

O Proceso analítico

M^a del Carmen Yebra Biurrun

[Área] Química Analítica

Departamento Química Analítica, Nutrición e Bromatoloxía

Facultade de Química

unidadesdidácticas
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA



Esta obra atópase baixo unha licenza internacional Creative Commons BY-NC-ND 4.0. Calquera forma de reprodución, distribución, comunicación pública ou transformación desta obra non incluída na licenza Creative Commons BY-NC-ND 4.0 só pode ser realizada coa autorización expresa dos titulares, salvo excepción prevista pola lei. Pode acceder Vde. ao texto completo da licenza nesta ligazón: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.gl>

© Universidade de Santiago de Compostela, 2013

Deseño e maquetación

J. M. Gairí

Edita

Edicións USC

<https://www.usc.gal/publicacions>

DOI

<https://dx.doi.org/10.15304/9788415876465>

MATERIA: Química analítica I

TITULACIÓN: Grao en Química

PROGRAMA XERAL DO CURSO

Localización da presente unidade didáctica

Unidade I. O proceso analítico

Etapas fundamentais

Resolución de problemas analíticos

Unidade II. A mostra analítica

Mostraxe e problema analítico

Toma de mostra

Erros de mostraxe

Plan de mostraxe

Preparación da mostra para a análise

Unidade III. Parámetros de calidade dos métodos analíticos

O erro en química analítica

Comprobación da calidade: posta a punto dunha metodoloxía analítica

Validación dunha metodoloxía analítica

Unidade IV. Introducción á análise gravimétrica e técnicas e operacións da análise gravimétrica

Características das reaccións utilizadas en gravimetría

Formación e evolución dos precipitados

Contaminación dos precipitados

Técnicas e operacións da análise gravimétrica

Precipitación en disolución homoxénea

Filtrado e lavado dos precipitados

Tratamento térmico

Cálculos gravimétricos

Aplicacións analíticas

Unidade V. Introducción aos métodos volumétricos de análise

Introdución aos métodos volumétricos

Características das reaccións utilizadas en volumetría.

Tipos de volumetrías

Modos de valoración

Sustancias patrón tipo primario

Disolucións patrón

Detección do punto final dunha valoración

Cálculos volumétricos

Unidade VI. Volumetrías de precipitación

Curvas de valoración

Indicadores do punto final: métodos de Mohr, Volhard e Kajtans

Aspectos prácticos e aplicacións analíticas

Unidade VII. Volumetrías ácido-base

Curvas de valoración. Sistemas monopróticos: valoración de ácidos e bases fortes, valoración de ácidos e bases débiles. Curvas de valoración: sistemas polipróticos.

Indicadores ácido-base

Aspectos prácticos e aplicacións analíticas

Unidade VIII. Volumetrías de formación de complexos

Curvas de valoración

Indicadores metalocrómicos.

Complexometrías con ligandos polidentados.

Aspectos prácticos e aplicacións analíticas

Unidade IX. Volumetrías redox

Curvas de valoración

Indicadores redox

Reactivos utilizados en volumetrías redox

Tratamento previo da mostra con oxidantes e redutores

Aspectos prácticos e aplicacións analíticas

ÍNDICE

Presentación

Os obxectivos

Os principios metodolóxicos

Os contidos

1. Introducción: O Papel Central da Química Analítica
 - 1.1. Relación da Química Analítica con outras disciplinas Científicas
 - 1.2. Conceptos e termos básicos en Química Analítica
 - 1.3. Clasificacións das técnicas analíticas
2. O Proceso Analítico
 - 2.1. Etapas do proceso analítico
 - 2.1.1. Formulación do problema: definición
 - 2.1.2. Estratexia da análise
 - 2.1.3. Interpretación dos resultados: Información
 - 2.2. Problemáticas analíticas reais

Actividades propostas

Avaliación da UD

Anexos

Anexo 1. Cuestións de autoavaliación.

Anexo 2. Tarefas para facer en grupo

Bibliografía

PRESENTACIÓN

Esta unidade didáctica enfócase de maneira que permita proporcionar unha visión global da Química Analítica e a súa terminoloxía básica, mostrando a importancia da Química Analítica para a resolución de problemas de diversos ámbitos. Este enfoque faise sobre o esquema do proceso analítico como medio de resolución dunha determinada problemática analítica real. Deste xeito, partindo dun esquema sinxelo, explícase o obxectivo e as distintas etapas do proceso analítico: definición do problema a resolver, selección do método máis adecuado e as operacións derivadas desta selección, toma e tratamento da mostra, medida do (ou dos) analito(s), tratamento e interpretación dos resultados experimentais obtidos, e finalízase a súa explicación coa toma de decisións. Durante a formulación e desenvolvemento do tema déixase claro que a simple determinación da composición dunha mostra non é o obxectivo principal da Química Analítica, senón que o obxectivo desta disciplina é a obtención de información útil de calidade para resolver o problema exposto que foi o que propiciou o inicio do proceso analítico. Ademais, neste tema resáltase que o método seleccionado para realizar unha determinación analítica debe depender do tipo de información que se necesita obter, e que non sempre compensa elixir a metodoloxía máis complicada ou o máis custosa.

OS OBXECTIVOS

- **obxectivo 1:** introducir o estudante no coñecemento da Química Analítica como ciencia e resaltar a súa importancia na actualidade;
- **obxectivo 2:** coñecer a terminoloxía básica da Química Analítica;
- **obxectivo 3:** aprender os fundamentos do proceso de medida en Química Analítica, a clasificación das técnicas analíticas e o tipo de ferramentas que poden utilizarse actualmente;
- **obxectivo 4:** saber cal é o obxectivo do proceso analítico e identificar as súas distintas etapas;
- **obxectivo 5:** definir a finalidade da análise e delimitar o campo da investigación tendo en conta obxecto(s) e analito(s), e o método analítico;
- **obxectivo 6:** diferenciar as etapas da estratexia da análise e saber situar en cada unha delas as distintas operacións que se poden incluír nelas;
- **obxectivo 7:** identificar problemáticas analíticas reais.

OS PRINCIPIOS METODOLÓXICOS

A formulación metodolóxica basearase na participación do alumnado. Os principios teóricos e contidos fundamentais expóñense nas clases maxistras. Para iso, o profesor utilizará un ordenador para realizar presentacións. Propóñense actividades que inclúen diferentes aspectos dos contidos que se teñan que aprender e desenvolvan as habilidades que se teñan que adquirir. Para iso, utilizaranse casos reais cos que se poderán tomar decisións fundamentadas e eficaces. Deste xeito, o alumnado terá a sensación de estar decidindo sobre cuestións reais similares ás que se enfrontará na súa futura vida profesional. As actividades desenvolvidas polo alumnado (de xeito individual ou nun grupo pequeno) para incidir sobre o cumprimento dos obxectivos do tema expóñense e discútense nas clases de seminario e tutorías.

OS CONTIDOS BÁSICOS

1. Introducción: O Papel Central da Química Analítica

Nos últimos anos propuxéronse varias definicións de Química Analítica. As máis significativas son as propostas polos profesores Cammann, Valcárcel, Zuckerman e Nan, os cales alcanzaron os primeiros postos nos premios concedidos pola revista *Fresenius Journal of Analytical Chemistry* en 1992 para establecer unha definición apropiada da Química Analítica actual. Un ano máis tarde, o Prof. Kellner propuxo outra definición de Química Analítica no *Working Party on Analytical Chemistry* celebrado no marco do Euroanalysis VIII. Máis tarde, no ano 2011, Ano Internacional da Química, o Prof. Valcárcel definiu as novas metas e obxectivos da Química Analítica. De todas estas definicións tórase que o concepto actual de Química Analítica baséase no seguinte:

- É unha ciencia metrolóxica.
- Ten un dobre carácter: básico (desenvolve) e práctico (aplica).
- Xera información sobre a materia ou sistema en estudo.
- Considera os procesos analíticos como vías xenéricas para conseguir información.
- Ten en conta ferramentas estratéxicas, metodolóxicas e materiais para implantar os procesos de medida.
- Inclúe e diferenza os problemas analíticos e os problemas científicos, técnicos, económicos e sociais.
- Incorpora a calidade en forma directa, referida a información xerada, e indirecta, referida a ferramentas e procesos.
- Define a natureza das ferramentas, información, analitos e materias ou sistemas.

1.1. Relación da Química Analítica con outras disciplinas científicas

A relación da Química Analítica non se reduce simplemente a outras ramas da química, senón a outras moitas ciencias, polo que é frecuente que lla cualifique como Ciencia Central. Así, a Química Analítica relaciónase e utiliza como ferramentas outras ramas da química e outras ciencias:

Química: reactivos, reaccións químicas, etc.

Física: instrumentos analíticos, balanzas, aparellos, fontes de láser, etc.

Enxeñaría: liofilización, extracción con fluídos supercríticos e outros procesos adaptados a escala analítica.

Bioquímica: emprego de enzimas inmovilizados en procedementos analíticos, etc.

Matemáticas e informática: tratamento estatístico de datos.

Bioloxía: tecidos para preparar sensores.

Así mesmo, a natureza interdisciplinaria da Química Analítica convérteme nunha ferramenta vital en laboratorios médicos, industriais, oficiais, de organismos públicos e académicos.

1.2. Conceptos e termos básicos en Química Analítica

Resulta conveniente antes de iniciar o estudo da Química Analítica definir os conceptos e termos básicos máis frecuentemente empregados neste contexto:

Análise química: ocúpase da parte práctica da Química Analítica. Aplica os métodos de análises e agrupa o conxunto de técnicas operatorias utilizadas pola Química Analítica. A Química Analítica é a Ciencia, a Análise Química a Técnica.

Obxecto: sistema do que se require información química e do que se toman as mostras que se analizan.

Mostra: parte do obxecto que contén aos analitos.

Analito: especie química ou bioquímica compoñente da mostra da que se require información cualitativa ou cuantitativa.

Análise: implica someter a unha mostra a un proceso analítico para coñecer información química sobre a mesma.

Matriz da mostra: conxunto de todas aquelas especies químicas que acompañan ao analito na mostra..

Método analítico: conxunto de operacións específicas para caracterizar cuali e cuantitativamente a un analito nunha mostra determinada.

Procedemento: descrición pormenorizada do método analítico.

Técnica: principio xenérico que se utiliza para extraer información. Implica o uso de determinados materiais e instrumentos.

Protocolo: conxunto de normas definitivas que deben seguirse sen ningún tipo de excepción cando se pretende que os resultados analíticos poidan utilizarse cun propósito específico. Son prescritos por un organismo oficial para o seu uso nunha situación dada.

Analizar: consiste en aplicar un determinado procedemento analítico sobre la mostra.

Determinar: operación de medir a concentración dun analito de forma cuali o cuantitativa.

As mostras analízanse e os analitos determínanse

1.3. Clasificacións das técnicas analíticas

Existen varios criterios para clasificar ás técnicas analíticas, as máis significativas son as seguintes:

Segundo a súa finalidade e o tipo de información requirida: análise cualitativa (detección e identificación do analito), análise cuantitativa (determinación da cantidade ou concentración de analito na mostra), análise estrutural (investigación da estrutura, disposición de átomos e/ou grupos funcionais no espazo do analito).

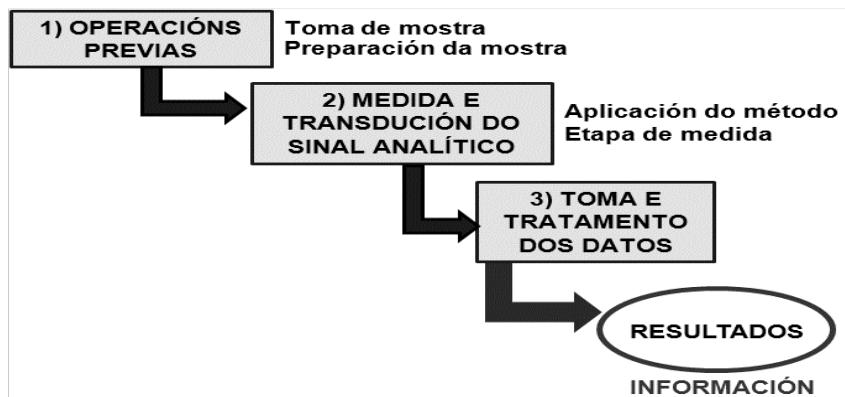
Segundo a natureza do analito: análise inorgánica (análise de especies químicas inorgánicas), análise orgánica (análise de especies químicas orgánicas) e análise bioquímica (análises de especies de interese bioquímico: proteínas, ADN, etc.).

Segundo a técnica: métodos clásicos ou químicos, métodos instrumentais, técnicas de separación.

Segundo a proporción relativa dos analitos: maioritarios (>1%), minoritarios (0,01-1%), traza (100 µg/mL-1 pg/mL), ultratrazas (<1pg/mL).

Segundo o tamaño inicial da mostra: macromostra (macroanálise), micromostra (microanálise), ultramicromostra (ultramicroanálise).

2. O Proceso Analítico



O proceso analítico é un protocolo, máis ou menos complexo para a obtención de información que permita solucionar un determinado problema. Inclúe a selección, optimización e aplicación dun procedemento de análise. Tamén comprende a interpretación dos resultados obtidos (información) e a súa adecuación, ou non, para resolver o problema exposto. O proceso analítico comeza cando se expón un problema que hai que resolver, para o que se necesita obter información. A tarefa do químico analítico é desenvolver o proceso analítico para obter a maior información posible para poder resolver o problema. Por tanto, a obtención de información útil para poder resolver o problema exposto é o obxectivo de todo proceso analítico.

2.1. Etapas do proceso analítico

As fases que comprende todo proceso analítico son tres:

- 1) Formulación do problema: Definición xeral e formulación analítica.
- 2) Estratexia da análise.
- 3) Interpretación dos resultados: Información.

2.1.1. Formulación do problema: definición

A definición do problema inclúe as seguintes cuestións:

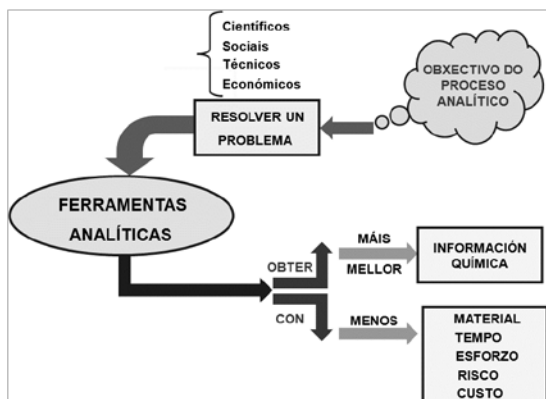
- A relación laboratorio de análise-cliente.
- A fase de documentación.

- A identificación do obxecto e as mostras, o seu número, periodicidade.
- A selección do(s) analito(s).
- A elección do método analítico: A cal vai depender do seguinte:
 - Tipo de mostras: natureza, estado físico, matriz e interferencias.
 - Información requirida. Número de mostras.
 - Cantidade de mostra. Posibilidade de destruír a mostra.
 - Concentración dos analitos.
 - Calidade dos resultados (exactitude, precisión).
 - Tempo dispoñible.
 - Aspectos ambientais e de seguridade para o analista.
 - Medios e recursos do laboratorio.
 - Custos económicos.

2.1.2. Estratexia da análise

A estratexia da análise refírese á execución do(s) experimento(s) previamente deseñado(s), obtención de datos e análises dos datos experimentais obtidos.

O desenvolvemento da estratexia da análise consta de tres etapas que se realizan na seguinte orde:



- 1) Operacións previas;
- 2) Medida e transdución do sinal analítico;
- 3) Toma e tratamento de datos.

2.1.2.1. Operacións previas

Con este nome xenérico descríbese unha ampla variedade de operacións que constitúen o nexo de unión entre a mostra (sen tomar, sen medir, sen tratar) e o emprego do instrumento principal de medida, que constitúe a segunda etapa da estratexia da análise. A característica principal desta etapa é que está composta por procedementos de natureza variada e normalmente bastante complicados e tediosos, o cal fai que sexa esta etapa a que máis tempo consome do proceso analítico. Algunhas das subetapas que a compoñen son as seguintes:

Toma de mostra: estratexia de mostraxe.

Pretratamento: O seu obxectivo é reducir a masa de mostra primaria, asegurar a súa estabilidade e homoxeneidade e adecuala ás necesidades da preparación de mostra (secado, filtración, peneirado, almacenamento, liofilizado, etc.)

Tratamento da mostra: Etapa con maior ou menor grao de complexidade en función das características dos analitos, da matriz da mostra, nivel de concentración dos analitos, potenciais interferencias, características da técnica de determinación utilizada.

2.1.2.2. Medida e transdución do sinal analítico

Cando a mostra está preparada, procédese a realizar a determinación experimental do(s) analito(s) que se desexa(n) determinar. As determinacións analíticas pódense efectuar mediante dous tipos de métodos: clásicos e instrumentais.

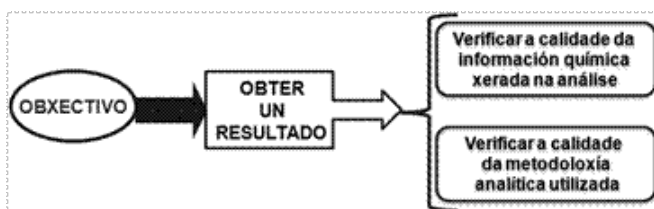
Métodos clásicos: baséanse en reaccións estequiométricas e considéranse como métodos absolutos de análise, xa que non requiren un calibrado externo previo. O dato experimental é en gravimetrías o peso dun precipitado e en volumetrías o volume de reactivo valorante gastado na valoración. Nestes métodos, a concentración de analito calcúlase directamente a partir destes valores coñecendo a cantidade de mostra utilizada e a estequiometría da reacción posta en xogo.

Métodos instrumentais: baséanse na medida dunha magnitude físico-química (sinal) que é dependente da masa (ou concentración) do compoñente presente (por exemplo a medida da intensidade dunha cor). A relación entre a magnitude medida e a masa ou concentración do compoñente presente adoita ser lineal. A estes métodos considéraselles métodos relativos de análise, xa que requiren un calibrado previo, é dicir, relacionar o sinal analítico coa concentración mediante a realización dunha curva de calibrado. A transdución do sinal analítico consiste en

converter as distintas magnitudes medidas en sinais eléctricos que á súa vez se converten en números que representan a magnitude do sinal orixinal. O desenvolvemento desta segunda etapa da estratexia da análise inclúe o seguinte: o desenvolvemento e optimización dos métodos, e no caso dos métodos instrumentais, o proceso de calibración.

2.1.2.3. Toma e tratamento de datos

O primeiro obxectivo desta etapa é obter o resultado para lograr unha información satisfactoria sobre a composición do material obxecto de análise. Ademais, serve para comprobar o funcionamento do proceso analítico e mellorar a aplicación do método (control de calidade do laboratorio). Esta etapa é o nexa de unión entre o instrumento e os resultados, expresados segundo os requirimentos solicitados. Para realizar esta etapa realízanse cálculos empregando procedementos quimiométricos.



2.1.3. Interpretación dos resultados: Información

A última etapa do proceso analítico é a que permite chegar a unha avaliación definitiva do problema exposto ao comezo do mesmo, así como á transmisión da información producida de forma que a posterior toma de decisións resulte adecuada. Unha vez comprobada a súa calidade, os datos obtidos deben relacionarse coa finalidade da análise exposta. Isto significa que á vista dos resultados obtidos deberíase ter resposta a preguntas do tipo:

¿O resultado da analítica de sangue ou ouriños dun paciente indican que padece unha determinada enfermidade?

¿As análises efectuadas aos ouriños dun deportista indican que tomou sustancias non permitidas pola lexislación correspondente?

¿A causa do falecemento dunha persoa foi a inxestión dun veneno?

¿De acordo co seu contido en cobre, unha auga é apta para o consumo humano?

¿As augas das costas de Galicia están contaminadas?

2.2. Problemáticas analíticas reais

Existen multitude de problemáticas analíticas reais que debe resolver un químico(a) analítico(a) profesional. Algunhas delas son as seguintes:

Problemas de I+D+I (investigación, desenvolvemento e innovación): establecer novos métodos de análises ou adaptar algún dos xa existentes a necesidades concretas, identificar novos compostos e determinar os seus compoñentes, determinar estruturas, impurezas, estabilidades, recoñecer e eliminar as causas que producen efectos negativos nun proceso determinado.

Problemas de produción: hixiene industrial, contaminación ambiental.

Problemas legais: identificar a causa e/ou autoría dunha acción criminal, determinar se unha enfermidade e/ou falecemento dun traballador está derivado da súa acción laboral, pescudar se un produto foi fabricado usurpando os dereitos dunha patente determinada, comprobar se un deportista utilizou sustancias non permitidas.

ACTIVIDADES PROPOSTAS

- Resumir os artigos que aparecen na bibliografía co título “*Analytical Chemistry today's definition and interpretation*”, reflectindo os aspectos máis importantes que se relatan neles.
- Para a seguinte problemática analítica: “Comprobación do grao de acidez nunha partida de aceite”, especificar e explicar cal é o obxecto, mostra, analito, técnica, método e procedemento.
- Enumerar varias operacións analíticas e situalas na súa etapa correspondente do proceso analítico.
- Buscar na prensa polo menos catro noticias onde aparezan problemáticas analíticas reais.

AVALIACIÓN DA UNIDADE DIDÁCTICA

Na avaliación do proceso de aprendizaxe do alumnado que se realizará ao longo de toda a Unidade Didáctica terase en conta:

- A observación do traballo diario na aula como unha información fundamental para a avaliación xeral do alumnado.
- O traballo en grupo: participación e achega de cada membro, organización e calidade das actividades desenvolvidas.

Esta información completárase co traballo individual: onde se verá a superación das dificultades e os avances conseguidos. Para isto, cada estudante elaborará un cartafol no que incorporará: as actividades realizadas e a contestación ás cuestións de autoavaliación do tema. Deste xeito, o alumnado será avaliado positivamente se:

- Participa activamente nos seminarios e titorías.
- Realiza correctamente de xeito individual polo menos dúas das actividades propostas.
- Contesta correctamente ao 75% das cuestións de autoavaliación.
- Engade e realiza actividades extra que lle axuden a mellorar a comprensión da Unidade Didáctica.

ANEXOS

Anexo 1. Cuestións de autoavaliación

- 1) ¿Como se define actualmente á Química Analítica?
- 2) ¿Con que tipo de análise obtense menor información? ¿E maior?
- 3) ¿Que relación ten a Química Analítica coas matemáticas e a informática?
- 4) ¿Cal é o obxectivo do proceso analítico?
- 5) ¿Cales son as etapas do proceso analítico?
- 6) ¿Cales son as etapas da estratexia da análise?
- 7) ¿Cal das etapas da estratexia da análise é a máis complicada? Razoar a resposta.
- 8) ¿Cal é a diferenza entre analizar e determinar?
- 9) ¿Cales son as técnicas analíticas que requiren realizar unha curva de calibrado?
- 10) ¿É necesario comprobar a calidade dos resultados analíticos? Explicar de maneira razoada a resposta.
- 11) ¿En que etapa da estratexia da análise inclúese a mostraxe?
- 12) ¿Qué se decide na etapa de formulación do problema?
- 13) ¿Nas operacións previas inclúense sempre os mesmos procesos?
- 14) ¿Cales son os métodos clásicos de análises?
- 15) ¿Por que é necesaria a calidade en Química Analítica?
- 16) ¿Cal é a diferenza entre obxecto e mostra?
- 17) ¿Que é a matriz da mostra?
- 18) ¿Como se define á análise química e en que se diferencia da Química Analítica?
- 19) ¿Qué tipo de problemas pode resolver un proceso analítico?
- 20) ¿En qué etapa da estratexia da análise inclúese a disolución dunha mostra sólida?
- 21) ¿De que orde é a concentración se se trata de análise de trazas?
- 22) ¿Cales son os obxectivos do pretratamento da mostra?
- 23) ¿Que é a transdución do sinal analítico?
- 24) ¿Que diferenza aos métodos clásicos dos instrumentais?
- 25) ¿De que depende a elección do método analítico?
- 26) ¿Como se clasifican ás técnicas analíticas segundo a súa finalidade e o tipo de información requirida?
- 27) ¿Como se clasifican as técnicas analíticas segundo a natureza do analito?
- 28) ¿Que inclúe a definición do problema analítico?

Anexo 2. Tarefas para facer en grupo

- Na seguinte noticia publicada no xornal La Voz de Galicia do 17-11-2010, identificar: obxecto, mostra e analito. Dicar cal sería a problemática analítica formulada.

<http://www.lavozdeg Galicia.es/deportes/2010/11/17/00031289994496543568896.htm?idioma=galego>



- Na seguinte noticia publicada no xornal La Voz de Galicia do 31-05-2012, identificar: obxecto, mostra e analito. Dicar cal sería a problemática analítica formulada.

http://www.lavozdeg Galicia.es/noticia/vigo/2012/05/31/instituto-toxicologico-hallo-restos-dos-famacos-sedantes-pelo-bebes-intoxicados/0003_2012051338459883935592.htm?idioma=galego



- Na seguinte noticia publicada no xornal La Voz de Galicia do 31-08-2011, identificar: obxecto, mostra e analito. Dicar cal sería a problemática analítica formulada.

http://www.lavozdeg Galicia.es/galicia/2011/08/31/0003_201108G31P8991.htm?idioma=galego



- No seguinte artigo de investigación identificar: obxecto, mostra, analito, matriz da mostra, método analítico, procedemento e técnica.

M.C. YEBRA-BIURRUN, J. M.CASTRO-ROMERO, "Speciation of Dissolved Trace Nickel in Environmental Waters by On-Line Sonodigestion-Flow Injection Solid Phase Extraction Coupled to Flame Atomic Absorption Spectrometry", American Journal of Analytical Chemistry, 2011, 2, 116-125.

<http://www.scirp.org/journal/PaperDownload.aspx?paperID=3998>

- No seguinte artigo de investigación identificar: obxecto, mostra, analito, matriz da mostra, método analítico, procedemento e técnica.

M.C. YEBRA-BIURRUN, J. M.CASTRO-ROMERO, N. CARRO-MARIÑO, "Flow-Injection Flame Atomic Absorption Determination of Hexavalent Chromium with On-Line Preconcentration on an Anion Imprinted Polymer", American Journal of Analytical Chemistry, 2012, 11, 755-760.

<http://www.scirp.org/journal/PaperDownload.aspx?paperID=24928>

- No seguinte artigo de investigación identificar: obxecto, mostra, analito, matriz da mostra, método analítico, procedemento e técnica.

M.C. YEBRA-BIURRUN, "A Green Analytical Method Using Ultrasound in Sample Preparation for the Flow Injection Determination of Iron, Manganese, and Zinc in Soluble Solid Samples by Flame Atomic Absorption Spectrometry", Journal of Analytical Methods in Chemistry, 2012, 2012, 1-5.

<http://downloads.hindawi.com/journals/jamc/2012/298217.pdf>

BIBLIOGRAFÍA

- CAMMANN, Karl (1992): «Analytical Chemistry today's definition and interpretation», *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*, 343 (1992) 812-813.
- HARRIS, Daniel C. (2007): *Análisis químico cuantitativo*, Barcelona, Reverté.
- KELLNER, Robert (1994): «Education of Analytical Chemists in Europe», *Analytical Chemistry*, 66 (1994) 98A-101A.
- NAN, Zhou (1992): «Analytical Chemistry today's definition and interpretation», *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*, 343 (1992) 819-820.
- SKOOG, Douglas A.; WEST Donald M.; HOLLER F. James e Stanley R. CROUCH (2005): *Fundamentos de química analítica*, Madrid, Thomson-Paraninfo.
- VALCÁRCEL, Miguel (1992): «Analytical Chemistry today's definition and interpretation», *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*, 343 (1992) 814-816.
- VALCÁRCEL, Miguel (1999): *Principios de química analítica*, Barcelona, Springer-Verlag Ibérica.
- VALCÁRCEL, Miguel (2011): «A new approach to analytical chemistry possible?», *Talanta*, 85 (2011) 1707-1708.
- YEBRA, M. Carmen e Antonio MOREDA (2010): *Química analítica I*, Santiago de Compostela, Tórculo Artes Gráficas, S.A.
- ZUCKERMAN, Michael A. (1992): «Analytical Chemistry today's definition and interpretation», *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*, 343 (1992) 817-818.

Citas de recursos en internet

Analytical chemistry today and tomorrow, VALCÁRCEL, Miguel:

<http://cdn.intechopen.com/pdfs/40712/InTech->

[Analytical chemistry today and tomorrow.pdf](http://cdn.intechopen.com/pdfs/40712/InTech-Analytical_chemistry_today_and_tomorrow.pdf) [citado 19 set 2013]

Preliminary steps of the analytical process. From sampling to detection. Pure and Applied Chemistry, 74 (2002) 2293–2298.

<http://pac.iupac.org/publications/pac/pdf/2002/pdf/7412x2293.pdf>

[citado 19 set 2013]

The way of greening analytical chemistry, KOEL, Mihkel e Mihkel KALJURAND:

<http://acs.confex.com/acs/green09/recordingredirect.cgi/id/467> [citado

19 set 2013]



Unha colección orientada a editar materiais docentes de calidade e pensada para apoiar o traballo do profesorado e do alumnado de todas as materias e titulacións da universidade

unidadesdidácticas
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA