

## Química Analítica a Microescala Total

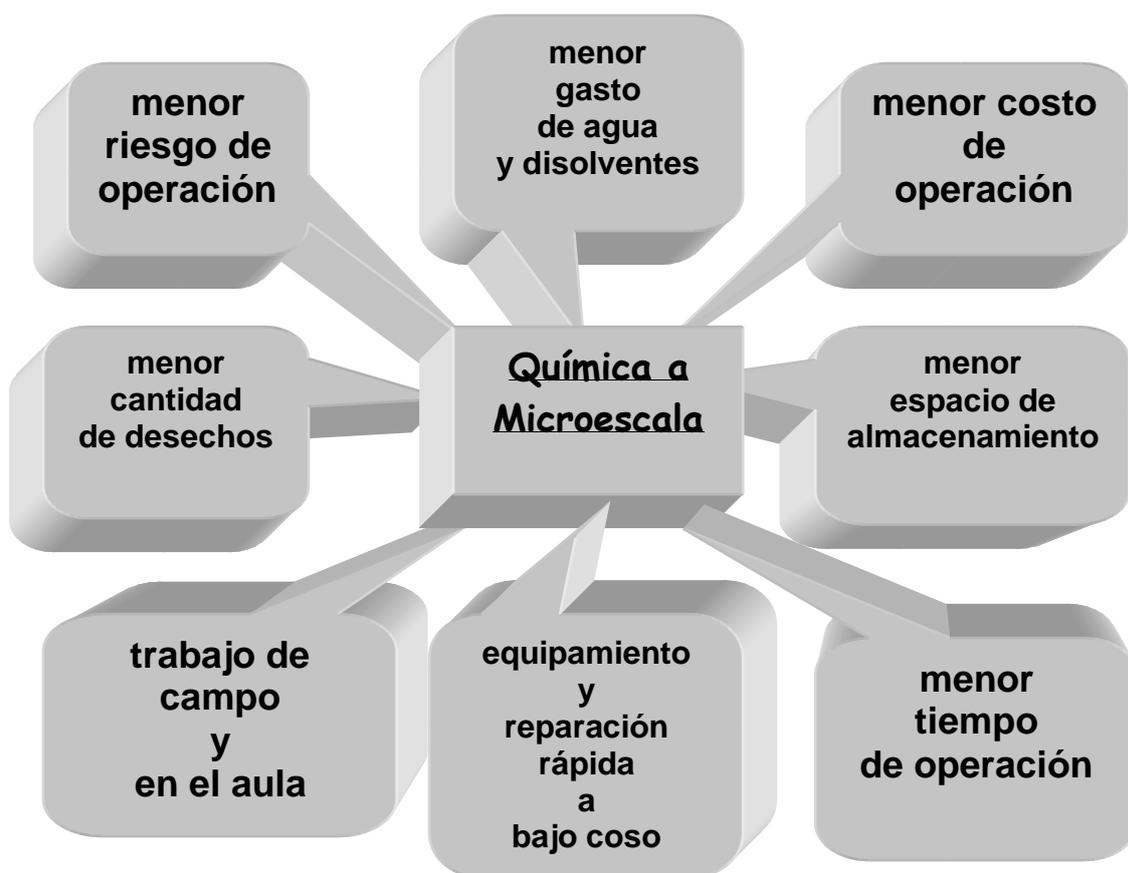
Alejandro Baeza  
Facultad de Química  
UNAM  
baeza@servidor.unam.mx

---

El escalamiento en Química va más allá de la adaptación técnica de los contenedores de reacción y de las operaciones unitarias a gran escala (*Ingeniería Química*) o a escalas menores inclusive a nivel atómico, *Nanoquímica*.

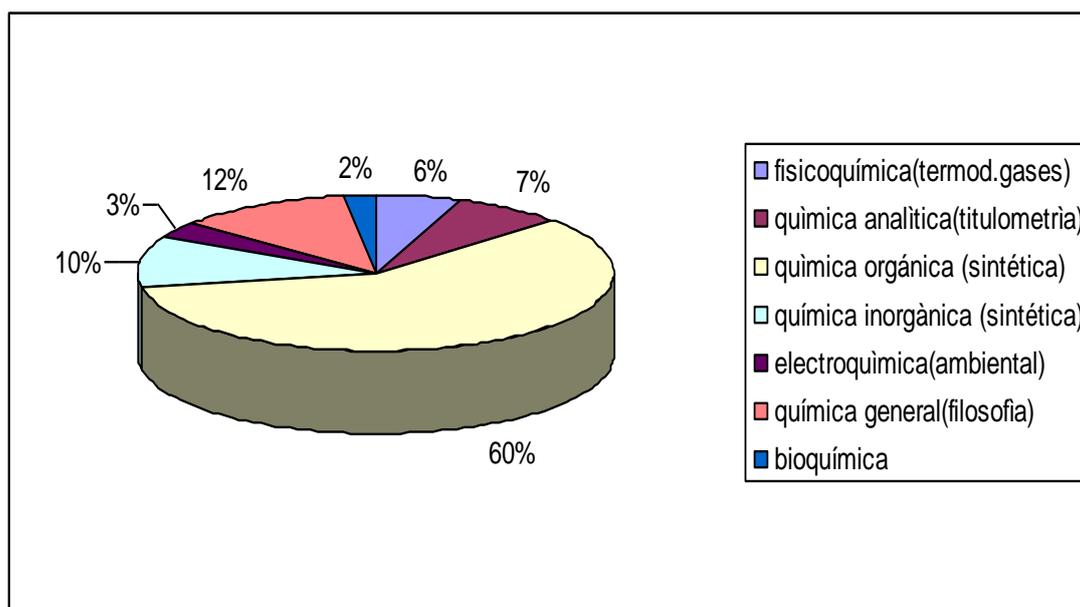
Implica también la adecuación de los principios de la reactividad química a la nueva escala, es decir, el desarrollo de nuevas metodologías analíticas y sintéticas.

Con respecto a la Química a escala convencional, la Química a Microescala ha demostrado su gran utilidad en los siguientes aspectos prácticos:



La mayoría de los trabajos publicados en la literatura muestran el predominio de la química orgánica sintética Química a Microescala. A modo de ejemplo se analizan los títulos de los trabajos publicados en una revista de educación química de gran difusión mundial(1).

Química sintética orgánica	59.1%
Química general (aspectos pedagógicos)	11.9%
Química sintética inorgánica	10.2%
<b>Química Analítica (titulometría con indicadores)</b>	<b>7.4%</b>
Fisicoquímica (gases)	5.7%
Electroquímica ambiental	3.4%
Bioquímica	2.2%



La totalidad de los libros de texto publicados en Química a Microescala están dirigidos a la enseñanza de la Química General en los primeros años universitarios y a nivel pre-universitario(1). Los temas tratados de Química Analítica se limitan a las microtitulaciones ácido-base semicuantitativas con indicación del punto final con indicadores coloridos.

La **Química Analítica a Microescala Total** esta basada en la utilización de aparatos e instrumentos de medición diseñados y construidos con materiales de fácil adquisición local: plástico, acrílico, pegamento, frascos pequeños, jeringas desechables, puntas de plástico desechables, minas de carbón, alambres cortos y delgados de cobre, acero inoxidable, plata, tungsteno para soldadura, algodón, resina epóxica, ventiladores de computadora, conexiones y circuitos usados en electricidad y electrónica, multímetros de bajo costo para medir voltaje, corriente y resistencia eléctrica, etc.

Con estos materiales es posible construir equipo de dosificación y medición instrumental para obtener información química por medio de las operaciones de calibración adecuadas con una **precisión** asociada aceptable si se opera observando las buenas prácticas de laboratorio.

La **exactitud** de las determinaciones analíticas depende, al igual que en la escala convencional, del uso de la balanza analítica, del material volumétrico profesional: matraces aforados de 10, 5, 1 mL, pipetas volumétricas de 1 mL o automáticas y de las sustancias, electrodos e indicadores oficiales de referencia.

La **sensibilidad** y la **selectividad** dependen de los sistemas químicos empleados y de su adecuación a las condiciones de microescalamiento.

La **eficiencia** de las determinaciones se incrementa ya que el microescalamiento permite disminuir notablemente los tiempos de operación. El acoplamiento de métodos y la automatización de las determinaciones son posibles.

### **Métodos Químicos de Análisis:**

Las titulaciones clásicas (con uso de indicadores visuales) ácido-base, redox, complejométricas, por precipitación, en medios bifásicos o en medios no acuosos pueden llevarse a cabo en condiciones de microescala total con volúmenes de muestra  $v \leq 0.5$  mL .

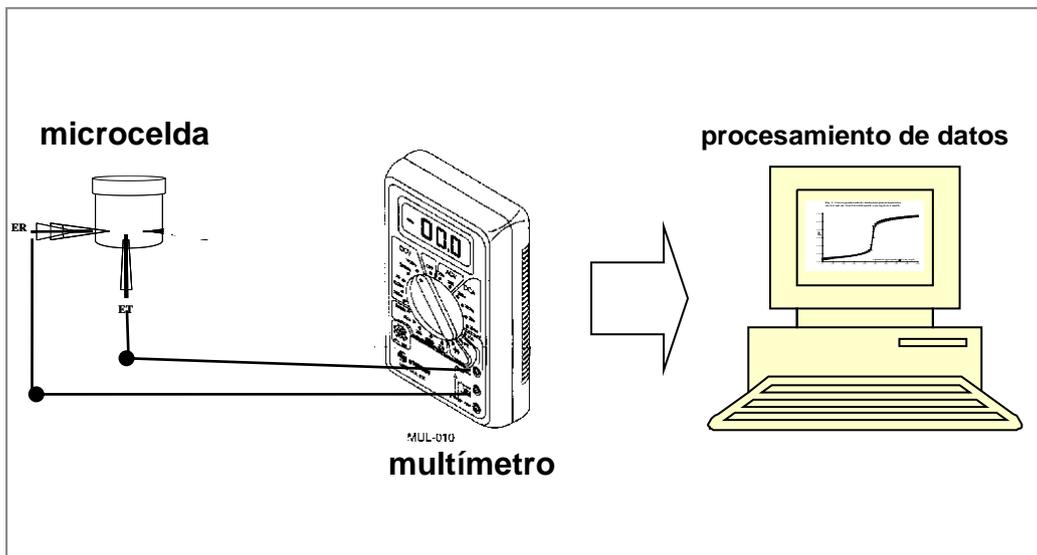
Para ello se construye una microbureta utilizando una jeringa de 1 mL sujeta con un soporte construido con acrílico y con un microagitador magnético integrado construido con un ventilador pequeño de computadora y una fuente de 9V. La adición de titulante se efectúa con una llave de 3 pasos usado en clínica: una vía para la jeringa, otra para la salida de titulante y la tercera para llenado rápido de la microbureta. Se utiliza la aguja de la jeringa con la punta cortada para tirar las microgotas de titulante. Para dosificar las alícuotas de solución de analito puede usarse otra microjeringa de 1 o 0.5 mL.

Las muestras se titulan en pequeños matraces de 5 mL o vasos de plástico de uso farmacéutico. Las microbarras de agitación se construyen encerrando en un capilar de vidrio una pequeña parte de un alambre de cromo-níquel proveniente de un "clip" o sujeta papeles de metal(2).

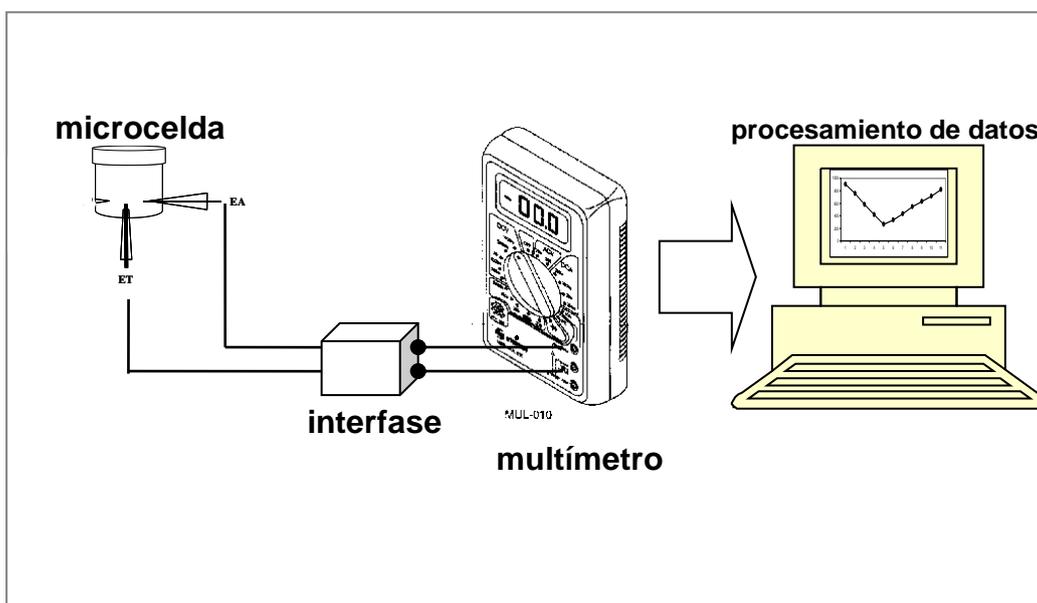
### Métodos Físicoquímicos de Análisis:

La idea principal de los métodos instrumentales a Microescala Total radica en la medición de una propiedad eléctrica: voltaje, corriente, resistencia; con un multímetro conectado al binomio “sistema químico ↔ sensor” y correlacionar la respuesta eléctrica a las variaciones de concentración o de comportamiento químico de un analito. Es decir darle un significado analítico a una respuesta eléctrica.

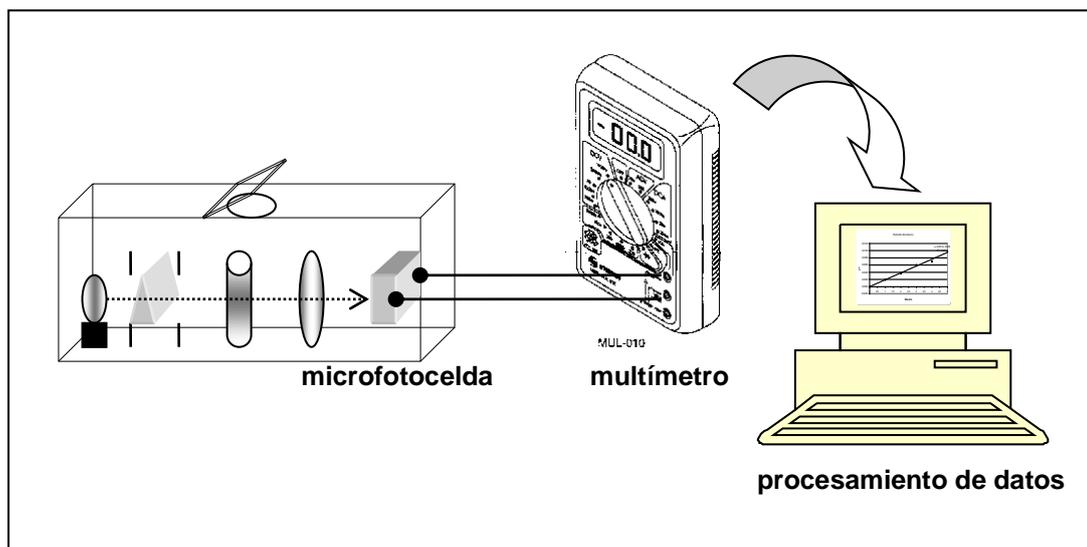
### Potenciometría(3,4,5,6):



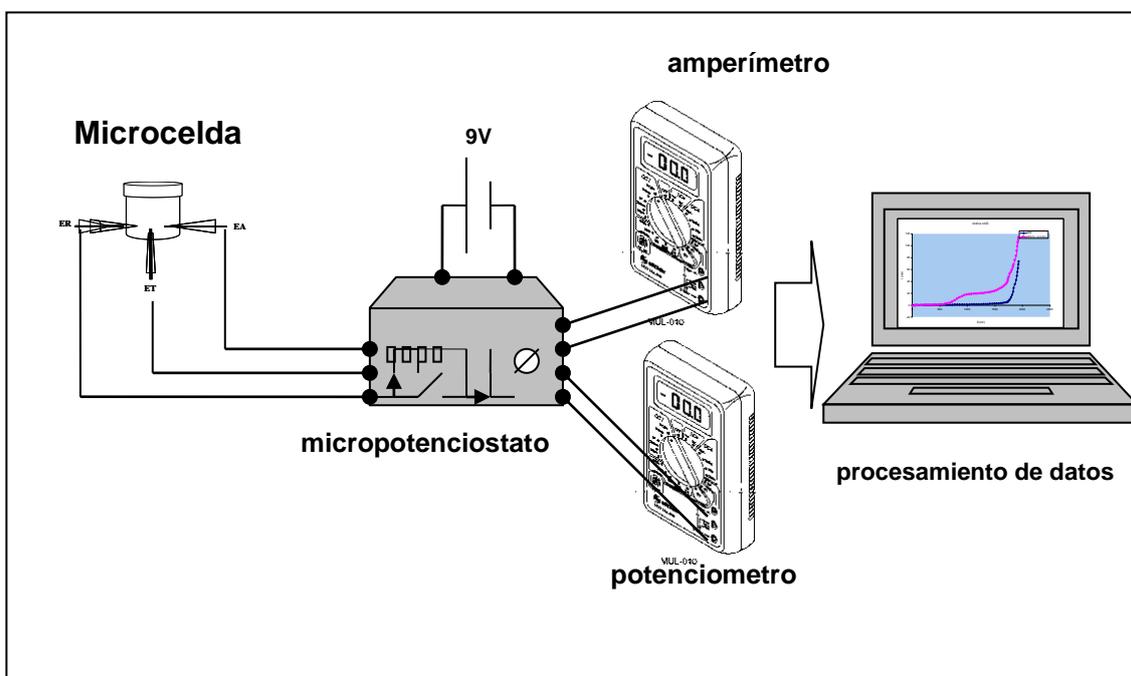
### Conductimetría(7,8):



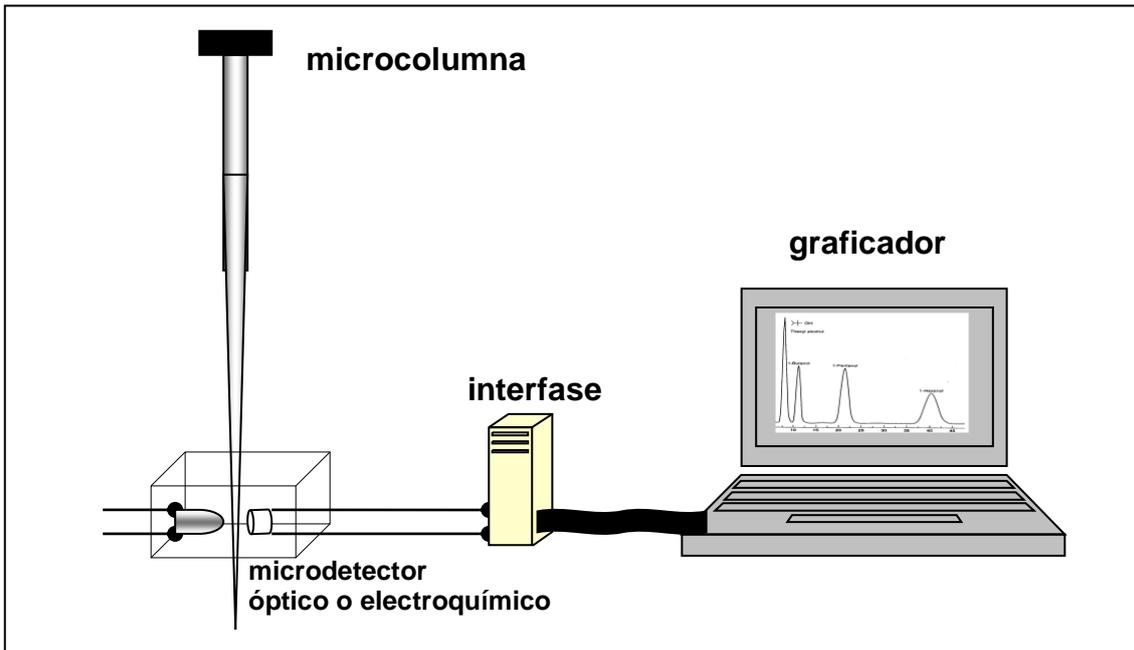
### Fotocolorimetría(7,9):



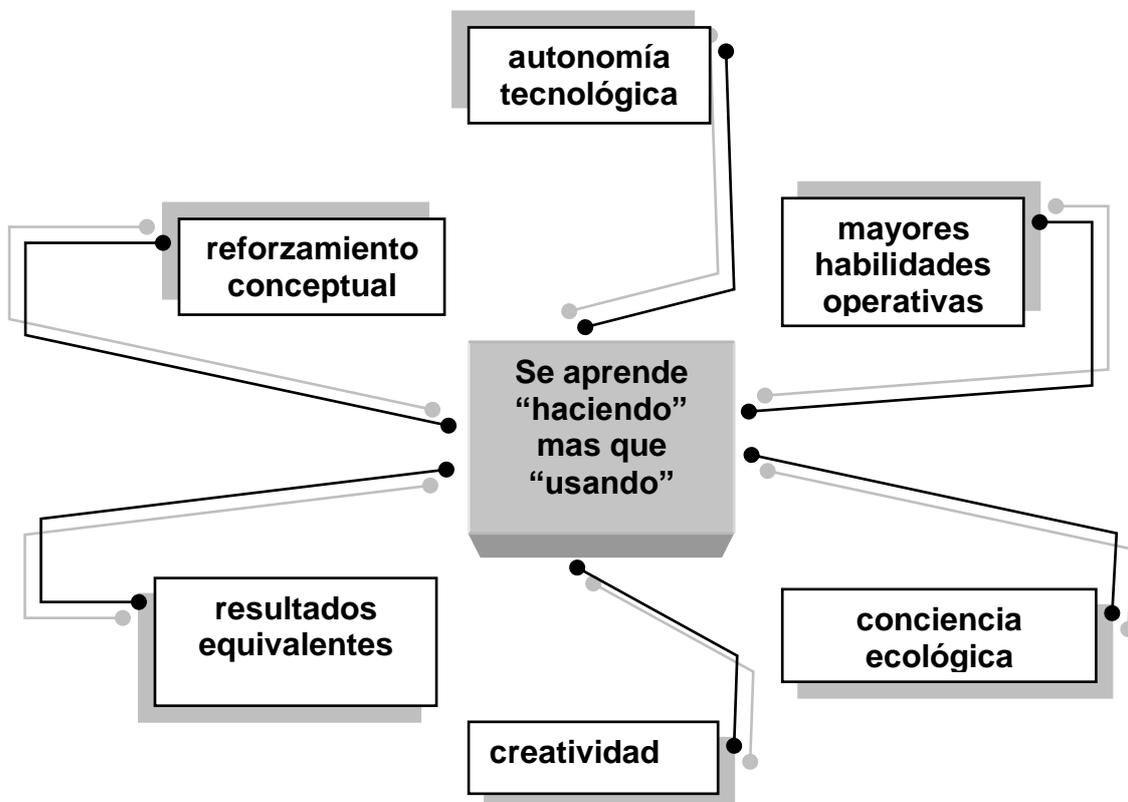
### Electroquímica Analítica(7):



## Cromatografía:



Desde el punto de vista docente la enseñanza de la Química Analítica a Microescala Total con equipo producido con materiales locales de bajo costo conlleva las siguientes ventajas formativas:



En esta conferencia se muestran los resultados obtenidos de la experiencia docente y de investigación en Química Analítica a Microescala Total durante el periodo de 1998 hasta el año de 2006.

Los resultados presentados han sido probados y obtenidos durante los siguientes cursos y talleres:

- 1.0 Cursos regulares de laboratorio de Química Analítica I, II y III (Métodos Químicos de Análisis en medios simples y condicionados) y Química Analítica Instrumental I (Métodos Ópticos y Electrométricos de Análisis) impartidos por el autor durante 10 semestres (de 2000 a 2005) en grupos de 15 alumnos por semestre.
- 2.0 Estancias experimentales intersemestrales de investigación con estudiantes de bachillerato y licenciatura de 1997 a 2004.
- 3.0 Talleres del Centro de Mexicano de Química a Microescala en la Universidad Iberoamericana en 1998,1999 y 2002 a 2003 con la participación de profesores de bachillerato y licenciatura prácticamente toda la República Mexicana.
- 4.0 Taller dentro del 3er. Simposio Internacional de Química a Microescala en 2005 en la Ciudad de México.
- 5.0 Cursos a profesores en la Facultad de Química, UNAM, las Facultades de Estudios Superiores Zaragoza y Cuatitlán de la UNAM, las Universidades Autónomas de Querétaro, Oaxaca, Tlaxcala, Chichuahua, Chiapas, Nuevo León, San Luís Potosí, Guadalajara, Universidad Regiomontana y Universidad Simón Bolívar y en el Colegio de Posgraduados de Chapingo, Texcoco.
- 6.0 Cursos a profesores en: la Universidad de Oriente, Montevideo Uruguay (2002); la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, Santiago de Chile (2003); la Universidad Central de Las Villas, Cuba (2001, 2002 y 2003); la Universidad de La Habana, Cuba (2004); Universidad de San Carlos, Guatemala (2005).
- 7.0 Conferencias plenarias en las Universidades de León, España y de Rennes-1, Francia y patente en trámite en Pakistán.

Las experiencias y los resultados obtenidos se han sometido a la critica de la comunidad química en diversos trabajos cortos y conferencias en foros nacionales (congresos de la Sociedad Química de México y de la Asociación Mexicana de Química Analítica) e internacionales (Cuba,Uruguay, Canadá, México, España y Francia) y en publicaciones arbitradas para resolver diversos problemas en investigación(10-17).

## Referencias

- (1) Jorge Ibáñez Cornejo.  
Revisión de 176 artículos del *Journal of Chemical Education* de 1963 a 2003  
Centro Mexicano de Química a Microescala.  
[www.uia.mx/investigacion/cmqm/default.html](http://www.uia.mx/investigacion/cmqm/default.html)
- (2) Alejandro Baeza  
“Microbureta a Microescala Total para titulometría”  
*Revista Chilena de Educación Científica* **1[2]**(2003)4-7
- (3) Alejandro Baeza  
“Titulaciones ácido-base Potenciométricas a Microescala Total  
Con Microsensores de pH y de referencia de bajo costo”  
*Revista Chilena de Educación Científica* **1[2]**(2003)16-19
- (4) Alejandro Baeza, Juan Vargas, Tatiana Urzúa, Jorge Rodríguez,  
Lizeth Cáceres.  
“Titulaciones ácido-base a Microescala Total Química usando  
microsensores de pH y Microelectrodo de Referencia: adquisición de  
datos con nuevas tecnologías”  
*Revista Chilena de Educación Científica* **2[2]**(2004)25-28
- (5) Alejandro Baeza  
“Titulación de Halogenuros a Microescala Total con Microsensores de  
Ag° y de Microreferencia de Bajo Costo sin puente Salino”  
*Revista Chilena de Educación Científica* **3[1]**(2004)22-25
- (6) Irissol Hernández, Alejandro Baeza  
“Detección de Fosfatos en disolución acuosa a pH controlado con *ISE* a  
Microescala Total”  
*Revista Cubana de Química*. **XVII[1]**(2005)20
- (7) A.Baeza, A. de Santiago, E. Galicia, J. Martínez  
“Total Microscale Analytical Chemistry: Instrumental Analysis  
Experimental Teaching”  
*3rd International Microscale Chemistry Symposium*. **1**(2005)1-4
- (8) Karen López, Arturo García, Adrián de Santiago, Alejandro Baeza  
“Química Analítica a Microescala Total: Conductimetría”  
*Revista Cubana de Química*. **XVII[1]**(2005)19
- (9) Juan Manuel Martínez, Alejandro Baeza  
“Química Microanalítica de ácido Acetilsalicílico con  
microfotocolorímetros de Mínima Instrumentación (MIMC) de Bajo Costo”  
*Revista Cubana de Química* **16[3]**(2004)29-39
- (10) Heriberto Prado, Patricia Diaz, Jose Luis Ortiz and Alejandro Baeza  
“Polarographic determination of Km'and Vmax of Glutathione Reductase”  
*Current Separations* **20-4**(2004)117-120

- (11) Muhammad Akhtar, V. E. Hernández, A. Baeza, A. M. Qazi and R. N Escobar  
“The Use of  $W^{\circ}$  Microsensor to measure the site-specific pH changes in the *Rhizosphere* of *Lupinus silvestres* fertilizad with different sources of P  
*Pakistan Journal of Soil Sciences* **22**[2](2003)41-46.
  - (12) Vicente Espinosa, Muhammad Katar, Alejandro Baeza, Abdul Mujeeb and Roberto Nuñez  
“Effect of Incubation on Phosphate Sorption from Three P-sources in Morelos Soil”  
*Pakistan Journal of Biological Sciences* **8**[1](2005)61-64
  - (13) Nuria **Jiménez**, Rosa Roman, Alejandro Baeza, Rafael Vazquez-Duhalt and Brenda Valderrama  
“Álcali and halide-resistant catalisis by the multipotent from *Marinomonas mediterranea*”  
*Journal of Biotechnology* **117**(2005)73-82
  - (14) Xochiquetzal González, Alejandro Baeza  
“Estudio electroquímico por voltamperometría cíclica del glutatión oxidado y reducido”  
*Revista Cubana de Química*. **XVII**[1](2005)22
  - (15) J. R. Casanova Moreno, J. A. Baeza Reyes  
“Estudio Integral del Cloro en Desinfectantes Hospitalarios”  
*Revista Cubana de Química* **XVII**[1](2005)43-51
  - (16) Jorge Verdín, Rebeca Pogni, Alejandro Baeza, M. Camilla Baratto, Ricardo Basosi, Rafael Vázquez-Duhalt  
“Mechanism of versatile peroxidase inactivation by  $Ca_{2+}$  depletion”  
*Biophysical Chemistry* **121**(2006)163-170
  - (17) Juan M. Aceves, Rene Miranda, Alejandro Baeza, Eduardo Galicia, Roberto Hosanilla and C. Oliver Kappe  
“Electrooxidation of Bignelli Dihydropirimidones”  
*Electrochimica Acta*. **In press. 2006**.
-