesos de fabricación de sensores electroquímicos de gases y de compuestos de interés biológico y como herramienta para caracterizar materiales de sumo interés en nanotecnología, como los nanotubos y otros materiales utilizados en la construcción de celdas de combustible.

3. Contenido de la Asignatura. Programa

Los contenidos mínimos de Electroquímica establecidos en el Plan de Estudios² vigente incluye:

- Estructura de la interface conductor-electrolito.
- Cinética de las reacciones en la interface electroquímica.
- Metodología experimental en electroquímica.
- Mecanismos de reacciones electroquímicas.
- Aplicaciones de la Electroquímica al comportamiento de materiales en diferentes medios.

Estos contenidos se desarrollan a lo largo de los siguientes bloques:

Bloque 1

I. Clasificación de sistemas electroquímicos.

Sistemas electroquímicos de interés fundamental y tecnológico. a) Pilas; b) celdas electrolíticas y c) sistemas autónomos (presentes en la corrosión). Las distintas partes que forman un sistema electroquímico, los distintos tipos de electrodos y electrolitos. Variables electroquímicas empleadas como observables: la corriente, el potencial, las concentraciones de las especies en solución y en la interfase. La estructura cristalina, la rugosidad de los electrodos.

II. Electroodos y procesos electroquímicos. La presencia de una interfase y la diferencia de potencial en un

² <https://www.quimica.unlp.edu.ar/wp-content/uploads/Plan-Licenciatura-en-Qca.-2013.pdf>

electrodo. La “doble capa eléctrica”. Procesos no faradaicos y Faradaicos. Modelos eléctricos de las interfases que forman un sistema electroquímico y su respuesta frente a una perturbación eléctrica. Electrodo idealmente polarizable e idealmente no polarizable. Ejemplos prácticos que se aproximan a los casos límites mencionados.

III. El electrolito. Naturaleza de las interacciones en soluciones electrolíticas. Termodinámica de las interacciones electrolíticas. Factores de actividad y estados de referencia. La teoría de Debye-Huckel. Cálculo del factor de actividad de los iones. Comparación con datos experimentales obtenidos de medidas de la fuerza electromotriz de pilas. Límites de aplicabilidad de la teoría y sus mejoras.

IV. Estructura de la “doble capa eléctrica”. Termodinámica de las interfases electroquímicas. Relación entre el potencial, la concentración y la tensión interfacial. Las características de la interfase mercurio metálico/electrolito. Obtención de curvas electrocapilares, determinación del exceso de carga. Modelos estructurales de la interfase electroquímica. Modelo de Helmholtz-Perrin. Modelo de Gouy-Chapman. La síntesis de Stern y el modelo de Bockris-Devanathan-Muller, “la triple capa eléctrica”.

V. electroquímica de equilibrio. Funciones termodinámicas a partir de la medida de la fuerza electromotriz de pilas. Potencial de Galvani o interno. Las contribuciones del potencial de Volta y el potencial superficial. Experimentos mentales que permiten visualizar los distintos tipos de potencial. Potencial electroquímico. Diferencia de potencial entre los terminales de una pila (suma de potenciales de Galvani). Definición de potencial estándar de electrodo. Convenciones tomadas por la IUPAC y la invariancia de los potenciales. Medida de la fuerza electromotriz. La relación con el cambio de energía libre de Gibbs y la determinación de otras magnitudes termodinámicas. Potenciales mixtos o de corrosión. Dependencia de los potenciales de electrodo con la concentración. Ecuación de Nernst. Potenciales formales. Dependencia con el pH. Construcción de los diagramas de Pourbaix. Escritura de pilas según la convención de IUPAC. Reacciones involucradas en los electrodos y determinación del potencial normal estándar de electrodo y coeficientes de actividad medios.

Para el desarrollo del bloque I se sugiere 5 semanas.

Bloque 2

I. Cinética de reacciones de electrodo. Generalidades de una reacción electroquímica: el transporte de los reactivos hacia la interfase, transformación química, la adsorción de los reactivos o derivados, la transferencia de electrones en una o varias etapas, la adsorción de productos o intermediarios, reacción química, transporte de los productos desde la interfase hacia el seno de la solución. El sobrepotencial.

Revisión de cinética química homogénea. La ecuación de Arrhenius y superficies de energía potencial. Teoría del estado de transición. Conceptos fundamentales de reacciones de electrodo. La relación entre velocidad

de reacción y densidad de corriente. Relación entre el potencial aplicado y el sobrepotencial. Representación de Tafel. El modelo de Butler-Volmer para la cinética de reacciones electroquímicas. Efecto del potencial sobre las barreras de energía. Efecto del sobrepotencial en la velocidad de la reacción. La constante de velocidad estándar. El coeficiente de transferencia y el factor de simetría. Condiciones de equilibrio en términos cinéticos. La densidad de corriente de intercambio. La ecuación de Nernst. Comportamiento reversible de los sistemas. Definición cinética de electrodos idealmente no polarizables e idealmente polarizables. La ecuación general corriente-sobrepotencial deducida del modelo de Butler-Volmer. Formas aproximadas a partir del modelo, válidas para bajos y altos de sobrepotencial: forma lineal y representaciones de Tafel, respectivamente.

II. Mecanismo de reacción de varias etapas consecutivas. Concepto de etapa limitante. Expresiones para el coeficiente de transferencia. Corroboración con datos experimentales. Determinación de mecanismos de reacción sencillos. Sistemas de multicomponentes y transferencia de carga en varios pasos. Reacciones reversibles, quasi e irreversibles.

III. Transferencia de materia en electroquímica. Ecuación general de transferencia de materia. Migración. Difusión y Convección. Leyes de Fick. Condiciones de contorno en problemas electroquímicos. Acoplamientos entre efectos cinéticos y de transferencia de masa en las reacciones electroquímicas. Resistencia de transferencia de carga. Distintos tipos de sobrepotenciales: de activación y de concentración. La corriente límite. Efectos de transferencia de materia en la ecuación de Butler-Volmer. Tratamiento semiempírico. Teoría de la capa de Nernst. La reversibilidad electroquímica. Potencial de media onda. El depósito de un metal a partir de sus iones y el caso límite de polarización completa. Efecto del agregado de electrolito soporte en el transporte de materia. El efecto del agregado de electrolito soporte en la corriente límite. Transporte de materia controlado por difusión. Aplicación de números adimensionales en electroquímica y la contribución de los distintos procesos en la reacción electroquímica global.

Para el desarrollo del bloque II se sugiere 4 semanas.

Bloque 3.

Técnicas empleadas en electroquímica.

I. Técnicas de potencial controlado. Instrumental requerido: potenciostato. Distinto tipo de técnicas de acuerdo a la perturbación mediante modificación del potencial de forma controlada y el registro de la corriente. Escalón de potencial bajo control difusional. Escalones de potencial de amplitud variable. Voltamperometría con muestreo de corriente. Resolución de las ecuaciones de difusión para electrodos perturbados por escalones de potencial. Concentraciones de las especies en función del tiempo y de la distancia al electrodo. Perfiles de concentración. Forma de la onda de corriente. La ecuación de Cottrell.

Control mixto: cinético y por difusión. Criterios de reversibilidad e irreversibilidad. Reacciones reversibles, quasi-reversibles e irreversibles. Sistemas de multicomponentes y transferencia de carga en varios pasos.

Utilización de microelectrodos para ampliar el rango temporal de las técnicas. Microelectrodos planos, esféricos, cilíndrico y en forma de banda. Cronoculombimetría.

II. Métodos de barrido de potencial. Comparación entre las técnicas con aplicación de escalones de potencial y barrido potenciodinámico. Técnicas con inversión de potencial. Voltamperometría cíclica. Sistemas reversibles. Sistemas irreversibles. Sistemas quasi-reversibles. Sistemas de multicomponentes y transferencia de carga en varios pasos.

III. Técnicas de corriente controlada (técnicas galvanostáticas). Comparación entre las técnicas de corriente controlada y potencial controlado. Técnicas de corriente constante y corriente programada. Resolución de la ecuación de difusión con la condición de flujo controlado establecido por el control de la corriente. Definición del tiempo de transición. La ecuación de Sand. Perfiles de concentración. Curvas potencial – tiempo. El potencial de cuarto de onda. Criterios de reversibilidad e irreversibilidad. Interferencia de la doble capa eléctrica. Sistemas de multicomponentes y reacciones en varios pasos estudiadas por técnicas galvanostáticas.

IV. Técnicas basadas en el transporte de materia por convección forzada. Métodos hidrodinámicos.

Tratamiento teórico de sistemas convectivos. Ecuación de convección - difusión. Electrodo de disco rotatorio. Ecuación corriente-potencial en el electrodo rotatorio. La ecuación de Levich. Introducción a la voltamperometría con electrodo de disco rotante. Aplicaciones: determinación de coeficientes de difusión, estudio de películas depositadas sobre electrodos.

V. Técnicas basadas en conceptos de impedancia. Espectroscopia de impedancia electroquímica. Revisión de circuitos con corriente alterna (ac). Circuito equivalente de una celda electroquímica. Ventajas de las técnicas de impedancia respecto a otras en el estudio de los procesos electroquímicos. Resolución de las ecuaciones para la impedancia electroquímica. El método de los circuitos equivalentes y los métodos microscópicos. Presentación de resultados. Diagrama de Nyquist y de Bode. Parámetros cinéticos y de transporte de masa deducidos de medidas de impedancia. Aplicación de la técnica de impedancia para estudiar formación de películas sobre electrodos, proceso de conducción en polímeros sobre electrodos metálicos, y procesos de corrosión.

Para el desarrollo del bloque III se sugiere 5 semanas.

4. Desarrollo de la Propuesta Metodológica

Ante el aumento exponencial de la velocidad de generación de información mundial en todas las áreas y de cara a una Sociedad del Conocimiento (UNESCO, 2005), la selección de contenidos que abarcan nuestras clases afronta un gran desafío. Por un lado, la tasa de generación de los contenidos disciplinares vuelven inabordable su contemplación totalizadora incluso en áreas muy específicas. Por otro lado, la vertiginosa actualización de los contenidos conduce a la necesidad de una formación continua de los profesionales (*formación a lo largo de la vida*). En este contexto, la selección de contenidos debe contemplar su actualidad y validez (Davini, 2008), pero también resultar potentes para el trabajo docente. Así, toma relevancia la formación en competencias relacionadas con el manejo de la información y con la formación permanente. En este sentido, aprender a seleccionar la información y a gestionar distintas fuentes, aprender a utilizar herramientas de forma interactiva, a interactuar en grupos heterogéneos y a actuar de forma autónoma constituyen aspectos esenciales para *aprender a aprender*. Para ello, resulta fundamental propiciar una gestión metacognitiva del aprendizaje (González Galli, 2019; Pozo y Pérez Echeverría 2009), que estimule la reflexión sobre los procesos y productos del propio pensamiento y aprendizaje. Por otro lado, aprender a gestionar el conocimiento implica no solamente conocer los temas, sino las relaciones entre ellos. Implica también adquirir la capacidad de abordar problemas globales y fundamentales para inscribir conocimientos parciales, atendiendo a sus contextos y complejidades (Morín, 1999).

4.1. La Evaluación en las últimas materias de la carrera

Las nuevas corrientes pedagógicas sitúan al alumno en un lugar de sujeto de su propio aprendizaje (González Galli, 2019; Pozo y Pérez Echeverría 2009), pero en el momento de la evaluación, en general, se posiciona al alumno como objeto pasivo y receptivo (Moreno, 2011). El alumno-sujeto queda excluido de la evaluación y de los beneficios que ello implicaría en términos de su aprendizaje. Implicar al alumno en el aprendizaje como sujeto es comprometerlo también con la evaluación y hacerlo responsable de su formación (Moreno, 2011). En torno a la evaluación, las problemáticas pueden pensarse en dos dimensiones. Por un lado, la cuestión de la evaluación en el sentido normativo y el poder que adquiere al punto de que las acciones de enseñanza y aprendizaje quedan subordinadas a las condiciones y formas de acreditación establecidas y avaladas por las instituciones; y por el otro, en la dimensión pedagógica, la

necesidad de incorporar a la evaluación como un instrumento para el aprendizaje y el aprovechamiento de los dispositivos empleados en la evaluación para el desarrollo de otras competencias complementarias.

Éste último punto está relacionado con lo absurdo que resulta la figura del examen escrito tradicional en las últimas materias de la carrera. Por un lado, presenta una baja utilidad como elemento de medición, y, por otro lado, el examen escrito representa un género totalmente artificial, que tiene reducida existencia más allá del ámbito académico de grado. Los docentes frecuentemente observamos que los alumnos se entrenan para sortear adecuadamente un dispositivo (el examen parcial) que utilizamos a regañadientes. Se trata de un dispositivo que adquiere un peso decisivo en sus trayectorias y, muchas veces, se vuelve más poderoso que el propio aprendizaje. Un dispositivo que pronto va a desaparecer de sus vidas para convertirse en un mal recuerdo: ningún profesional se enfrenta a una instancia similar a un examen escrito en su ámbito de desarrollo, aun cuando se desarrolle en el ámbito académico. Entonces, ¿cuál es el sentido de prolongar su utilización en las últimas materias?

4.2. La Evaluación Formativa

Por su estrecho vínculo con la enseñanza, la evaluación debe estar presente desde la planificación (Anijovich, 2017), ya que constituye parte del *currículum* (Carlino, 2004). Además, es importante reconocer que no existe un único método de llevar adelante la evaluación, ya que ésta debe adecuarse al *objeto de estudio*, a los *sujetos de aprendizaje* y al *contexto* (Celman 1998). Por otro lado, la evaluación es política. El uso que se da a la información adquirida en una evaluación devela el poder en el campo de la evaluación. En este sentido, una postura democrática implica abandonar un lugar de poder y priorizar a los alumnos como sujetos con derecho a participar en los procesos relacionados con su aprendizaje (Celman, 1998). La evaluación sienta una postura acerca de aquello que se valora en el proceso formativo. En el contexto universitario, también traduce qué profesional se intenta formar y para qué tipo de actividades, promoviendo un vínculo particular del estudiante-futuro profesional con el conocimiento (Araujo, 2016).

Finalmente, la evaluación debe ser educativa en el sentido de promover aprendizaje no sólo por la información que el profesor brinda al final del proceso, sino que la actividad cognitiva que la propia tarea demande debe estar alineada con los objetivos de la enseñanza (Carlino, 2004). Entendida en una perspectiva de continuidad (procesual), la *evaluación formativa* permite reajustes sucesivos en el *currículum* y los métodos de enseñanza. En este sentido, la devolución de información de las evaluaciones

y el intercambio de ideas acerca de las posibilidades de mejora (*feedback*), hacen de la evaluación una herramienta de conocimiento (Celman 1998, Anijovich 2017).

Desde la evaluación debemos estimular las habilidades metacognitivas para que el alumno tome conciencia de su propio proceso de aprendizaje, de sus avances, estancamientos, de las acciones que le han hecho progresar y de aquellas que le han inducido a error. La evaluación se convierte así en un instrumento en manos del estudiante para tomar conciencia de lo que ha aprendido, de los procesos que le han permitido adquirir nuevos aprendizajes, así como para regular dichos procesos (Anijovich 2017). La evaluación, como herramienta al servicio del aprendizaje, debe constituir un proceso continuo que estimule la propia reflexión del alumno sobre su posición respecto del conocimiento, atendiendo especialmente a la naturaleza dinámica del aprendizaje; es decir, analizando el presente en relación al pasado (los logros y falencias) y las posibilidades futuras (estrategias de mejora).

4.3. La Tesina y la escritura académica

Por otro lado, los estudiantes deben realizar un trabajo de Tesina para acceder al título de Licenciatura en Química. Entre las dificultades relevadas en para la concreción de estos trabajos, el principal problema surge en torno a la escritura académica (Marmisolle, 2021). Como señala Carlino, la *alfabetización académica* corresponde al conjunto de nociones y estrategias necesarias para participar en la cultura discursiva de las disciplinas, así como en las actividades de producción y análisis de textos requeridas para aprender en la Universidad (Carlino 2003). Designa también el proceso por el cual se llega a pertenecer a una comunidad científica y/o profesional precisamente en virtud de haberse apropiado de sus formas de razonamiento instituidas a través de ciertas convenciones del discurso. Este concepto se opone a la idea de que los modos de leer y escribir son iguales en todos los ámbitos y que la alfabetización es una habilidad básica que se adquiere de una vez y para siempre; en este sentido, algunos autores hablan en plural, de *las alfabetizaciones*. Carlino también reniega de la idea de que escribir es una habilidad que debió aprenderse antes de llegar a los estudios superiores, ya que sostiene que para producir un texto escrito no basta con estar alfabetizado y tener algo que decir. Por el contrario, se encuentra que muchos estudiantes universitarios redactan sin tener en cuenta lo que precisan sus lectores. Esto se debe fundamentalmente a que normalmente escriben para ser evaluados y no hay devoluciones que impliquen segundas miradas. Así, Carlino considera que las instituciones universitarias argentinas desaprovechan el poder epistémico de la escritura, ya que utilizan la escritura para la acreditación, pero no retroalimentan lo escrito para seguir aprendiendo (Carlino 2003).

4.4. El contexto curricular de la materia

Electroquímica se ubica en el 8vo cuatrimestre de la carrera, el primero en el que los estudiantes de Lic. en Química optan por alguno de los cuatro núcleos disciplinarios del ciclo de Formación Superior (las tradicionales orientaciones de la carrera). Solamente una fracción de los estudiantes de la Lic. en Química cursa esta materia (quienes cursan el núcleo C o quienes la cursan como optativa). Las cohortes suelen ser de un número reducido: 2-5 alumnos. El trato es personalizado y es posible el conocimiento del desempeño individual a lo largo de la cursada. El reducido número de alumnos permite también la implementación de mayor grado de libertad de los alumnos en instancias prácticas experimentales, donde se les permita la toma de decisiones y la evaluación de ideas (comprobación de hipótesis) sin que la posibilidad de fracaso ponga en peligro el desarrollo de los trabajos prácticos o la seguridad de los alumnos (como suele suceder en otras instancias de trabajos experimentales con grupos numerosos).

Por otro lado, los alumnos que cursan están próximos a recibirse. Esto los convierte en *cuasi*-profesionales. Surge entonces la reflexión sobre las competencias que serán necesarias en el futuro próximo y, entre ellas, adquiere relevancia el manejo de distintas estrategias de comunicación oral y escrita.

Finalmente, las reglamentaciones de acreditación de las materias, estrictas para los cursos numerosos de los primeros años, se vuelven laxas en estas instancias, posibilitando la construcción de contratos didácticos que rompen los esquemas más tradicionales de la carrera.

Ante esta situación y considerando la importancia de la formación experimental para los licenciados en Química, el dictado de Electroquímica está organizado alrededor de los Trabajos Experimentales, priorizando estas tareas y las actividades asociadas, como la redacción de informes de laboratorio.

5. Actividades Propuestas para el Dictado

5.1. Propósitos de las Actividades

Las actividades propuestas para el dictado persiguen varios propósitos, entre los que se incluye:

- Fomentar la capacidad de los alumnos de vincular las temáticas tratadas en la asignatura con conocimientos previos y su utilización como base para el posterior desarrollo temático.
- Propiciar el desarrollo de una actitud crítica frente a las teorías y modelos impartidos, su aplicabilidad y falencias.
- Enfrentar a los alumnos a distintas fuentes bibliográficas de variada dificultad, favoreciendo que puedan reconocer los elementos principales y dar cuenta de su contenido con un lenguaje preciso.
- Estimular la adquisición de un lenguaje específico de la disciplina que les permita elaborar recursos adecuados para una correcta comunicación oral y escrita.
- Favorecer la adquisición y el perfeccionamiento de una destreza experimental para la realización de actividades de laboratorio.
- Guiar la adquisición de niveles crecientes de autonomía en la realización de las distintas actividades académicas.
- Fomentar el trabajo en equipo, las discusiones científicas y el respeto por la diversidad de opiniones.

5.2. Tipos de Actividades Propuestas

5.2.1. Espacio de Teoría-Seminario.³

Se prevé realizar en dos clases semanales de 2.5 horas cada una en las que se presentarán los contenidos teóricos y se resolverán problemas de seminario. Los **contenidos teóricos** son introducidos por el profesor, presentando y discutiendo los conceptos esenciales. Se propiciará el empleo de medios audiovisuales (tipo PowerPoint). También se utilizará el pizarrón como recurso didáctico, fundamentalmente para realizar pasos matemáticos o resolver ejercicios numéricos. Si bien la modalidad tiene un fuerte carácter *instructivo*, no supone que los alumnos sean espectadores pasivos, sino que incluye una importante carga de elaboración por parte de ellos. Se buscará favorecer el proceso comunicativo (verbal y visual), estimular

³ En el contexto de Pandemia, las clases de Teoría-Seminario serán realizadas a distancia, utilizando la modalidad de videoconferencias.

la participación, la reflexión y el debate con los alumnos y entre ellos mismos (Davini, 2008, Cap. 4). En este sentido, la centralidad del dictado en estas clases se enmarcará en la *transmisión significativa*, como una alternativa de integración entre la instrucción y la enseñanza como guía (Davini, 2008, Cap. 4). Cada clase comenzará con un breve resumen de lo temas dados la clase anterior para poner los contenidos nuevos en contexto. Se buscará que sean los alumnos los que describan los temas principales de las clases anteriores y sean capaces de resumirlos de manera oral. Además, los docentes comentarán de manera sucinta las líneas de desarrollo de la clase del día, de manera de que los alumnos sepan en todo momento la concatenación temática y puedan seguirla más sencillamente. Al finalizar, se presentará un resumen de los contenidos de la clase y se adelantará el tema de la próxima.

En cuanto a los **problemas de seminario**, serán de dificultad variable y se buscará no resolver todos los problemas en la clase, sino aquellos representativos del conjunto. De esta manera se pretende estimular a que los alumnos se enfrenten a la resolución de los problemas y, eventualmente, les surjan dudas que puedan ser empleadas en las clases para rectificar algún concepto que fuera aprendido de manera equivocada o reforzar algún tema. Los ejercicios no resueltos en clase serán distribuidos entre los alumnos para que los entreguen de manera individual. Estos problemas serán revisados por el plantel docente y devueltos para que el alumno pueda evaluar su desempeño y corregir conceptos, metodología empleada o la forma de comunicación escrita en instancias previas al examen parcial. Alternativamente, los problemas serán presentados por los mismos alumnos para discutirlos de manera grupal en la clase. Esto permitirá el seguimiento del nivel de comprensión de los alumnos e identificar las dificultades más frecuentes para poder tomar medidas paliativas en el transcurso del dictado.

5.2.2. Espacio de los Trabajos Prácticos Experimentales.

Los **trabajos prácticos (TPs) de laboratorio** cumplen un rol muy importante al reforzar la aplicabilidad de los contenidos y poner de manifiesto de una manera directa la cercanía con las situaciones experimentales. No se utilizarán como meros recursos ilustrativos de la teoría sino como recursos integrados al dictado, funcionando como disparadores de preguntas teóricas y propiciadoras de reflexiones que involucran elementos teóricos contextualizados.

Las ideas básicas para la realización de los TPs serán presentadas por el JTP en las clases teórico-prácticas, mientras que los detalles experimentales y de empleo del equipamiento se darán directamente en el laboratorio. Se proveerá a los alumnos de material didáctico para la realización del TP (guías, tablas de datos bibliográficos, *papers* asociados, etc.). También se pondrá énfasis en los cuidados y las medidas de

seguridad que deben tenerse en cuenta en cada caso, fomentando la adquisición de un hábito de responsabilidad para el trabajo en el laboratorio.

Durante el desarrollo del TP, y en la medida de lo posible, los alumnos trabajarán en equipo, repartiéndose tareas y discutiendo alternativas para la realización de las actividades. Se prestará particular atención al tratamiento cuantitativo de los resultados experimentales, estimulando la utilización de *softwares* especializados, los cuales serán presentados y empleados también como parte de las clases teórico-prácticas. Se buscará una comparación crítica de los resultados obtenidos con los datos bibliográficos o los resultados esperados y se discutirán las fuentes de error y posibles mejoras. Finalmente, se solicitará la presentación de informes escritos de cada uno de los TPs realizados. Se otorgará un rol muy importante a la presentación de informes con un nivel adecuado de redacción y análisis, para lo que existirán varias instancias de retroalimentaciones con los docentes.

5.3. Trabajos Prácticos Experimentales

Los trabajos Experimentales propuestos incluyen los siguientes:

Trabajo Práctico Nro 1. Instrumentación electroquímica. Electroodos de referencia.

Trabajo práctico Nro. 2. Voltamperometría cíclica de electrodos inertes. Procesos faradaicos y no faradaicos.

Trabajo Práctico Nro 3. Determinación de las pendientes de Tafel en la electrodisolución de cobre en medio amoniacal

Trabajo Práctico Nro 4. Criterios de reversibilidad y determinación del coeficiente difusión por voltamperometría.

Trabajo Práctico Nro 5. Voltamperometría de reacciones irreversibles Determinación de la concentración ácido ascórbico.

Trabajo Práctico Nro 6. Determinación del pKa de un grupo superficial por voltamperometría cíclica

Trabajo Práctico Nro. 7. Electrosíntesis de un polímero electroactivo.

La carga horaria de los trabajos experimentales des de 4 hs por semana. Estos trabajos experimentales se realizan en laboratorios del Instituto de Investigaciones Fisicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA)

perteneciente a CONICET-UNLP, a los que los docentes tienen acceso. Estos laboratorios cuentan con el instrumental básico necesario: Potenciostatos, celdas electroquímicas, electrodos de referencia, electrodos, balanzas, pH-metro, electrodos rotantes, controlador de rotación, módulo para espectroscopía de impedancia electroquímica, etc. Por otro lado, los insumos necesarios (reactivos químicos, agua destilada, sales, buffers, guantes, papel de laboratorio) también son provistos por los grupos de investigación del lugar.

Para la realización de los trabajos prácticos se provee de guías con fundamentos teóricos, protocolo de trabajo experimental y propuesta de análisis de datos y discusión, y la bibliografía. Además, las guías contienen una serie de preguntas para discutir conceptos relacionados con la temática de cada trabajo práctico.

5.4. Charlas de Profesionales del Campo de la Electroquímica

En la segunda parte del curso se propone la realización de charlas en las que diferentes profesionales que trabajan en cuestiones vinculadas a la electroquímica comentan algunas particularidades de aplicaciones de la electroquímica en la industria o de casos de investigación de diversos sistemas electroquímicos de frontera o profundización de alguna temática básica abordada superficialmente a lo largo del curso. Estas charlas se organizan en función de la disponibilidad de quienes las presentan, dentro del horario de cursada de la materia.

6. Evaluación y Acreditación

6.1. La propuesta de Evaluación en Electroquímica

La propuesta consiste en el reemplazo de las formas de evaluación escrita tradicional (exámenes parciales escritos) por un conjunto variado de dispositivos integrados a lo largo de toda la cursada. En todas las instancias, se valorará tanto la pertinencia del contenido como la forma en que lleva a cabo la comunicación en lo vinculado a la organización de las ideas, claridad en la exposición, uso de un lenguaje adecuado, respeto de las fechas y tiempos pautados para cada tarea, etc.

En este contexto, los propósitos de la evaluación irán más allá de valorar la adquisición de conocimientos disciplinares específicos. La evaluación (o cada instancia de evaluación) se constituirá en un espacio para

la reflexión acerca de los logros alcanzados por parte de los alumnos, una valoración del avance respecto de los objetivos iniciales y la posibilidad de generar nuevos objetivos basados en los resultados presentes. Será una oportunidad para estimular a los alumnos a desafiarse a sí mismos para continuar construyendo un bagaje de conocimientos y estrategias que les permitan desarrollarse en el ámbito profesional próximo; para tomar conciencia de sus posibilidades como reguladores de su propio aprendizaje, en tanto sujetos autónomos. En este sentido, se pondrá especial énfasis en las instancias de devolución de las producciones resultantes de los diversos dispositivos de evaluación integrados a lo largo de la cursada.

Los contenidos incluidos en las evaluaciones corresponderán a los aspectos prácticos de las técnicas experimentales, con énfasis en la comunicación de los resultados obtenidos. Los aspectos comunicacionales constituirán parte del *curriculum*, ya que se reflexionará sobre las características esperadas (o las diversas posibilidades) en la construcción de informes escritos de carácter técnico y en la producción de presentaciones orales asistidas por tecnología, siendo ambas herramientas de gran importancia en la actuación profesional, tanto académica como industrial/empresaria, de los Licenciados en Química.

Por otro lado, se propondrá el uso de una carpeta virtual compartida para la inclusión de las producciones utilizadas como soporte de las exposiciones orales. Estos archivos junto con los informes individuales, constituirán un *portafolio* de producciones individuales que darán cuenta del recorrido de cada alumno. Se fomentará la inclusión de las distintas versiones de cada una de las producciones como testigos del proceso de construcción.

Los dispositivos a implementar y sus características se describen a continuación:

1- Informes o reportes: Comprenden la presentación de un informe individual breve de las actividades experimentales de cada una de las técnicas estudiadas en donde se presenten los resultados más significativos, que serán devueltos en instancias de *feedback* y/o discutidos en forma grupal para la construcción de acuerdos sobre los avances logrados y las posibilidades y estrategias de mejora. Se acordará con los alumnos qué formato tendrá el informe y qué tipo de información es necesario volcar en ellos y los plazos de entrega.

2- Coloquio de Trabajos Prácticos: consistirá en una instancia de defensa de los resultados de un bloque de actividades experimentales una presentación oral individual breve (asistida con dispositivos tipo PowerPoint) y una instancia de preguntas sobre los temas abordados al finalizar la exposición. Se propiciará la formulación de preguntas o comentarios por parte del resto de los alumnos. El objeto de

comentario no será solo el contenido disciplinar, sino también lo relativo a la presentación oral, de manera de visibilizar puntos fuertes o aciertos y sugerir cambios para instancias futuras.

3- Seminario de Papers: Consistirá en la exposición oral individual de un *paper* sobre una temática de interés personal enmarcada en el contexto de la materia. Tendrá el formato de un *seminario de grupo*, en el que se pretende que el alumno explique el contenido del artículo científico a sus pares y atienda a las inquietudes de docentes y alumnos.

4- Muestra Final: Se propondrá a los alumnos realizar una muestra final de las actividades experimentales realizadas en la materia. Esta muestra estará dirigida a alumnos de años inferiores pero abierta a otros miembros de la comunidad de la Facultad, por lo que deberán adecuarse las explicaciones priorizando cuestiones conceptuales por sobre lo técnico-disciplinar. Esta actividad tendrá dos objetivos principales: por un lado, dar cuenta de lo realizado por alumnos y docentes; y, por el otro, permitir a otros alumnos tener una idea más acabada de la materia al momento de decidir cursarla (o no), dado que puede cursarse como una materia optativa en el caso de estudiantes de otras orientaciones de la carrera.

Se tratará de una presentación oral diseñada y defendida enteramente por los alumnos, con el asesoramiento de los docentes.

Un rasgo importante de esta actividad es que será grupal, por lo que deberán realizar acuerdos en todos los aspectos de la charla (qué les resulta significativo contar, cómo contarlo, de qué manera se repartirán las tareas, etc.). Además, en esta instancia alumnos y docentes trabajarán en conjunto, para dar cuenta de lo producido ante un agente externo (otro alumno, otro docente, la Facultad), por lo que se rompe la asimetría tradicional presente en los dispositivos previos.

De esta manera, desde los informes escritos hasta la muestra final, los dispositivos a implementar buscarán un desplazamiento del destinatario de la comunicación: primero el docente, luego el grupo de pares y, finalmente, la comunidad extra-assignatura. Este giro completo del enfoque constituye un cambio en las relaciones de poder en las actividades: El objetivo ya no será presentar pruebas de aprendizaje a un juez-docente certificador de saberes, sino reflexionar sobre lo construido juntos y comunicarlo.

7. Bibliografía

7.1. Bibliografía Básica para el Dictado

- A. J. Bard y L. Faulkner. *Electrochemical Methods. Fundamentals and Applications*. J. Wiley & Sons, New York, 2001, segunda edición.
- Bockris-Reddy. *Modern Electrochemistry*. Plenum Press, New York, 1970.
- Bockris-Kahn. *Surface Electrochemistry*. Plenum Press, New York, 1993.
- Richard G. Compton, Craig E. Banks. *Understanding voltammetry* (University of Oxford, UK). 2007 (segunda edición).
- Christopher M. A. Brett and Ana Maria Oliveira Brett. *Electrochemistry. Principles, Methods, and Applications*. Oxford University Press.

7.2. Bibliografía de la Propuesta Docente

- Anijovich, R. y Cappelletti, G. (2017) *La evaluación como oportunidad*. Buenos Aires, Paidós.
- Araujo, S. (2016) *Tradiciones de enseñanza, enfoques de aprendizaje y evaluación*. Rev. Trayectorias Universitarias, Vol. 2, Nro. 2.
- Carlino, P. (2003). *Alfabetización Académica: Un Cambio Necesario, algunas Alternativas Posibles*. Educere, Revista Venezolana de educación, 6(20), 409-20.
- Carlino, Paula (2004) *La distancia que separa la evaluación escrita frecuente de la deseable*. Rev. Acción Pedagógica, Vol. 18 Nro.1.
- Celman, S. (1998) *¿Es posible mejorar la evaluación y transformarla en herramienta de conocimiento? En "La evaluación de los aprendizajes en el debate didáctico contemporáneo"*. Paidós, Buenos Aires.
- Davini, M.C. (2008) *Métodos de enseñanza: didáctica general para maestros y profesores. Parte II "Métodos de la enseñanza"* Santillana, Bs. As., pp 75-166.
- Dibarbourne, M. (2011) *Cap. 4 "La historia de la ciencia y su uso didáctico"* en Fiore Ferrari, E. (Coord.) *"Didáctica de Biología"*. Ed. Monteverde, Uruguay, pp.51-79.
- Gvirtz, S. y Palamidessi, M. (2010). *El ABC de la tarea docente: currículum y enseñanza. Cap. 6 "La Planificación de la Enseñanza"*. Ed. Aique. Bs. As., pp. 175-166.
- Marmisolle, W. A. (2021) *"Problemáticas de los alumnos de Licenciatura en Química en torno a la Tesina de Grado"* La Plata, UNLP.

- Morales Vallejo, P. (2008). Nuevos roles de profesores y alumnos, nuevas formas de aprender, en Prieto Navarro, L. (Coord.) "La enseñanza universitaria centrada en el aprendizaje". Octaedro/ICE-UB.
- Moreno, T. (2011) Frankenstein Evaluador, Rev. de la Educación Superior, Vol. 4 Nro.160.
- Morin, E (1999). Los siete saberes necesarios para la educación del futuro. Ed. UNESCO.
- Pozo, J.I. y Perez Echeverría, M. (2009). Aprender para comprender y resolver problemas (Capítulo II). En Pozo, J.I. y Perez Echeverría, M (coord.). Psicología del aprendizaje universitario La formación en competencias.
- UNESCO (2005). Hacia las Sociedades del Conocimiento. ISBN 92-3-304000-3



W. Maruísoli