



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
PROGRAMA DE  
MAESTRIA Y DOCTORADO EN CIENCIAS QUIMICAS



Programa de actividad académica

|  |                                |                                |                     |
|--|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|
| Nombre de la asignatura: Equilibrio Químico en Medio Multicomponente |                                |                                |                     |
| Clave:   | Semestre:                      | Campo de conocimiento: Química | No. Créditos: 6     |
| Carácter: Optativa de elección                                       | Horas por semana               |                                | Total horas/ semana |
|  | Teoría: 3                      |                                | Práctica: 0         |
| Tipo: Teórico  | 3                              |                                | 48                  |
| Modalidad: Curso mixto.  | Duración del programa: Semanas |                                |                     |

|   |
|---|
| Actividad académica con seriación antecedente: No aplica  |
| Objetivo general:<br>Proporcionar al estudiante un modelo generalizado de especiación química que permita explicar las interacciones entre los diversos componentes de una disolución (solutos y disolvente) para predecir, controlar y manipular la reactividad química en entornos de amortiguamiento múltiple, tanto en disolución acuosa y algunos disolventes orgánicos, así como en sistemas homogéneos y heterogéneos.   |
| Objetivos específicos: <ul style="list-style-type: none"> <li>Expresar las interacciones entre los componentes de una disolución para distinguir entre procesos y equilibrios químicos principales y colaterales.</li> <li>Describir la condicionalidad química en un sistema homogéneo y en las interfases, mediante coeficientes de especiación de Ringbom, para construir polinomios generalizables que describan la evolución de la reactivada química asociados a las constantes condicionales.</li> <li>Analizar la reactividad química mediante diagramas de predominio de estados <math>pL'</math> vs. <math>pX</math>, para visualizar los procesos de reacción posibles en un medio.</li> <li>Diseñar medios de reacción multicomponentes para encaminar la reactividad química de casos modelo a los productos deseados durante un análisis químico o una operación analítica concreta.</li> </ul> |

| Índice temático |   |          |           |
|-----------------|---|----------|-----------|
| Unidad          | Tema  | Horas    |           |
|                 |   | Teóricas | Prácticas |
| 1               | 1. Introducción.<br>1.1. La Química Analítica y su impacto sobre otras disciplinas.<br>1.2. Conceptos fundamentales para el estudio de la química en disolución.<br>1.3. Modelo generalizado de intercambio de partículas.<br>1.4. Uso de constantes de equilibrio.<br>1.5. Método de coeficientes extendido de Ringbom (MERC).<br>1.6. Polisistemas y determinación del $pX$ al equilibrio.  | 9        |           |
| 2               | 2. Estudio de sistemas con múltiples equilibrios químicos concurrentes.<br>2.1. Principio de Le Châtelier.<br>2.2. Estudio generalizado de la reactividad química mediante Diagramas de Predominio de Especies.<br>2.2.1. Diferenciación entre equilibrio principal y equilibrio colateral.<br>2.2.2. Reacción generalizada.<br>2.2.3. Especies generalizadas de orden $\tau$ .<br>2.2.4. Coeficiente de especiación de Ringbom.<br>2.2.5. Evolución polinomial de las constantes condicionales.<br>2.3. Aplicaciones y estudio de casos. | 6        |           |
| 3               | 3. Solubilidad.<br>3.1. Estudio de las interacciones entre núcleos metálicos ácidos, ligantes hidróxidos (y otros ligantes) para formar hidroxocomplejos solubles e insolubles en función del pH.<br>3.2. Estudio de las interacciones entre aniones orgánicos y protones para formar especies insolubles en función del pH.<br>3.3. Esquemas de separación en condiciones de amortiguamiento.  | 9        |           |

|                           |  |    |  |
|---------------------------|--|----|--|
| 4                         | 4. Acidez – complejos y complejos – acidez.<br>4.1. Estudio del efecto del pH sobre la estabilidad de un compuesto de coordinación formado entre un núcleo metálico ácido y un ligante básico (según la definición ácido – base de Lewis).<br>4.2. Estudio del efecto del pM sobre la estabilidad de un ácido monoprótico o poliprótico.<br>4.3. Operaciones analíticas de titulación en condiciones de amortiguamiento simple y múltiple.   | 9  |  |
| 5                         | 5. Redox – acidez – complejos.<br>5.1. Potencial de celda.<br>5.2. Incorporación de los equilibrios redox al MERC.<br>5.2.1. Escalas de potencial y de pe.<br>5.2.2. Potencial formar y K <sub>r</sub> .<br>5.3. Estudio de polisistema redox del tipo polidonador/anfolito /polirreceptor (polirreductor/anfolito/polioxidante).<br>5.3.1. Efecto del pH sobre el potencial de celda.<br>5.3.2. Efecto del pL y del pH sobre el potencial de celda.<br>5.4. Separación electroquímica de metales y recuperación de especies químicas. | 9  |  |
| 6                         | 6. Extracción condicional.<br>6.1. Extracción de ligantes con propiedades ácido – base.<br>6.2. Efecto del pH y de la relación de volúmenes.<br>6.3. Extracción de quelatos metálicos.   | 3  |  |
| 7                         | 7. Intercambio iónico.<br>7.1. Resinas de intercambio iónico empleadas en operaciones analíticas.  | 3  |  |
| Total de horas teóricas:  |  | 48 |  |
| Total de horas prácticas: |  | 0  |  |
| Suma total de horas:      |  | 48 |  |

**Bibliografía básica actualizada:**

- Baeza, A. & García-Mendoza, A. (2021). *Química Analítica I-II-III. Principios y operaciones analíticas*. Cruz Ulloa Alejandro (978-607-99579).
- Briones-Guerash-S., U., García-Mendoza, A. & Aguilar-Cordero, J. C. (2023). Spreadsheet Methodology for the Calculation of Equilibrium Diagrams Including Precipitation Reactions and Formation of Mixed Ligand and Polynuclear Hydroxo Complexes. *Journal of Chemical Education*, 100(12), 4663–4673.
- Kahlert, H. & Scholz, F. (2013). *Acid-Base Diagrams*. Springer Science & Business Media.
- Levie, R. de. (2001). *How to Use Excel® in Analytical Chemistry And in General Scientific Data Analysis*. Cambridge University Press.
- Ringbom, A. (1963). *Complexation in Analytical Chemistry* (Second Edition). Interscience Publishers.
- Silva, M. & Barbosa, J. (2008). *Equilibrios iónicos y sus aplicaciones analíticas*. Editorial Síntesis.
- Vicente-Pérez, S. de. (1979). *Química de las disoluciones: diagramas y cálculos gráficos* (First). Alhambra.

**Bibliografía complementaria:**

- Burgot, J.-L. (2012). *Ionic Equilibria in Analytical Chemistry* (1st Edition). Springer Science & Business Media.
- Butler, J. N. & Cogley, D. R. (1998). *Ionic Equilibrium: Solubility and pH calculations* (Second Edition). John Wiley & Sons, Inc.
- Kotrlý, S. & Sucha, L. (1985). *Handbook of Chemical Equilibria in Analytical Chemistry*. John Wiley & Sons.
- Rojas-Hernández, A. (1995). *El método de Especies y Equilibrios Generalizados para el estudio de sistemas químicos en equilibrio bajo condiciones de amortiguamiento: Teoría y algoritmos de los Diagramas de Zonas de Predominio*. Tesis de doctorado. UAM-I.
- Schwarzenbach, G. (1969). *Complexometric titrations*. Methuen.
- Sillén, L. G. (1952). Redox diagrams. *Journal of Chemical Education*, 29(12), 600–608.

**Sugerencias didácticas:**

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| Exposición oral                   | (X) |
| Exposición audiovisual            | (X) |
| Ejercicios dentro de clase        | (X) |
| Ejercicios fuera del aula         | (X) |
| Seminarios                        | ( ) |
| Lecturas obligatorias             | (X) |
| Trabajo de investigación          | ( ) |
| Prácticas de taller o laboratorio | ( ) |
| Prácticas de campo                | ( ) |
| Otras:                            | ( ) |

**Mecanismos de evaluación del aprendizaje de los alumnos:**

|  |     |
|--|-----|
| Exámenes parciales                       | (X) |
| Examen final escrito                     | (X) |
| Trabajos y tareas fuera del aula         | (X) |
| Exposición de seminarios por los alumnos | (X) |
| Participación en clase                   | (X) |
| Asistencia                               | ( ) |
| Seminario                                | ( ) |
| Otras:                                   | ( ) |