



UNIVERSIDAD METROPOLITANA DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

PROPUESTA DE APRENDIZAJE DE ESPECTROFOTOMETRÍA UV/VIS EN LA
CUANTIFICACIÓN DE TARTRAZINA Y AMARILLO CREPÚSCULO EN MUESTRA
COMERCIAL PARA ESTUDIANTES DE COLEGIO FORMACIÓN TÉCNICO
PROFESIONAL ESPECIALIDAD QUÍMICA INDUSTRIAL

TESINA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
PROFESOR DE QUÍMICA CON MENCIÓN EN CIENCIAS NATURALES

AUTOR: ROBINSON MANUEL MUÑOZ CABELLO

PROFESOR GUÍA: Dr. CARLOS ALBERTO GARRIDO LEIVA

Santiago de Chile, - Marzo del 2021

UNIVERSIDAD METROPOLITANA DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

2021, Robinson Manuel Muñoz Cabello

Se autoriza la reproducción total o parcial de este material, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, siempre que se haga la referencia bibliográfica que acredite el presente trabajo y su autor.

Dedicatoria

Dedicado especialmente a mis compañeros de universidad, amigos y familia, que siempre me apoyaron y entregaron confianza incondicional durante mi proceso de formación como docente, a los profesores con los cuales compartí, ya que no solo entregan conocimientos, sino una formación valórica importante.

Agradecimientos

Quisiera agradecer a todas las personas que siempre creyeron en mí, mi familia que en todo momento estuvieron pendiente de este proceso, mi pareja quien fue uno de los mayores pilares dentro de mi desarrollo como profesional y me apoyó en todo momento. Mis amigos quienes aportaron entregando pensamientos positivos y mucha alegría, además de agradecer a mis valiosos compañeros de Universidad y futuros colegas, sin duda alguna el camino se hizo mucho más agradable gracias a su compañía, fortaleza, perseverancia, unidad, cada momento de risas y amistad. También a los profesores que dejan una marca importante en mi formación profesional respecto a lo relacionado a los conocimientos y también en función al respeto, humildad y compañerismo, prestando ayuda cada vez que se solicitó. Agradecer también el gigante aporte de Don Luis, eminencia del Departamento. Espero en algún momento se generen las condiciones como para agradecerles de manera personal.

Tabla de contenidos

| | |
|-------------------------------------|----|
| Resumen | 6 |
| Abstract..... | 7 |
| Introducción..... | 8 |
| Planteamiento del problema | 9 |
| Objetivos..... | 10 |
| Objetivo General..... | 10 |
| Objetivos Específicos | 10 |
| Marco Teórico | 11 |
| Tartrazina..... | 18 |
| Amarillo Crepúsculo | 19 |
| Espectro Electromagnético..... | 27 |
| Absorción de la Radiación..... | 33 |
| Espectrofotometría y Educación..... | 45 |
| Marco Metodológico | 51 |
| Primera etapa | 52 |
| Segunda etapa..... | 54 |
| Tercera etapa..... | 54 |
| Cuarta etapa | 55 |
| Quinta etapa..... | 56 |
| Sexta etapa..... | 58 |
| Séptima etapa..... | 58 |
| Octava etapa | 59 |
| Resultados y Discusión..... | 60 |
| Conclusiones..... | 63 |

| | |
|-------------------|-----|
| Proyecciones..... | 65 |
| Referencias | 66 |
| Anexo I..... | 71 |
| Adjunto I..... | 71 |
| Adjunto II | 72 |
| Adjunto III | 74 |
| Adjunto IV,..... | 76 |
| Adjunto V | 77 |
| Adjunto VI..... | 78 |
| Adjunto VII | 79 |
| Adjunto VIII..... | 80 |
| Anexo II..... | 81 |
| Adjunto I..... | 81 |
| Adjunto II | 89 |
| Adjunto III | 89 |
| Adjunto IV | 96 |
| Adjunto V | 109 |
| Adjunto VI..... | 119 |
| Adjunto VII | 129 |
| Adjunto VIII..... | 147 |

Resumen

El presente documento plantea una propuesta metodológica de aprendizaje aplicada a estudiantes de enseñanza media pertenecientes a establecimientos de formación técnico profesional, que además cursen la especialidad de Química Industrial y, a la vez, se especialicen en la mención Laboratorio Químico. La propuesta, que corresponde a técnicas de análisis instrumental, se compone de 8 etapas en las cuales se pretende abordar distintos contenidos relacionados al módulo de la especialidad. Dichas etapas contemplan diversas estrategias de aprendizaje, tales como: presentaciones en PowerPoint, construcción de infograma, metodología de indagación ECBI, utilización de simulador virtual y finalmente la cuantificación de los colorantes amarillo crepúsculo y tartrazina mediante espectrofotometría UV/Vis. Debido a la situación educacional actual, generada por la pandemia por covid-19, esta propuesta no pudo ser implementada; sin embargo, está elaborada y estructurada de forma que se pueda implementar de manera presencial o virtual, ya que trata con datos fehacientes, lo que implica una cuantificación real de colorantes que son altamente utilizados por la industria alimenticia en productos comerciales y que pueden llegar a generar problemas en la salud si existe un consumo indiscriminado.

Palabras Clave

Unidades de Concentración, Ley de Lambert – Beer, Curva de Calibración, enseñanza de espectroscopía, secuencia de aprendizaje, Colorantes Alimenticios, Espectrofotometría UV/Vis.

Abstract

The current document suggests a learning methodological proposal applied to highschool students from Professional technical training schools, who study Industrial Chemistry and, at the same time, major in Chemical Lab. The proposal, that corresponds to instrumental analysis techniques, is made up of 8 stages, in which the intention is to approach different contents related to the specialty module. Aforesaid stages consider diverse learning strategies, such as: PowerPoint presentations, Infogram creation, ECBI inquiry methodology, use of virtual simulator and, finally, the quantification of colorants sunset yellow and tartrazina through UV-Vis spectrophotometry. Due to the current educational situation, generated by the covid-19 pandemic, this proposal could not be implemented. Nevertheless, it is elaborated and structured in such way that it could be implemented face-to-face or virtual, since it deals with irrefutable data, which implies a real quantification of colorants that are highly used by food industry in their commercial products that may generate healthy issues if there is indiscriminate consumption of those products.

Keywords

Concentrate Units, Lambert – Beer`s Law, Calibration Curve, Espectroscopy Teaching, Learning Sequence, Dyes Food, Spectrophotometry UV/Vis.

Introducción

Dentro de la formación técnico profesional en el área química en la educación media de nuestro país, un tema relevante es el de los métodos instrumentales. Ciertamente el desarrollo profesional en el campo laboral implica el conocimiento teórico y práctico de un amplio espectro de instrumentos y equipos de laboratorio que son elementales y comunes en la industria química. Los establecimientos educacionales deben contar con gran parte de estos instrumentos como para fortalecer los conocimientos teórico-prácticos del estudiante. Considerando lo anterior es que nace esta propuesta metodológica, apoyándose en el hecho de que el colegio que imparta esta especialidad considere abordar la espectrofotometría UV/Vis como un eje presente en la formación del estudiante, teniendo en cuenta que es un método cualitativo y cuantitativo utilizado ampliamente en la industria química. Otro factor importante que contempla esta propuesta es familiarizarse con el fundamento teórico del método instrumental, utilizando distintas estrategias educativas que aborden la temática.

En esta tesina se presenta y describe una propuesta metodológica de aprendizaje en donde se propone realizar una cuantificación de dos colorantes alimenticios en constante discusión respecto a su consumo y a los efectos que pueden generar en las personas frente a un consumo indiscriminado, como lo son la tartrazina y el amarillo crepúsculo, además de enfatizar en el fundamento teórico de la espectrofotometría UV/Vis.

Planteamiento del problema

El consumo de alimentos es de primera necesidad para la vida, la industria alimenticia se encarga de la elaboración, venta y distribución de alimentos a nivel mundial, para una producción eficiente se añaden una serie de aditivos que mejoran aspecto, propiedades y características de los alimentos, llevando a las grandes empresas productoras a generar alimentos altamente atractivos sin considerar los riesgos de un consumo excesivo de estos.

La OMS y FAO, son entidades que regulan políticas de prevención, promoción e intervención a nivel mundial respecto a la salud y alimentación, bajo este orden en Chile también existen regulaciones frente al consumo de alimentos y los posibles riesgos asociados al mismo consumo, sin embargo, pese a estar regulado por el gobierno por entidades como el Ministerio de Salud, existen muchos productos alimenticios que llegan a las manos de personas de todas las edades y que no están regularizadas, por ejemplo caramelos que contienen colorantes, pero que no poseen la información de cuanto colorante se adicionó para que tuviera un color particularmente llamativo para niños.

Existen colorantes que son utilizados en variados productos, de distinta índole, es el caso de tartrazina y amarillo crepúsculo o también llamado amarillo ocaso, ambos son consumidos a diario en variados productos alimenticios e incluso algunos fármacos. De manera lamentable, en productos alimenticios no aparecen las cantidades añadidas, sin embargo, mediante espectrofotometría, bajo el fundamento teórico de la Ley de Lambert-Beer, es posible cuantificar concentraciones de estos aditivos en productos alimenticios. Bajo esta premisa, es posible plantear la problemática *¿Cómo generar una propuesta metodológica que relacione la aplicación de la Ley de Lambert-Beer, con la aplicación de un análisis espectroscópico y vinculándola con la alimentación y salud de las personas?*

Objetivos

Objetivo General

Generar una propuesta metodológica que relacione el fundamento teórico de la Ley de Lambert – Beer en la determinación de los colorantes alimenticios tartrazina y amarillo crepúsculo en muestras de productos alimenticios mediante espectrofotometría UV/Vis.

Objetivos Específicos

Utilizar TIC en la elaboración y aplicación de la propuesta, para introducir y favorecer el aprendizaje de los estudiantes.

Elaborar una secuencia de etapas que involucre: información de contenidos, aplicación de conocimientos y evaluación de proceso.

Establecer una metodología para la determinación de amarillo crepúsculo y tartrazina en una muestra comercial de un producto alimenticio mediante espectrofotometría UV/Vis.

Establecer roles asignados para el/la docente y estudiantes en las etapas de la propuesta.

Marco Teórico

Con mucha frecuencia, la selección de alimentos que consumimos no se realiza considerando los componentes o el valor nutricional que posee, sino porque simplemente son de nuestro gusto o nos apetece en cierto momento, es decir, existe cierto grado de aceptación a la comida, de manera sensitiva, siendo la expectativa uno de los factores principales por las cuales se consumen ciertos alimentos. De acuerdo con lo anterior, los alimentos poseen cierto atractivo para ser comprados y posteriormente ingerirlos. En base a lo anterior, la industria alimenticia utiliza este recurso como una fuente segura de venta y posterior ganancia. De esta manera, la preparación de alimentos involucra ciertos tipos de aditivos que son añadidos a productos alimenticios, los cuales otorgan ciertas propiedades como una coloración específica, un dulzor o acidez, potenciar sabores y aportar propiedades conservantes, entre otras.

Como tal, un aditivo alimentario, se considera como cualquier sustancia que no sea consumida como alimento en sí, ni que se use como un ingrediente característico en la alimentación, independientemente de que posea o no valor nutritivo y, cuya adición a los alimentos tenga un propósito netamente tecnológico en la fase de su fabricación, transformación, preparación, tratamiento, envase, transporte o almacenamiento, tenga o puede que tenga como resultado que el propio aditivo o sus subproductos sean considerados como componentes de dichos productos alimenticios. (Piñeiros & Delgado, 2015)

Existe una amplia variedad, existen categorías de acuerdo con la función que cumplen en el producto alimenticio y al ser consideradas como ingredientes, deben ser figurar en el etiquetado de los alimentos. Las categorías se describen a continuación en la Tabla 1:

Tabla 1 tipos de aditivos y su clasificación (Confederación De Consumidores Y Usuarios, 2010), serie aplicada para los distintos tipos de aditivos bajo normalización Europea.

| Aditivo | Función | Serie |
|--------------|---|-------|
| Colorantes | Se utilizan para reforzar o variar el color de los productos alimenticios. | E-1XX |
| Conservantes | Se añaden a los productos alimenticios para protegerlos de alteraciones biológicas, como fermentación, enmohecimiento y putrefacción. | E-2XX |

| | | |
|------------------------|---|--------|
| Antioxidantes | Son sustancias que se añaden a los productos alimenticios para impedir o retardar las oxidaciones catalíticas y enrarecimientos naturales o provocados por la acción del aire, la luz, el calor, indicios metálicos, etc. | E-3XX |
| Estabilizantes | Impiden el cambio de forma o naturaleza química de los alimentos a los que se incorporan, inhibiendo reacciones o manteniendo el equilibrio químico de los mismos. | E-4XXX |
| Emulgentes | Tienen como fin mantener la dispersión uniforme de dos o más fases no miscibles. | E-4XX |
| Espesantes | Se añaden a los productos alimenticios para aumentar su viscosidad. | E-4XX |
| Gelificantes | Son las que se añaden a los alimentos para provocar la formación de un gel. | E-4XX |
| Emulsionantes | Aditivos que hacen posible que líquidos normalmente inmiscibles, por ejemplo aceite y agua, se mezclen y formen una emulsión. | E-4XX |
| Acidulantes | Sustancias aditivas que se suelen incluir en ciertos alimentos con el objetivo de modificar su acidez, modificar o reforzar su sabor. | E-5XX |
| Correctores de acidez | Son aquellos ácidos, bases y sales (acidulantes, alcalinizantes y neutralizantes), que se añaden a los productos alimenticios para controlar su acidez, neutralidad o alcalinidad. | E-5XX |
| Antiaglomerantes | Son sustancias que se añaden a los alimentos impidiendo su aglutinación, floculación, coagulación o peptización. | E-5XX |
| Potenciadores de sabor | Se añaden a los alimentos para intensificar su sabor | E-6XX |
| Edulcorantes | Son sustancias sintéticas que, sin tener cualidades nutritivas, poseen un poder edulcorante superior a | E-9XX |

| | | |
|--------|---|-------|
| | cualquiera de los azúcares naturales a los que sustituyen o refuerzan. | |
| Varios | <ul style="list-style-type: none"> - Antiespumantes - Antiapelmazantes - Humectantes - Gasificantes - Agentes Aromáticos - Sales fundentes - Endurecedores | E-9XX |

Al observar la tabla anterior, podemos darnos cuenta de que existe una gran variedad de aditivos que estamos consumiendo de manera cotidiana y sin darnos cuenta. La especificación sugerida para su descripción dentro de los ingredientes del producto alimenticio es que sean nombradas por el número de clasificación o su nombre.

La normativa chilena, respecto al Reglamento Sanitario de Alimentos, Decreto 977 aprobado por el Ministerio de Salud de Chile, describe tipos de aditivos se pueden adicionar a productos alimenticios. (MINSAL, 2016)

El título III de los aditivos alimentarios Párrafo I de Disposiciones generales, desde el Artículo 130 al Artículo 139, se encarga de entregar información acerca de que se considera como aditivo alimentario, bajo qué circunstancias se deben adicionar dichos aditivos y en qué condiciones no se deben agregar, además de normas de identidad, pureza y toxicidad, también en este párrafo se considera la rotulación en los productos alimenticios, entre otros. El Párrafo 2 describe específicamente el uso de los aditivos en alimentos, además de las cantidades permitidas y la identificación de acuerdo con el *Codex Alimentarius*, código alimentario que recopila todas las normas, códigos de comportamientos, directrices y recomendaciones sugeridas por la Comisión del *Codex Alimentarius* (Organismo de más alto grado en materias de normas alimentarias). La Comisión es un organismo de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y de la Organización Mundial de la Salud (OMS).(Food and Agriculture Organization of the United Nations., 1999)

Teniendo en cuenta la gran cantidad de aditivos que son adicionados a los alimentos consumidos a diario por personas de distintas edades, es en donde surge la preocupación por saber ¿qué es lo que efectivamente estamos ingiriendo? ¿en qué cantidad está agregado al producto final?, ¿qué tan puros son los aditivos?, ¿generarán algunos problemas a la salud? entre otras interrogantes que generan cierto grado de inquietud.

Reiterando, nuevamente, que el espectro de aditivos es muy amplio, el principal enfoque de esta investigación se relaciona solamente a los colorantes alimenticios. El *Codex Alimentarius* describe los criterios de utilización de aditivos, en este caso colorantes en distintas categorías de alimentos, de esta manera define, entre otras, los límites máximos de aditivos permitidos por colorante.

En la Tabla 1, se definió de manera simple lo que se considera por colorante (considerando su función), sabemos que, para conseguir otorgar una coloración, es necesario agregar una sustancia natural o sintética, pero ¿qué sabemos realmente de los colorantes?

Desde la prehistoria se han utilizado colorantes, por ejemplo en el período Neolítico antiguo, en la ubicación de España, se ha encontrado evidencia de la implementación de colorantes de origen mineral que no solamente se utilizaban en eventos ceremoniales o funerarios, sino que también estos colorantes de origen natural, eran utilizados en demostraciones artísticas y en otras actividades como decorar objetos de uso cotidiano (García et al., 2006). Los humanos, primero debían tener cubiertas sus necesidades alimenticias, por lo cual, con el paso del tiempo, en forma natural se comenzó a decorar sus propios alimentos.

A lo largo de la historia, por ejemplo considerando un país vecino como Perú, en donde encontramos la cultura Paracas, cultura que llegó a su apogeo cerca del primer milenio que considera la época cristiana. En ella existieron exponentes que utilizaban colorantes, tal como el colorante proveniente de la cochinilla peruana, en variados implementos, principalmente en la industria textil y también, en el uso de estos colorantes como pinturas en el arte de la cerámica. (Fester, 1940)

Ya llegados los siglos XVII y XIX los colorantes se utilizaban ampliamente en Europa para reverdecer verduras utilizando sales de cobre como sustancia esencial para mejorar el aspecto de dichos alimentos. En 1880 se realizó la primera síntesis de un colorante para el color

índigo, este proceso fue un suceso importante para la época, debido a que el producto sintético obtenido tenía un alto grado de pureza y su costo era muy bajo en comparación con el natural, esto produjo crisis económicas en India y Japón, que eran dos potencias en la venta de colorantes al resto del mundo (Moral Turiel, 1995). Posteriormente, y con el avance de la tecnología, distintos tipos de industrias se han preocupado por seguir generando colorantes sintéticos, desplazando la utilización de aquellos colorantes que se pueden obtener de manera natural, por ejemplo la clorofila a partir de espinaca (Zapana, 2018) o antocianinas a partir de la cascara de camote (Coba Carrera et al., 2019).

Los colorantes naturales son aquellos que están presentes en alimentos (frutas y verduras) y que, mediante ciertos métodos, se pueden extraer y utilizar, también se consideran naturales aquellos colorantes obtenidos de materiales biológicos que no forman parte de los alimentos, tales como algunos insectos, este es el caso del colorante natural *carmin de cochinilla* que se obtiene a partir de un insecto llamado cochinilla (*Dactylopius coccus*), el cual es hemíptero parásito de plantas perteneciente a la familia Dactylopiidae. El colorante nombrado anteriormente es posible de detectar y cuantificar mediante espectroscopía electrónica y vibracional, analizando muestras de productos comerciales tales como caramelos. (Garrido et al., 2019).

Los colorantes sintéticos son aquellos producidos de manera artificial, no poseen un origen natural no intervenido, sino que se elaboran mediante síntesis química y que pueden clasificarse en colorantes inorgánicos u orgánicos. Estos colorantes artificiales, tecnológicamente, han tenido buenos resultados respecto a la disolución, gama de coloración (alta, en comparación con colorantes de origen natural), resistencia a los tratamientos de obtención (presión, temperatura, otros), estabilidad en el tiempo (no pierden su coloración), además de que su valor económico es notablemente más bajo, por ende, y sobre todo considerando el último punto, es común su utilización en productos alimenticios.

Considerando que la Comisión del *Codex Alimentarius* es la entidad que regula la normativa respecto a los alimentos a nivel internacional, Chile no queda exento a los países que forman parte de la normativa, la norma chilena hace referencia, en el título III de aditivos alimentarios, al *Codex Alimentarius* de la FAO/OMS.

Es importante establecer que el *Codex Alimentarius* descarta algunos aditivos que, bajo estudios certificados se compruebe que exceden niveles de toxicidad permitidos y/o generen algún tipo de problema a la salud de las personas, tal es el caso de los colorantes Sudan, que comúnmente se utilizan en la coloración de plásticos. La Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria, de acuerdo con la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) llegan a la conclusión de que la adulteración de los productos alimenticios con colorantes Sudán constituye un riesgo para la salud pública, esta ficha se encuentra en Anexo I, adjunto I.

El *Codex Alimentarius* también define los límites máximos que pueden contener los productos alimenticios, además de clasificar y categorizar los alimentos y aditivos que se adicionan a los alimentos. La normativa chilena, adopta lo acordado por el comité internacional y bajo estos parámetros, en el Título III, de los Aditivos Alimentarios, Párrafo II, artículo 145, se establece cuáles colorantes pueden ser añadidos a productos alimenticios. En la Imagen 1 podemos ver un extracto de los colorantes admitidos por el *Codex Alimentarius*. Tabla adjunta en anexo I, adjunto II

| Nº SIN | NOMBRE CODEX | SINONIMOS | LIMITE MAXIMO |
|--------|---------------------------------|---------------------|---------------|
| 100 | Curcuminas | | |
| 100 i | Curcumina | | BPF |
| 100 ii | Curcuma | | BPF |
| 101 | Riboflavinias | Lactoflavina | |
| 101 i | Riboflavina | | BPF |
| 101 ii | Riboflavina 5' fosfato de sodio | | BPF |
| 102 | Tartrazina (3) | | BPF |
| 104 | Amarillo de quinoleina | | BPF |
| 110 | Amarillo ocaso (3) | Amarillo crepúsculo | BPF |

Imagen 1 Extracto anexo I, adjunto II, colorantes permitidos por normativa chilena.

Podemos observar que, en la imagen extraída de la norma, aparece la codificación N° SIN, el nombre otorgado por el comité internacional, otra columna que informa si se conoce al colorante con otro nombre y finalmente el límite máximo permitido.

Cabe destacar que el decreto chileno 977, establece el límite máximo para cada colorante como BPF, abreviaturas asignadas para la terminología de “Buenas Prácticas de Fabricación” o en inglés GMP (*Good Manufacturing practice*), en donde *Codex Alimentarius* describe lo que se comenta a continuación:

Good Manufacture Practice (GMP) (Worlds Health Organization & Food and Agriculture Organization of the United Nations., 2019)

Todos los aditivos alimentarios sujetos a las disposiciones de esta Norma se utilizarán en condiciones de buenas prácticas de fabricación, que incluyen lo siguiente:

- a) La cantidad del aditivo agregado a los alimentos se limitará al nivel más bajo posible necesario para lograr el efecto deseado;
- b) La cantidad de aditivo que se convierte en un componente de los alimentos como resultado de su uso en la fabricación, procesamiento o envasado de un alimento y que no tiene la intención de lograr ningún efecto físico u otro efecto técnico en el alimento en sí, se reduce a extensión razonable posible; y,
- c) El aditivo es de calidad alimentaria adecuada y se prepara y manipula de igual manera que un ingrediente alimentario.

Lo anterior deja en evidencia que la normativa chilena adopta lo exigido por normas internacionales, sin embargo, dentro de la información de componentes e ingredientes que forman parte del producto alimenticio, no aparecen cantidades puntuales de los aditivos agregados e incluso los mismos ingredientes, ver anexo I, adjunto III.



Imagen 2 Producto alimenticio con colorantes alimenticios, imagen de origen propio.

En la Imagen 2 podemos ver los tipos de colorantes que presenta un producto típico de golosinas para lograr la coloración del producto; esto generalmente de acuerdo con sabor de la golosina, así para un sabor limón por ejemplo habitualmente se adiciona un colorante amarillo como tartrazina y para un sabor naranja un colorante como amarillo crepúsculo o una combinación de colorantes para obtener la tonalidad deseada. Es importante considerar que, se observan dos tipos de colorantes que aparecen en mayúscula y destacados (por normativa chilena e internacional), ellos son: Amarillo crepúsculo y Tartrazina. En este punto es donde se busca generar límites máximos de adición al alimento y límites de consumo por persona, definiendo valores de Ingesta Diaria Admisible (IDA) como para no generar problemas en la salud de los consumidores.

Pero ¿qué es la Ingesta Diaria Admisible? Corresponde a la cantidad de consumo estimada como adecuada por una persona adulta normal, de un aditivo alimentario, sus unidades se expresan en miligramo por kilogramo de peso corporal, la cual puede ser ingerida de manera diaria por las personas, sin involucrar directamente un riesgo apreciable para su salud. (Zacarías & Vera, 2005). El comité internacional mantiene las cantidades adecuadas de agregación por alimentos y también el valor de IDA por aditivo, en este caso, para cantidades de Tartrazina y Amarillo Crepúsculo.

Tartrazina

La tartrazina, E-102, o amarillo N°5 (CAS N°1934-21-0) es uno de los colorantes artificiales que se utilizan con mayor frecuencia en la industria alimentaria y pertenece a la familia de los colorantes azoicos, del tipo monoazo (pirazolona). Su nombre químico es 5-

hidroxi-1- (4 -sulfonatofenil)-4 -(4- sulfonato fenilazo)-H-pirazol-3- carboxilato trisódico, posee una masa molecular de $534,37 \text{ g mol}^{-1}$, y una fórmula molecular $\text{C}_{16}\text{H}_9\text{N}_4\text{Na}_3\text{O}_9\text{S}_2$. La presentación de este colorante es en forma de polvo o gránulos de color naranja claro como lo muestra la Imagen 3, presenta un alto grado de estabilidad, ya que no se ve afectado por exposición a la luz artificial y solar, ni de ácidos y bases. Este colorante le confiere al producto alimenticio una tonalidad amarilla, más o menos anaranjado, dependiendo de la cantidad agregada, también se usa comúnmente para alcanzar coloraciones o tonos. Este colorante ha sido utilizado desde principios de 1900, siendo utilizado en repostería y decoración de alimentos, sopas preparadas, conservas vegetales, salsas, helados, caramelos y golosinas e incluso se puede encontrar frecuentemente en medicamentos, como algunas vitaminas, por ejemplo.

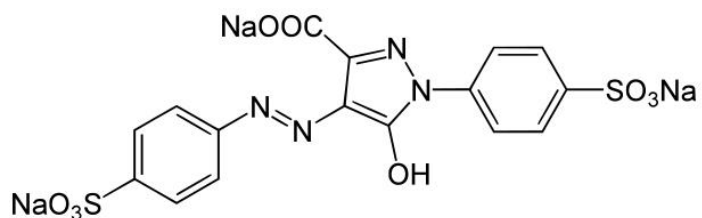


Imagen 3 Estructura química de la tartrazina y presentación física

El Comité internacional ha establecido un IDA para tartrazina correspondiente a un valor entre 0 – 10 mg/kg por día (Barrows & by Harriet Wallin, 2016)

Amarillo Crepúsculo

Este colorante sintético, también llamado amarillo ocaso, E110 o amarillo N°6 (CAS N°2783-94-0) también pertenece a la familia de los colorantes azoicos del tipo monoazoico, se añade a productos alimenticios para llegar a una coloración anaranjada o amarillo oscuro (tipo yema de huevo) como lo muestra la Imagen 4. Este colorante es ampliamente utilizado en diferentes tipos de alimentos, incluidos cereales, productos horneados, gelatinas, bebidas, postres en polvo, entre otras. El nombre químico que recibe es el de sal sódica del ácido 6-hidroxi-5 - [(4-sulfofenil) azo] -2- naftaleno-sulfónico. Este compuesto posee una masa molecular de $452,38 \text{ g-mol}^{-1}$ y una fórmula molecular $\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_7\text{S}_2$. El método de

obtención de este producto es mediante síntesis química y su presentación física es en forma de polvo o gránulos anaranjados.

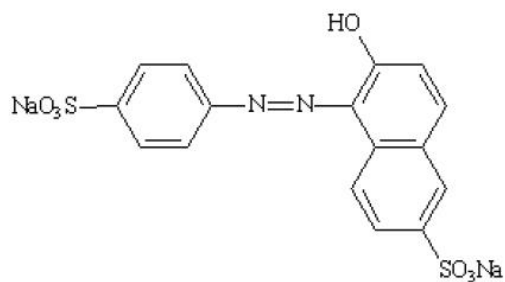


Imagen 4 Estructura química de Amarillo Crepúsculo y presentación física.

El comité internacional ha definido un IDA con valor aceptable entre 0 – 4,0 mg/kg por día. (Bend et al., 2005)



Imagen 5 Disoluciones acuosas de tartrazina (solución amarilla) y de amarillo crepúsculo (solución anaranjada), ambas en concentración aproximadamente $1,0 \times 10^{-3}$ mol/L. Se puede apreciar el alto poder de tinción de ambos colorantes alimentarios. (elaboración propia)

La Imagen 5 nos muestra que ambos colorantes poseen un alto grado de tinción en bajas concentraciones. Las disoluciones mostradas contienen aproximadamente 5,0 mg de colorante.

La razón de profundizar respecto a estos colorantes alimenticios se debe principalmente, a que es bastante común asociar estos colorantes a enfermedades e incluso generación de cáncer. Diversos estudios señalan una relación directa entre los colorantes amarillo crepúsculo y tartrazina con respuestas de urticaria y alergias a personas sensibles, además de nombrar algunos casos de hiperactividad en niños a partir del consumo de tartrazina (McCann et al., 2007) . A partir de algunos estudios realizados en animales, en donde se utilizaron bajas y altas dosis de colorantes, se ha relacionado a la tartrazina con tumores en la glándula tiroides y al amarillo crepúsculo con tumores al riñón y ambos con posibles daños a nivel cromosómico, razón por la cual, algunos países lo han prohibido como aditivo en la elaboración de productos alimenticios, tales como Noruega y Austria.

Es bueno considerar que no toda la información que se comunica es verídica, por ejemplo comentarios respecto a que la tartrazina es un componente que puede generar mutaciones y que tiene una acción genotóxica, sin embargo se han realizado estudios internacionales que permiten descartar esa posibilidad, un ejemplo es India, en donde se utilizan muchos aditivos, colorantes entre ellos que no están permitidos por su legislación. El estudio consiste en administrar tartrazina a ratas para realizar los respectivos análisis demostrando que la tartrazina no es mutagénica y tampoco genotóxica.(Das & Mukherjee, 2004)

Sin embargo, otros estudios incitan a realizar más investigaciones en donde se evalúe la veracidad de los datos obtenidos, a partir de análisis de toxicidad de tartrazina y amarillo crepúsculo en células de *Allium cepa*, comúnmente llamada cebolla (Gomes et al., 2013) en donde se obtuvieron resultados por sobre lo estimado, esto al adicionar grandes cantidades de colorantes trabajados, que arrojaron valores aberrantes respecto al conteo de células por lote, dando el pie evaluar los niveles de citotoxicidad celular.

Uno de los efectos que también genera en el cuerpo humano, el cual también se comenta frecuentemente, es la hiperactividad en niños pequeños. Un estudio británico, mediante una investigación consistente en administración de bebidas con y sin aditivos en análisis (placebo), logró establecer que la presencia de colorantes y conservantes en alimentos, que son consumidos a diario, provocan un aumento en la hiperactividad de los niños que tienen entre 3 y 8-9 años de edad de la población en general (McCann et al., 2007). Otro efecto dañino en la salud de las personas se involucra directamente con el asma, enfermedad que afecta el sistema respiratorio,

caracterizada por complicaciones al respirar, sensación de ahogo, tos, entre otras. El asma puede ser inducido por ácido acetilsalicílico y otros antiinflamatorios no esteroides y también por ingestión de tartrazina, el diagnóstico es complejo de realizar, sin embargo, hay un porcentaje importante que presenta esta situación (De Gracia et al., 1986). El mecanismo, como tal, no es muy conocido, pero se ha descrito que algunos azocompuestos como la tartrazina pueden generar crisis asmática. La intensidad de la crisis es variable en las personas, desde un broncoespasmo preexistente, hasta una crisis intensa de un broncoespasmo acompañada de urticaria, angioedema, síncope (perdida del conocimiento acompañada de paralización momentánea de corazón y respiración) y paro respiratorio.

El amarillo crepúsculo tampoco queda atrás con posibles daños en la salud de las personas, al ser un compuesto azoico también puede afectar a personas con asma, además de generar alergias y urticarias dependiendo de las dosis ingeridas. Otro efecto en la salud, en donde no se ha profundizado lo suficiente, es con relación a una alteración en inmunomoduladores, que son sustancias capaces de modificar la respuesta inmune, pudiendo disminuir o aumentar de acuerdo a lo que el organismo necesite.(Yadav et al., 2013)

Entonces, si nos damos cuenta de que diariamente estamos consumiendo productos alimenticios que llevan una serie de aditivos que modifican las propiedades de dichos alimentos con un límite máximo por producto, ¿cómo podríamos saber si lo que estamos comiendo, posee las cantidades adecuadas de aditivo, en este caso de colorante tartrazina o amarillo crepúsculo? ¿Cómo podríamos saber que el colorante agregado tiene un alto grado de pureza, sabiendo que los estándares de calidad analítica para tartrazina y amarillo crepúsculo, para 25 mg tienen valores de \$38500 y \$159000 respectivamente? (Sigma - Aldrich, 2021), ¿no será un valor muy alto para adicionar altas cantidades de estos aditivos a los productos alimenticios?, ¿qué tipo de impurezas tiene? Son muchas las interrogantes que surgen una vez se tiene el conocimiento de los posibles daños en la salud a corto, mediano o largo plazo. Pero ¿es posible cambiar los colorantes sintéticos por colorantes naturales?¹. Diversos estudios comparativos demuestran que sí es posible reemplazar los colorantes artificiales por colorantes naturales, sin embargo, comparativamente hablando, los colorantes artificiales poseen mejores características

¹ *El ideal sería no utilizar ningún tipo de colorante en los alimentos, independiente si son de origen natural o artificial.*

funcionales y tecnológicas que los colorantes naturales; lo que los vuelve más apropiados al momento de utilizar en una amplia gama de productos alimenticios, respecto a lo toxicológico, los colorantes naturales y artificiales pueden ser dañinos para la salud cuando se exceden los límites permitidos. (Ortega, 2004). Es importante recalcar que, pese a que un colorante sea de origen natural, no garantiza que sea inocuo para la salud humana.

Pese a lo anterior, es aceptable reemplazar algunos colorantes artificiales por colorantes naturales, tal es el caso de utilizar betacarotenos en la fabricación de bebidas sin alcohol, dejando de lado la utilización de tartrazina para otorgar un color deseado. (Restrepo et al., 2006). Lo anterior se puede llevar a cabo bajo ciertas condiciones, debido a que la tartrazina, por ser un colorante artificial al ser sometido a ciertas condiciones fuera de lo normal, es decir extremas (presión, temperatura, almacenamiento), no sufre mayores cambios en sus propiedades, sin embargo, los colorantes naturales, en este caso betacaroteno, sus propiedades sí se ven alteradas, sobre todo al estar expuestos a la luz.

La pregunta ahora es, ¿Cómo determinar cuánto colorante artificial o natural posee el producto que estoy consumiendo? Existen variados estudios en donde se aplican distintos métodos para cuantificar concentraciones de colorantes en productos alimenticios, entre ellos Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia o HPLC por sus siglas en inglés *High Performance Liquid Chromatography* (Sha et al., 2014), Polarografía de Pulso Diferencial (López de Alba et al., 2002) y también Espectrofotometría, que es comúnmente utilizada en diversas investigaciones (Garrido et al., 2019).

El término espectrofotometría hace referencia a una serie de técnicas analíticas, las cuales tienen su fundamento en la espectroscopía atómica y molecular. El principal foco de estudio de la espectroscopía es la interacción de la radiación y la materia, en otras palabras, la relación que existe entre la emisión y absorción de la radiación electromagnética (luz) por parte de la materia.

Cuando nos referimos a radiación electromagnética, estamos hablando de una energía que es transmitida a través del espacio a grandes velocidades (velocidad de la luz), esta radiación se puede describir como una onda con propiedades tales como longitud de onda, frecuencia, velocidad y amplitud. Bajo este mismo tratamiento como una onda, la radiación

electromagnética es convenientemente modelada como ondas que consisten en campos magnéticos y eléctricos que oscilan perpendicularmente.

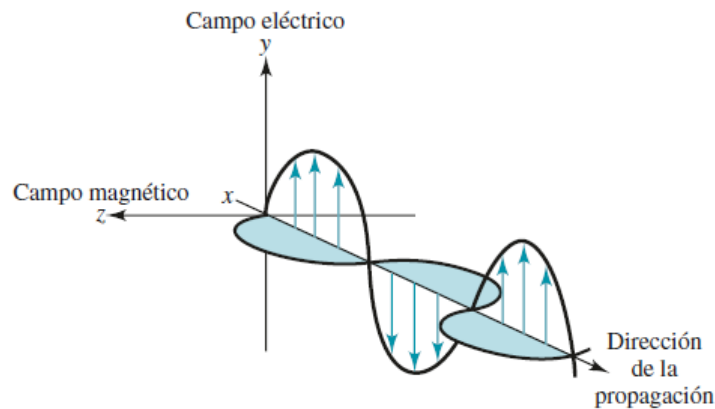


Imagen 6 Naturaleza de una onda de un haz de luz de radiación electromagnética que presenta una frecuencia única.

En la Imagen 6 se representa una onda polarizada en un plano cartesiano, que se propaga a través del eje. El campo eléctrico oscila en un plano perpendicular al campo magnético. Si la radiación no estuviera polarizada, se vería un componente del campo eléctrico en todos los planos.(Skoog et al., 2014).

Las ondas poseen ciertas características propias, si consideramos el eje en donde las oscilaciones se generan sobre el campo eléctrico, tendremos lo siguiente:

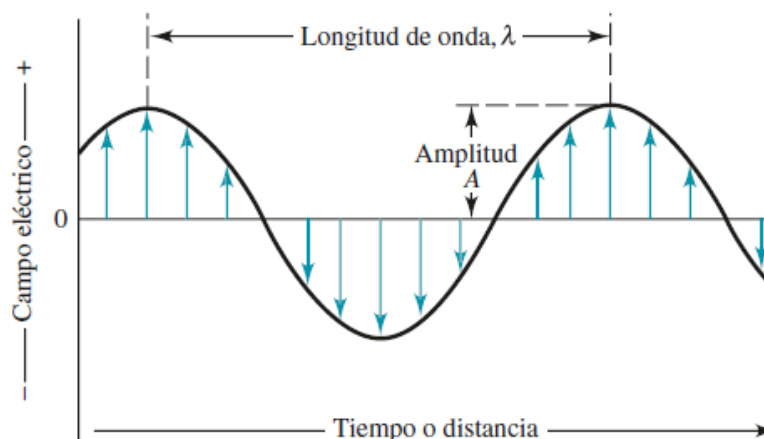


Imagen 7 Oscilaciones de una onda frente a la presencia de un campo eléctrico.

A partir de la Imagen 7 podemos reconocer identificar las características que poseen las ondas, entre ellas la amplitud de una onda electromagnética, la cual es una cantidad vectorial que proporciona una medida de la fuerza ejercida por el campo eléctrico o magnético en un

máximo de onda, el tiempo expresado en segundos que se requiere para el paso de máximos o mínimos sucesivos por un punto fijo en un sector del espacio recibe en nombre de periodo de la radiación, también considerando el factor tiempo, se tiene la frecuencia de una onda electromagnética, definida como el número de oscilaciones que ocurren en un segundo.

En la Imagen 7 podemos apreciar una distancia entre dos crestas en la onda electromagnética, denominada longitud de onda (λ), formalmente se define como la distancia lineal entre los mínimos o máximos sucesivos de una onda. Si establecemos una relación entre longitud de onda y frecuencia, obtendremos como producto la velocidad de una onda.

$$v = \nu \cdot \lambda \quad \text{Ecuación 1}$$

La luz, en el vacío, puede viajar a su máxima velocidad (c) que es $2,99792 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$. La expresión de la velocidad de la luz en el vacío queda de la forma que indica la ecuación 2.

$$c = \nu \cdot \lambda = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1} = 3,00 \times 10^{10} \text{ cm s}^{-1} \quad \text{Ecuación 2}$$

Lógicamente, en un medio que contiene materia, la velocidad de la luz disminuirá, debido a la interacción entre el campo eléctrico y los electrones de los átomos o moléculas presentes en el medio.

Sabemos que la materia la conforman átomos y moléculas y cada una de estas entidades posee una cantidad de energía que proviene a partir de sus componentes rotacionales, vibracionales y eléctricas, dando una energía total dada por la siguiente ecuación:

$$E_T = E_{Eléctrica} + E_{Vibracional} + E_{Rotacional} \quad \text{Ecuación 3}$$

La cantidad de energía que poseen las moléculas se describe como una serie de niveles o estados discretos, estableciéndose el siguiente orden de energía:

$$E_{Eléctrica} > E_{Vibracional} > E_{Rotacional} \quad \text{Ecuación 4}$$

En algunas moléculas y átomos, se pueden producir transiciones entre los diferentes niveles de energía a partir de la interacción con fotones de luz UV y visible energizados (Owen, 2000). Desde el punto de vista energético, es conveniente concebir la luz como partículas denominadas fotones, los cuales transportan cierta cantidad de energía, en base a la siguiente relación:

$$E = h \nu \quad \text{Ecuación 5}$$

En donde tenemos E como Energía expresada en Joules, ν corresponde a la frecuencia expresada en segundos (unidad de tiempo) y h es la constante de Plack ($6,62 \times 10^{-34} \text{ J s}$), si evaluamos la energía de un solo fotón, tendremos la siguiente ecuación:

$$E = h \nu = \frac{h c}{\lambda} \quad \text{Ecuación 6}$$

En donde podemos observar que la λ es inversamente proporcional a la Energía

Las interacciones que son más intensas generan transiciones, como las que se muestran en la Imagen 8, y ocurren entre los niveles energéticos de todas las especies químicas. Los tipos específicos de interacciones vienen dadas por la energía de la radiación utilizada y el método de detección.

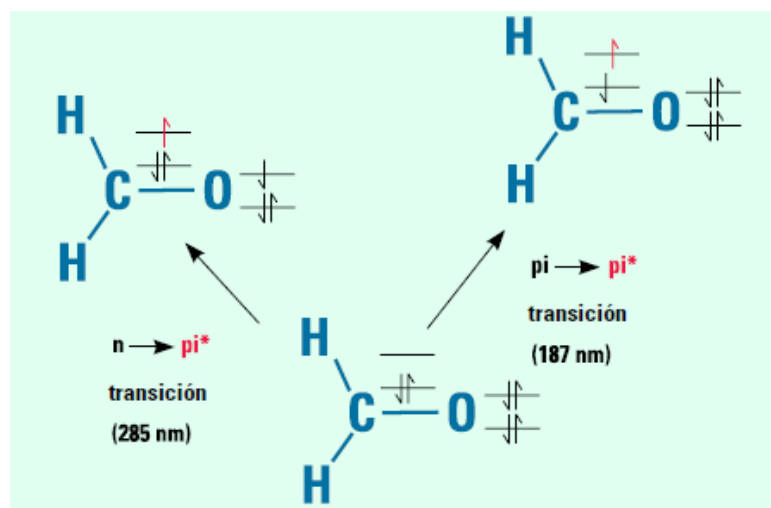


Imagen 8 Transiciones electrónicas del formaldehído a partir de radiaciones de luz de distintas longitudes de onda.

región del visible. Esta técnica utiliza un haz de luz monocromática que se hace incidir sobre el material de estudio, una pequeña fracción de luz es dispersada inelásticamente experimentando variaciones de frecuencia propios del material e independientes de la frecuencia del haz de luz utilizada, entregando valores característicos para cada especie en análisis.

Un tipo de espectroscopía altamente utilizada es la que trabaja en la región del visible y ultravioleta, ambas comprenden una pequeña región del espectro electromagnético e incluyen otras formas de radiación como radio, infrarrojo (IR), cósmica y rayos X. En la Imagen 10 se presenta el espectro electromagnético y las regiones ultravioleta, visible e infrarrojo.

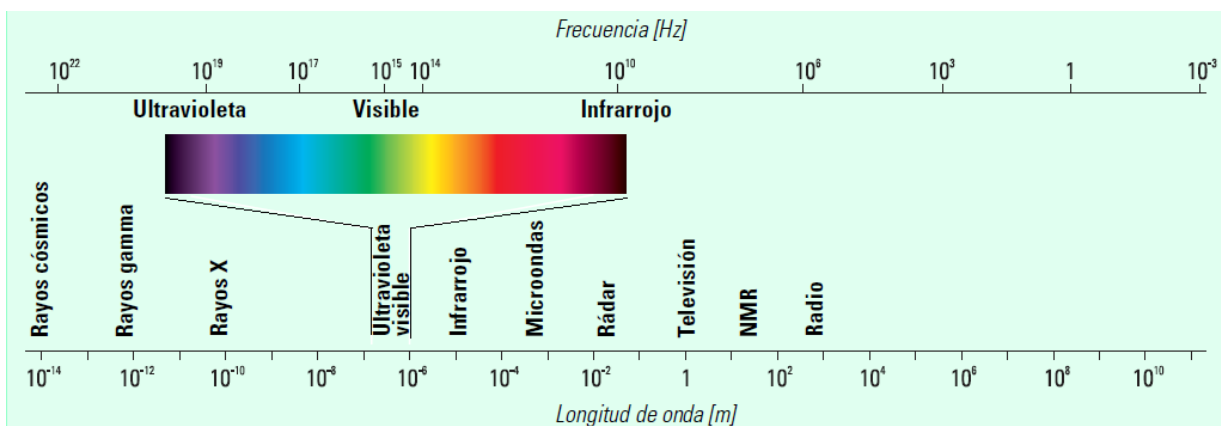


Imagen 10 Espectro electromagnético, indica regiones de la espectroscopía entre el infrarrojo, visible y ultravioleta.

Sólo las longitudes de onda asociadas a la región del visible son las que afectan el ojo humano, por ende, permiten la percepción de colores. A esta región se le conoce también con la denominación de “luz”, aunque en una definición más general, la terminología de luz se aplica y asocia a aquel rango del espectro electromagnético que se puede manejar mediante el uso de lentes y espejos, por eso también se puede encontrar la terminología de región óptica.

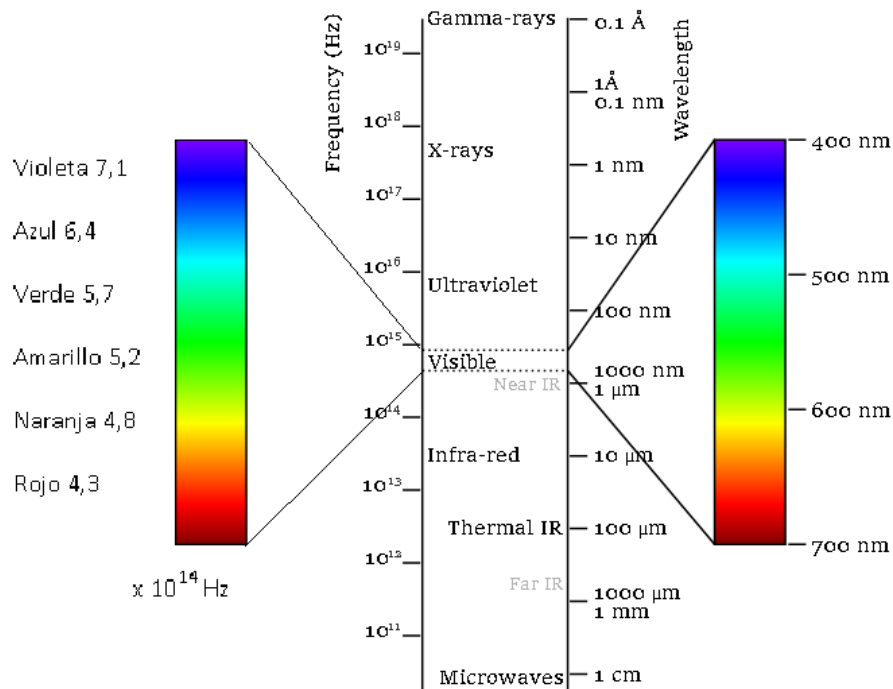


Imagen 11 Longitudes de onda correspondientes a la región del visible con los respectivos colores y frecuencia característica. (Rubinson & Runbinson, 2001)

Sabemos que las regiones del ultravioleta e infrarrojo están adjuntas a la región del visible, la primera región contempla un intervalo de longitudes de onda que van desde los 350 nm hasta los 10 nm, sin embargo, para temas analíticos el rango útil comprende hasta los 190 nm solamente. Por otro lado, la segunda región comentada posee un intervalo de longitudes de onda que van desde los 800 nm a 1 mm. Los colores que podemos percibir poseen longitudes de onda que van desde los 380 nm hasta los 780 nm, fuera de este intervalo, no podemos divisar colores, tal como vemos en la Imagen 11, con longitudes de onda desde los 400 a 700 nm.

A continuación, en la Tabla 2, podemos visualizar los distintos colores correspondientes a la región del visible y su respectivo intervalo de longitudes de onda, cabe destacar que los colores que poseen un alto valor de frecuencia son aquellos que poseen longitudes de onda con valores pequeños, como lo son el violeta y el azul, por el contrario, los colores con baja frecuencia corresponden al amarillo, naranja y rojo.

Tabla 2 Colores de la región del visible y sus respectivos intervalos de longitud de onda

| Color | Intervalo λ (nm) |
|---------|--------------------------|
| Violeta | 380-465 |
| Azul | 465-482 |

| | |
|-------------------|---------|
| Azul verdoso | 482-498 |
| Verde | 498-530 |
| Verde amarillento | 530-576 |
| Amarillo | 576-580 |
| Amarillo naranja | 580-587 |
| Naranja | 587-597 |
| Naranja rojizo | 597-617 |
| Rojo | 617-780 |

La Tabla 2 nos muestra los colores que estamos familiarizados a visualizar, esto bajo el fenómeno de absorción y emisión de la luz, el cual ocurre en la región del visible. La terminología de absorción y emisión de luz tienen el mismo significado que se utiliza a diario respecto a estos conceptos, absorción se asocia a tomar y emisión se asocia a dar.

El ojo humano es capaz de ver el complemento del componente de luz que es absorbido por el material o sustancia interferente, es así como, por ejemplo, podemos ver distintos objetos de color rojo, el color reflejado o emitido es rojo, mientras tanto está absorbiendo entre los 490 – 500 nm, cercana a una coloración azul verdosa. La Imagen 12 indica colores absorbidos y el color complementario.



Imagen 12 Región del visible, longitudes de onda, coloración absorbida y emitida o complementario.

Distintos tipos de espectrofotetría son utilizados para trabajar en esta zona en particular, para ello es necesaria la interacción de la materia en estudio con una radiación, la cual puede generar una excitación o emisión, tal como muestra la Imagen 13. Normalmente el material o sustancia en estudio es estimulada de alguna forma, a través de la aplicación de una fuente de calor, energía eléctrica, radiación lumínica (luz), partículas o de una reacción química, la razón se explica debido a que el analito antes de la exposición a la fuente de estimulación se encuentra en un estado energético más bajo, o también denominado estado basal. Una vez el analito es irradiado, se produce un fenómeno llamado transición energética, en donde partículas que componen el analito experimentan un cambio energético desde el estado basal a un estado de mayor energía o también llamado estado excitado.

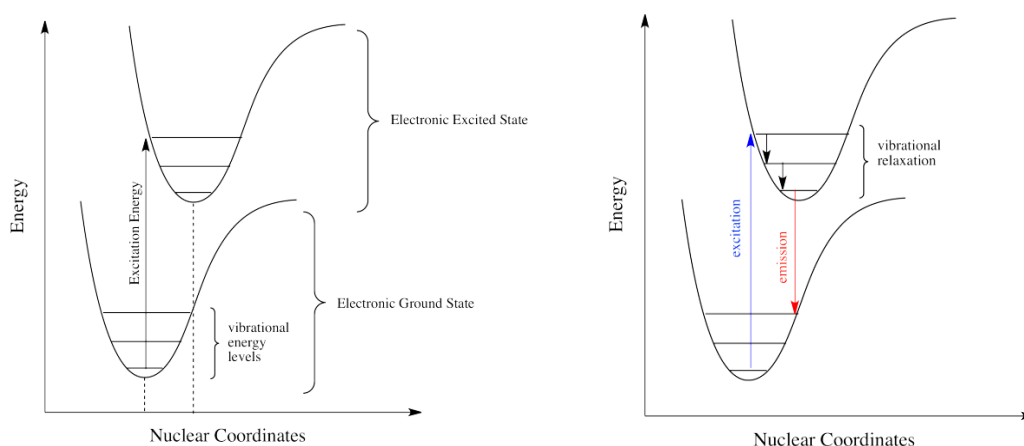


Imagen 13 Energías de excitación y emisión

En base a lo anterior, se es capaz de obtener información a partir de la radiación electromagnética emitida, conforme se vuelve a un estado de mínima energía o estado basal o midiendo la cantidad de radiación electromagnética absorbida a partir de la excitación.

La determinación de la emisión de radiación hace referencia a la espectroscopía de emisión, en donde se aplica, al analito, estimulaciones de tipo eléctrica o calor, mientras que la espectroscopía de quimioluminiscencia se asocia netamente a la estimulación del analito mediante reacciones químicas. Los resultados de tales mediciones a menudo son expresados gráficamente mediante el uso de espectros, el cual corresponde a una gráfica de la radiación emitida como función de la frecuencia o de la longitud de onda.

Cuando nos referimos entonces, a espectroscopía de absorción, podemos medir la cantidad de luz absorbida como la función de la longitud de onda, a partir de lo anterior, es que

esta espectroscopía nos puede proporcionar información no solo a nivel cualitativo, sino que cuantitativo acerca de la muestra. Entre algunos tipos de espectroscopía de absorción como la de fotoluminiscencia, fluorescencia y fosforescencia.

La espectroscopía de absorción es ampliamente utilizada debido a la capacidad de identidad propia para una gran cantidad de sustancias químicas.

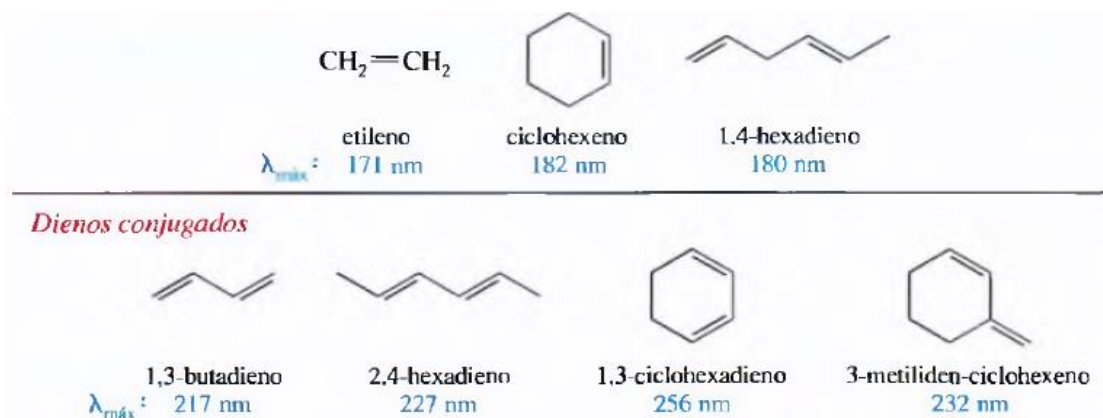


Imagen 14 Longitud máxima de absorción de distintos compuestos orgánicos y sus respectivas longitudes de onda propias. (Wade, 2004)

Tal es la aplicación de la espectroscopía de absorción, que es utilizada en diversas áreas, como en la identificación de compuestos orgánicos, en donde se obtienen espectros propios para cada especie. En la Imagen 14 se observan compuestos orgánicos que presentan a lo menos un doble enlace en su estructura, mediante espectroscopía de absorción se logran identificar estas especies, de acuerdo con las longitudes de onda registradas. En la Tabla 3 se pueden observar los máximos de absorción para colorantes artificiales de uso en alimentos. (Sanchez, 2013)

Tabla 3 Máximos de absorción establecidos para colorantes Tartrazina, Amarillo Ocaso, Allura Red AC y Azul Brillante FCF.

| Colorante | λ_{max} FDA (nm) | λ_{max} UE (nm) | λ_{max} Japón (nm) |
|--------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Tartrazina | 428 | 426 | 426-430 |
| Amarillo Ocaso | 484 | 485 | 480-484 |
| Allura Red AC | 500 | 504 | 497-501 |
| Azul Brillante FCF | 630 | 630 | 628-632 |

La espectroscopía de absorción, sobre todo, en la región del UV/Visible del espectro, es ampliamente utilizada en áreas de la química, biología, ciencias forenses, ingeniería, industria

farmacéutica, química clínica, agricultura, entre otras, su versatilidad y facilidad (Millán & Merida, 2012), respecto a la identificación e interpretación de la técnica, permite sus variadas aplicaciones.

Absorción de la Radiación

Todas las moléculas son capaces de absorber frecuencias de radiación electromagnética, en razón a la interacción con la radiación, la cual transfiere energía a la molécula y por ende una disminución en la intensidad de la radiación incidente, lo cual es lo que describe la Ley de Absorción o también denominada Ley de Lambert-Beer.(Skoog et al., 2014).

Si utilizamos un ejemplo, a modo de simplificar esta Ley, se podría comentar lo siguiente: si hacemos incidir un haz de luz que contiene 1000 fotones, sobre una cubeta y solo pasan 500 fotones, la radiación transmitida o también nombrada transmitancia, sería del 50% o 0.5, si el mismo haz atraviesa una segunda cubeta de iguales condiciones, atravesarían solo la mitad del 50%, es decir el 25% o 0.25, y así sucesivamente como lo indica la Imagen 15

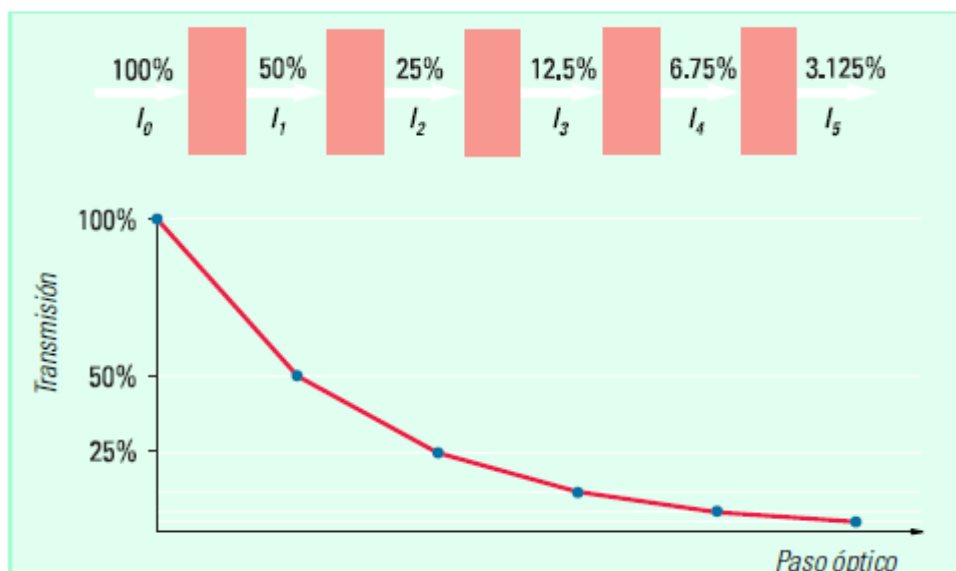


Imagen 15 Gráfica Transmitancia vs paso óptico, Ley de Bouguer.

Realizando una analogía a lo expuesto anteriormente, si se utilizan cubetas con disoluciones que posean distintos valores de concentración, se obtendrán valores similares, es decir, mientras mayor sea la concentración de los absorbentes, mayor será la atenuación del haz de luz, lo que se expone en la Imagen 16.

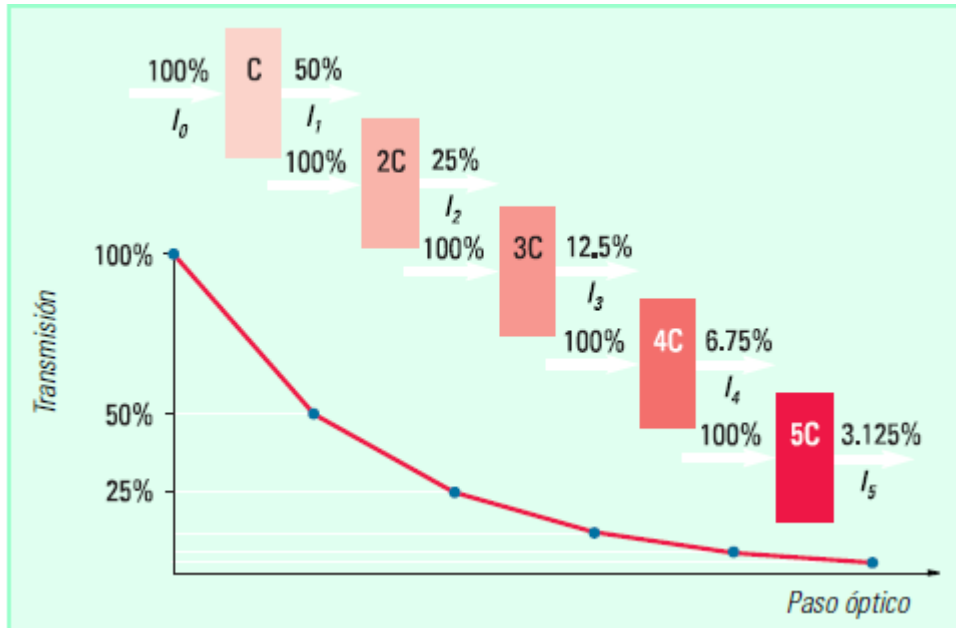


Imagen 16 Gráfica transmitancia vs paso óptico, se consideran distintas concentraciones de los absorbentes en cubetas distintas, obteniéndose la relación entre paso óptico y concentración, Ley de Beer.

Al relacionar ambos postulados y posteriores leyes, al combinarlas, dan origen a lo que se conoce como Ley de Lambert-Beer-Bouguer (Millán, 2016), aunque Bouguer, en ocasiones, no es considerado al nombrar o explicar la ley.

Al irradiar una muestra de cierta concentración contenida en una cubeta, con una luz monocromática, la cual posee una única longitud de onda, parte de la intensidad de ese haz de luz será absorbida por las moléculas que componen a la disolución, otra parte de la intensidad será reflejada, otra es dispersada en la disolución y finalmente una parte será transmitida, tal como lo indica la Imagen 17.

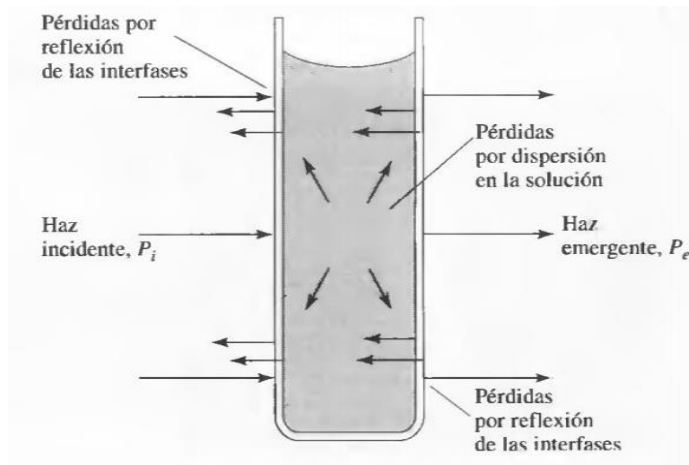


Imagen 17 Haz incidente y emergente, junto a las respectivas pérdidas en la intensidad del haz de luz

Lo anterior da cuenta de que existirá una atenuación del haz de luz desde P_0 a P , que pasa a través de una disolución absorbente de densidad (b) y de una concentración molar determinada (c), representada en la Imagen 18.

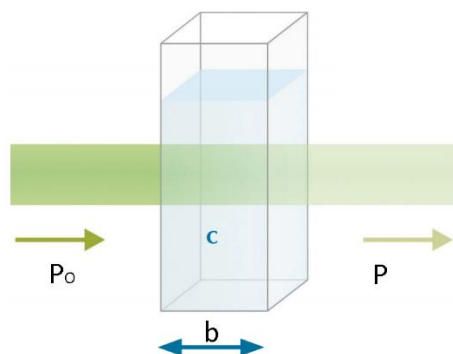


Imagen 18 Fenómeno de atenuación de haz de luz incidente pasando por una disolución de concentración determinada.

La razón entonces de esta atenuación corresponde a la interacción entre el haz de luz y las moléculas absorbentes componentes del analito, lo anterior depende de la concentración de las moléculas absorbentes y de la longitud de onda de la trayectoria donde ocurre la absorción. Mientras la luz atraviesa el medio que contiene el analito absorbente, la intensidad del haz de luz se ve disminuido a medida que las moléculas absorbentes son excitadas por la misma radiación. La interacción existente entre partículas absorbentes y fotones provenientes del haz de luz generan esta atenuación desde P_0 a P (Skoog et al., 2014) como lo indica la Imagen 19.

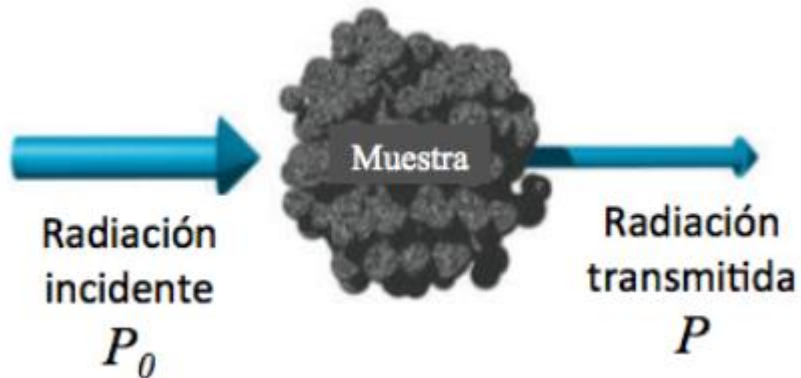


Imagen 19 La radiación de la potencia del haz incidente P_0 puede ser absorbida por el analito, disminuyendo la radiación del haz de luz a P .

Para que ocurra una absorción, por ende, una atenuación de la radiación transmitida es necesario que exista una variación de energía en el sistema.

La relación matemática involucrada en este proceso de absorción de radiación de luz monocromática considera la Transmitancia de la disolución, es decir la fracción incidente que es capaz de pasar por la disolución.

$$T = \frac{P}{P_0} \quad \text{Ecuación 7}$$

En ocasiones la transmitancia también es expresada como porcentaje de transmitancia, la cual se presenta de la siguiente manera:

$$\%T = \frac{P}{P_0} \times 100 \quad \text{Ecuación 8}$$

Al abordar el concepto de transmitancia hacemos referencia solamente a la fracción que para por la disolución que contiene el analito absorbente, sin embargo, ¿cómo saber que fracción entonces no es capaz de pasar por la disolución? Frente a esta interrogante es cuando aparece el concepto de Absorbancia, la cual se relaciona matemáticamente con la transmitancia, como lo muestra la ecuación 9.

$$A = -\log T \quad \text{Ecuación 9}$$

Expresada de otra manera:

$$A = -\log \frac{P}{P_0} \quad \text{Ecuación 10}$$

Finalmente, la expresión queda reducida a:

$$A = \log \frac{P_0}{P} \quad \text{Ecuación 11}$$

A su vez, también es posible determinar la absorbancia del analito relacionando las ecuaciones 8 y 9, de acuerdo con:

$$A = -\log \%T + \log 100 \quad \text{Ecuación 12}$$

De esta manera determinar absorbancia de un analito en función al porcentaje de transmitancia mediante:

$$A = 2 - \log \%T \quad \text{Ecuación 13}$$

Ya sabemos que la Ley de Beer está relacionada con la atenuación del haz de luz monocromática que incide por sobre una muestra, a su vez, asociada a la concentración del analito, lo cual va de la mano con la transmitancia y absorbancia, la relación que existe, considerando que la concentración es inversamente proporcional a la transmitancia y directamente proporcional a la absorbancia se tiene que:

$$A = -\log \frac{P}{P_0} = a \cdot b \cdot c \quad \text{Ecuación 14}$$

Se representa entonces la proporcionalidad directa respecto a la concentración, c , y a la longitud del contenedor del analito, que representa la trayectoria b , tal como lo muestra la ecuación 14.

El otro factor determinante dentro de la Ley de Beer, responde a la participación de una constante de proporcionalidad denominada **absortividad molar** o **coeficiente de extinción**, a , también designada al símbolo ϵ (épsilon) la cual corresponde a una cantidad propia de cada sustancia, nos indica cuanta luz absorbe a cierta longitud de onda. (Harris, 1996). El máximo de absortividad molar en muchos compuestos orgánicos va desde el valor 10 hasta incluso por sobre los 10000, aunque algunas transiciones de complejos inorgánicos poseen valores de absortividad molar de hasta los 50000, a medida que se poseen valores de absortividad altos, la sensibilidad se optimiza. (Skoog et al., 2014).

Matemáticamente se puede demostrar de la siguiente manera, en primera instancia; consideremos un bloque que contenga un material absorbente, ya sea gas, líquido o sólido. En la Imagen 20 se hace referencia a lo expuesto anteriormente, este modelo análogo a una cubeta utilizada en análisis espectroscópicos, en donde se hace incidir un haz de radiación monocromática a un analito de interés y que es capaz de absorber radiación.

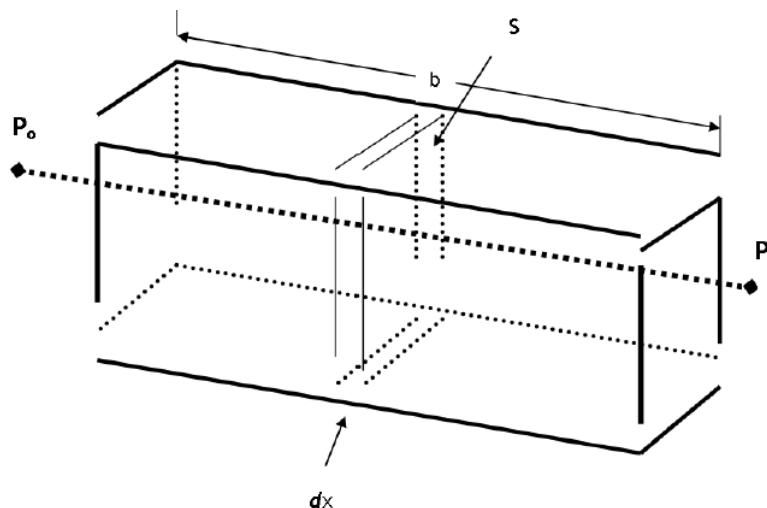


Imagen 20 Paso de Radiación monocromática en bloque contenedor de analito con especies absorbentes.

Un haz de radiación monocromática sale del monocromador, con una potencia inicial de P_0 , incide perpendicularmente la superficie lateral del bloque y atraviesa todo el bloque de longitud b , la cual contiene n partículas absorbentes, ya sean (átomos, moléculas, iones, otros). A medida que el haz atraviesa el medio absorbente, su potencia se ve disminuida, de esta manera posee un potencial P , siendo menor a P_0 . Consideremos ahora una sección transversal del bloque, de área S y un espesor infinitesimal correspondiente a dx , similar a un pequeño corte delgado del bloque, en donde son atrapadas dn partículas absorbentes de energía. Asociada a cada partícula, podemos imaginar una superficie capaz de absorber radiación, en otras palabras, si un fotón de la radiación alcanza una de estas regiones de probabilidad, el fotón es captado y se produce inmediatamente el fenómeno de absorción.

El área total proyectada de estas superficies en donde ocurre la captura, dentro de la sección se denomina dS , de esta manera la relación matemática entre el área de captura y el área total corresponde a dS/S , representando la probabilidad de captura de fotones en esa sección.

Refiriéndonos a la potencia del haz P_x que incide en la sección de corte, éste es proporcional al número de fotones presentes por centímetro cuadrado y por segundo. La expresión que representa la cantidad de radiación eliminada por segundo dentro de la sección se denomina dP_x , por ende, la fracción absorbida se asocia matemática a $-dP_x/P_x$, esta expresión corresponde al promedio de captura de fotones. El hecho de que la expresión anterior posea un signo negativo da por entendido que existe una disminución en la radiación.

En base a lo anterior podemos obtener la siguiente igualdad:

$$-\frac{dP_x}{P_x} = \frac{dS}{S} \quad \text{Ecuación 15}$$

Es necesario recordar que dS corresponde a la suma del total de áreas en donde se realiza la captura de radiación, entonces debe ser proporcional al número de partículas absorbentes, entonces:

$$dS = a \cdot dn \quad \text{Ecuación 16}$$

En donde dn corresponde al número de partículas y a es una constante de proporcionalidad, la cual recibe el nombre de *sección transversal de captura*. Al integrar fijando valores entre 0 y n , y combinando la ecuación 15 con la ecuación 16, obtendremos:

$$-\int_{P_x}^P \frac{dP_x}{P_x} = \int_0^n \frac{a \cdot dn}{S} \quad \text{Ecuación 17}$$

Por propiedades de las integrales, al integrar se obtiene por resultado:

$$-\ln \frac{P}{P_0} = \frac{a \cdot n}{S} \quad \text{Ecuación 18}$$

Transformando el logaritmo natural a logaritmo en base 10, al invertir cambia el signo se obtiene:

$$2.303 \log \frac{P_0}{P} = \frac{a \cdot n}{S} \quad \text{Ecuación 19}$$

Lo que al acomodar a modo de dejar a un lado el factor de radiación, se llega a:

$$\log \frac{P_0}{P} = \frac{a \cdot n}{2.303 S} \quad \text{Ecuación 20}$$

Es importante recordar la expresión matemática asociada a la absorbancia, descrita en la ecuación 11.

El área de la sección, denominada S puede expresarse en términos de volumen (V) y longitud (b), por lo que la expresión para S queda definida por:

$$S = \frac{V (cm^3)}{b (cm)} \quad \text{Ecuación 21}$$

De esta manera, reemplazando en la ecuación 20, obtendremos

$$\log \frac{P_0}{P} = \frac{a n b}{2.303 V} \quad \text{Ecuación 22}$$

Al observar la nueva ecuación, podemos notar la presencia de cantidad de partículas por unidad de volumen, lo cual implica concentración (c), como se trata de partículas, se puede llegar a obtener mol y de esta manera tratar con concentraciones molares.

$$mol = \frac{n \text{ partículas}}{6,02 \times 10^{23} \text{ partículas/mol}} \quad \text{Ecuación 23}$$

La conversión viene dada por:

$$c = \frac{n}{6,02 \times 10^{23}} mol \cdot \frac{1000 \text{ cm}^3}{V \text{ cm}^3} \quad \text{Ecuación 24}$$

Resultando:

$$c = \frac{1000 \cdot n}{6,02 \times 10^{23} \cdot V} mol/Litro \quad \text{Ecuación 25}$$

Al despejar la ecuación para obtener la expresión de mol, tendremos:

$$n = \frac{c \cdot 6,02 \times 10^{23} \cdot V}{1000} \quad \text{Ecuación 26}$$

Si combinamos la ecuación resultante para mol con la ecuación 22, se obtendrá:

$$\log \frac{P_0}{P} = \frac{a \cdot c \cdot 6,02 \times 10^{23} \cdot V \cdot b}{2.303 \cdot 1000 \cdot V} \quad \text{Ecuación 27}$$

Reordenando la ecuación se lleva a:

$$\log \frac{P_0}{P} = \frac{abc \cdot 6,02 \times 10^{23}}{2.303 \cdot 1000} \quad \text{Ecuación 28}$$

Al reunir todos los valores constantes de la ecuación en una sola expresión, se obtiene la constante denominada absortividad molar del analito, denominada con el símbolo ϵ (épsilon)

$$\varepsilon = \frac{a \cdot 6,02 \times 10^{23}}{2.303 \cdot 1000} \quad \text{Ecuación 29}$$

Al reunir la constante anterior con la ecuación 28 se obtiene

$$\log \frac{P_0}{P} = \varepsilon b c \quad \text{Ecuación 30}$$

Finalmente, mediante la ecuación 31, queda demostrada la expresión a la Ley de Beer. (Skoog et al., 2014)

$$A = \varepsilon b c \quad \text{Ecuación 31}$$

Información importante que podemos extraer de esta ley y que se implementa en ciertas determinaciones, es la propiedad de aditividad de las absorbancias, también denominado Principio de aditividad, la cual establece que la absorbancia total de varias especies en una mezcla, corresponde a la suma de las absorbancias individuales, siempre y cuando no existan interacciones entre las moléculas y si los coeficientes de absorptividad molar coinciden con los resultados determinados de manera individual. Como se describió anteriormente para una mezcla con dos componentes tendremos:

$$\begin{aligned} A'_{(x+y)} &= A'_x + A'_y = \varepsilon'_x b \cdot c_x + \varepsilon'_y b \cdot c_y \\ A''_{(x+y)} &= A''_x + A''_y = \varepsilon''_x b \cdot c_x + \varepsilon''_y b \cdot c_y \end{aligned} \quad \text{Ecuación 32}$$

En donde A' corresponde la absorbancia determinada a λ' y A'' a una λ'' .

La determinación de concentraciones para estas mezclas, se pueden resolver simplemente, siempre y cuando exista coherencia con los valores de absorptividad molar encontradas a ciertas longitudes de onda trabajadas, el espectro resultante de una mezcla puede representarse de la manera como la muestra la Imagen 21 teniendo máximos de absorbancia para especies individuales, que al formar una mezcla, estas pueden representar la sumatoria entre ambas absorbancias. (Owen, 2000)

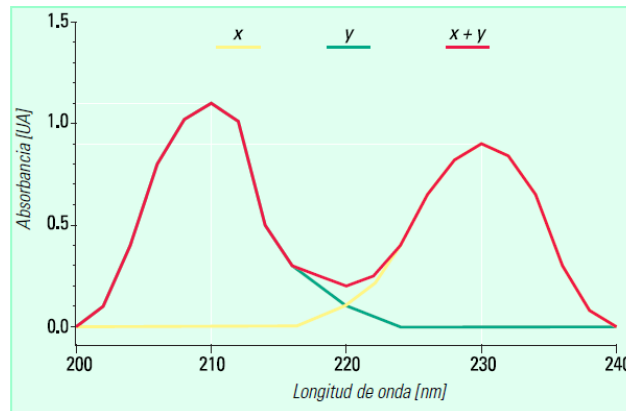


Imagen 21 Espectro de mezcla compuesta por dos sustancias con diferentes máximos de absorción

En el caso de la Imagen 21, existe un bajo nivel de solapamiento, debido a que ambas especies x e y poseen máximos de absorción con valores de longitud de onda distintos, sin embargo, puede ocurrir que exista un gran solapamiento espectral, situación que ocurre cuando los máximos de absorción de los componentes de la mezcla coinciden, obteniéndose un espectro resultante que suma ambas absorbancias obtenidas en un espectro resultante como lo indica la Imagen 22.

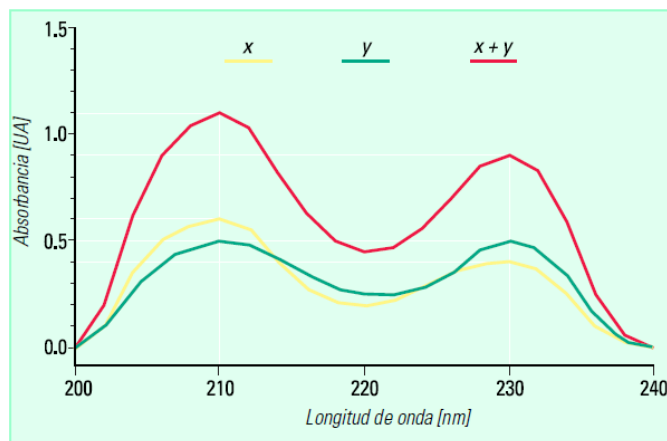


Imagen 22 Solapamiento espectral producido en mezcla con máximos de absorción similares o cercanos en longitud de onda.

Ciertamente esta Ley es ampliamente utilizada en diversas áreas en donde se utilizan estas técnicas espectroscópicas en función a esta ley, sin embargo, posee ciertas limitaciones. Estas limitaciones a la Ley se asocian principalmente a desviaciones químicas del soluto y solvente e instrumentales.

Ciertas concentraciones muy altas, por sobre 0,01M las moléculas de soluto pueden causar la distribución de la carga diferente en sus especies vecinas en la solución,

concentraciones elevadas darían lugar a un cambio en la longitud de onda de absorción del analito. Por desgracia, debido a que normalmente no tomamos en cuenta a estos procesos que afectan al analito, a menudo no es posible corregir las mediciones. A su vez las concentraciones del analito también pueden alterar el índice de refracción de la disolución lo cual afecta los valores de absorbancia obtenidos. Una forma de evidenciar este tipo de desviación de la Ley involucra el graficar valores obtenidos, generándose desviaciones positivas o negativas respecto a valores reales obtenidos, tal como lo señala la Imagen 23.

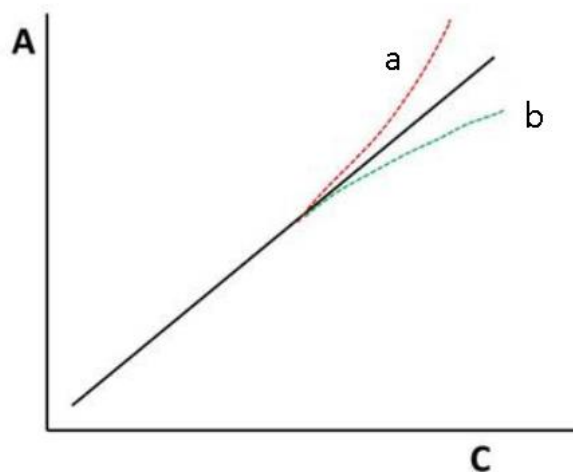


Imagen 23 (a) En rosado representa desviación positiva en comparación a la absorbancia medida real, mientras que (b) en azul indica una desviación negativa en comparación con la absorbancia medida real.

Respecto a desviaciones químicas podemos comentar aquellas que dependen del comportamiento entre soluto y solvente, ya sea su reactividad disociación e interacciones intermoleculares.

Algunos factores físicos como dispersión, fluorescencia, efecto Raman (dispersión de un fotón) y variaciones de temperatura, pueden ocasionar generalmente desviaciones negativas. (Millán, 2016)

Algunas desviaciones vinculadas al instrumento se relacionan principalmente a:

- Radiación policromática, la cual afecta cuando no hay una relación lineal entre la concentración y las diferentes absorptividades molares, entregando gráficas como la que muestra la Imagen 24 a continuación.

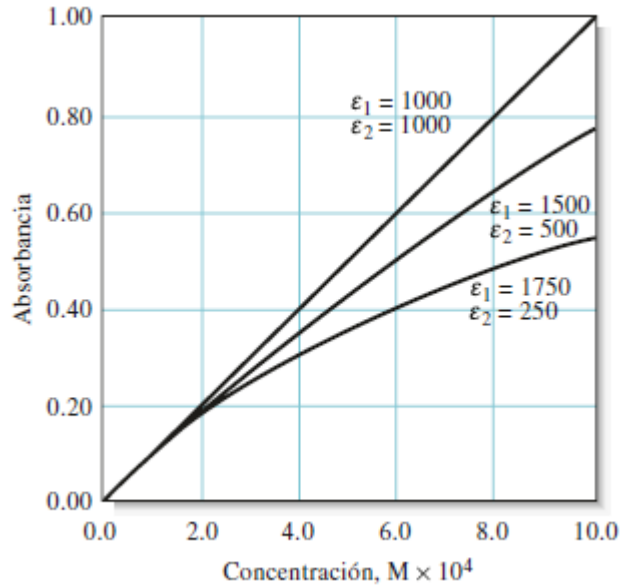


Imagen 24 Desviación de la Ley de Beer por radiación policromática, evidenciando una desviación de la linealidad entre concentración y absorptividad molar.

- Luz errante, esta radiación es definida como radiación del instrumento que está fuera de la banda de longitud de onda seleccionada para la medición, en ocasiones es resultado de dispersiones y reflexiones ocurridas en superficies como rejillas, lentes, espejos, filtros y ventanas. La Imagen 25 presenta gráficamente este tipo de desviaciones.

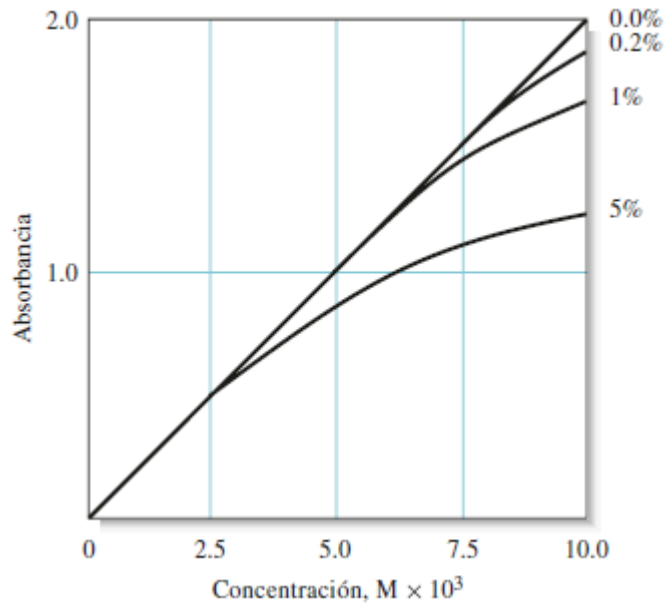


Imagen 25 Desviación de Ley de Beer, ocasionada por varios niveles de radiación errante, es importante destacar que a medida que es mayor el porcentaje de luz errante, mayor es la desviación de la linealidad y menor es la absorbancia.

- Cubetas desiguales, es importante tener celdas en buenas e iguales condiciones para realizar las mediciones tanto de los analitos, como de los estándares o patrones con los cuales se establecen parámetros para cuantificar muestras, como lo es la curva de calibración.

Espectrofotometría y Educación

Sabemos hasta ahora que existen colorantes alimentarios naturales y artificiales, estos últimos de amplio espectro de utilización en distintas áreas, pero principalmente en un sector importante que es la industria alimenticia y todos los subproductos obtenidos de ella y bajo qué metodologías se puede determinar efectivamente que tipo de colorante añadido a cierto alimento, sin embargo, el manejo de esta información no es sabida por toda la comunidad.

Si lo llevamos al nivel educacional, principalmente en educación superior y en algunas carreras que tienen relación con la especialidad de Química, se generan asignaturas relacionadas a distintas metodologías de análisis, tanto electroquímicos, espectroquímicos, entre otros. Parte de esta formación educacional va de la mano con el conocimiento teórico – práctico de estos métodos, pero sin interiorizar de manera profunda. Existen algunas carreras denominadas Técnicas Universitarias, las cuales son diferentes respecto a los grados académicos, proyección laboral y rango de sueldos a los que se puede acceder. Varias instituciones nacionales imparten estas carreras profesionales, generando oportunidades educacionales y laborales. Si profundizamos en la malla de algunas universidades, nos daremos cuenta de que pocas carreras poseen asignaturas relacionadas a análisis instrumental (ver Anexo I adjuntos IV- VII), las que son de carácter técnico poseen una profundización respecto a espectroscopía.

Ahora bien, si se analiza la educación básica y media, generalmente, no se enseña análisis instrumental, tampoco su fundamento teórico ni sus variadas aplicaciones, salvo en algunas instituciones que son de formación técnico – profesional y que imparten la carrera de Química o Química Industrial. En este caso sí se profundiza respecto a distintas metodologías utilizadas en la industria.

El Ministerio de Educación, a partir de la construcción de los planes y programas para la educación técnico profesional, estructura la especialidad de tal manera que durante tercero medio se tenga un módulo común tanto para la especialidad de Química Industrial. A partir de cuarto medio se imparte la mención de Planta Química o Laboratorio Químico. Esta última

mención comentada, contiene una sección en donde se profundiza en el análisis instrumental, para la cual se destinan 152 horas pedagógicas, un resumen de lo anteriormente relatado se muestra en la Imagen 26.

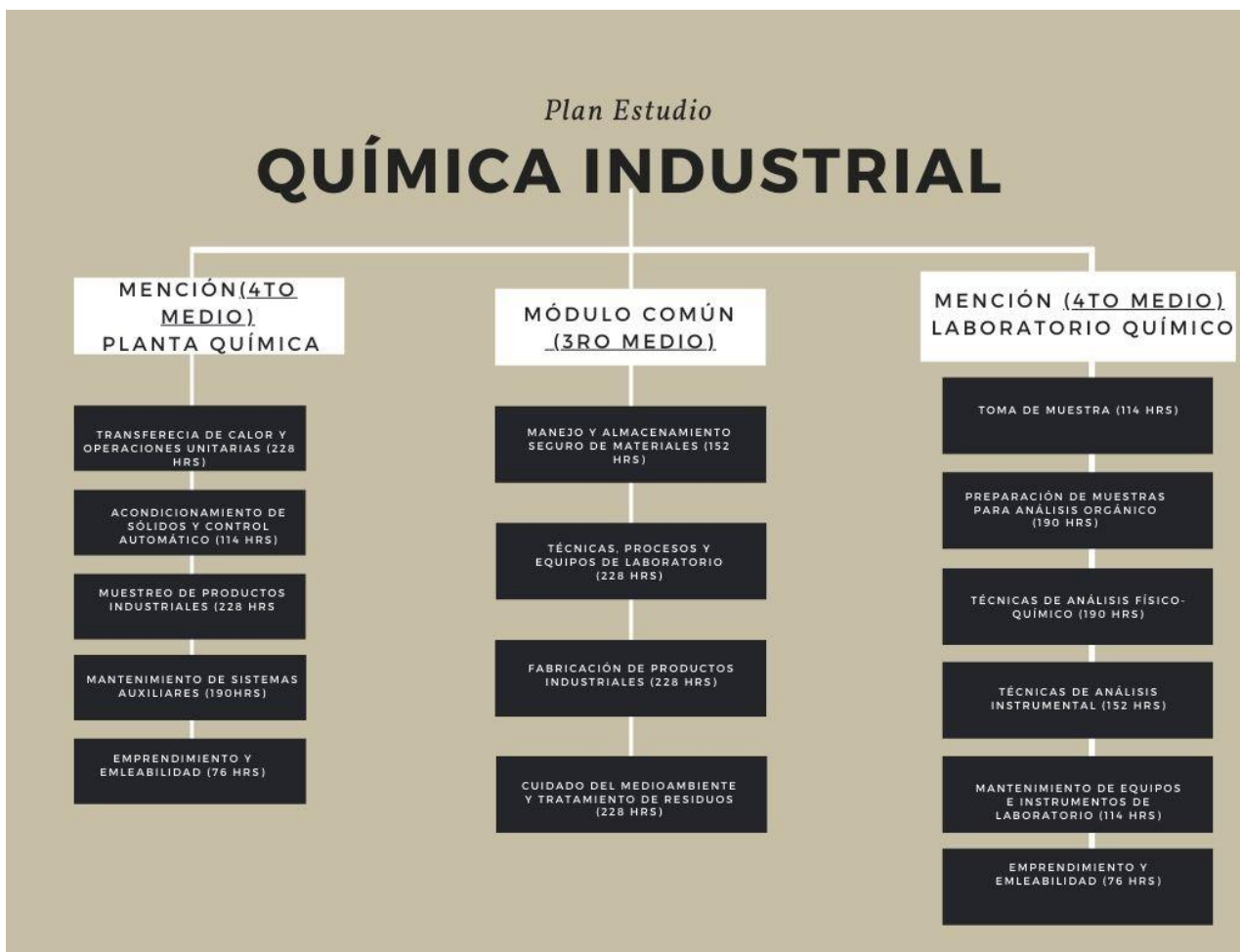


Imagen 26 Plan de estudio especialidad Química Industrial, con las respectivas menciones (Ministerio de Educación, 2015).

Los objetivos de aprendizaje genéricos que considera la formación Técnico Profesional corresponden a lo presentado en la Tabla 4:

Tabla 4 Objetivos de aprendizaje genéricos para formación Técnico Profesional

| | |
|---|--|
| A | Comunicarse oralmente y por escrito con claridad, utilizando registros de habla y de escritura pertinentes a la situación laboral y a la relación con los interlocutores. |
| B | Leer y utilizar distintos tipos de textos relacionados con el trabajo, tales como especificaciones técnicas, normativas diversas, legislación laboral, así como noticias y artículos que enriquezcan su experiencia laboral. |

| | |
|---|--|
| C | Realizar las tareas de manera prolija, cumpliendo plazos establecidos y estándares de calidad, y buscando alternativas y soluciones cuando se presentan problemas pertinentes a las funciones desempeñadas |
| D | Trabajar eficazmente en equipo, coordinando acciones con otros in situ o a distancia, solicitando y prestando cooperación para el buen cumplimiento de sus tareas habituales o emergentes. |
| E | Tratar con respeto a subordinados, superiores, colegas, clientes, personas con discapacidades, sin hacer distinciones de género, de clase social, de etnias u otras |
| F | Respetar y solicitar respeto de deberes y derechos laborales establecidos, así como de aquellas normas culturales internas de la organización que influyen positivamente en el sentido de pertenencia y en la motivación laboral. |
| G | Participar en diversas situaciones de aprendizaje, formales e informales, y calificarse para desarrollar mejor su trabajo actual o bien para asumir nuevas tareas o puestos de trabajo, en una perspectiva de formación permanente. |
| H | Manejar tecnologías de la información y comunicación para obtener y procesar información pertinente al trabajo, así como para comunicar resultados, instrucciones e ideas. |
| I | Utilizar eficientemente los insumos para los procesos productivos y disponer cuidadosamente los desechos, en una perspectiva de eficiencia energética y cuidado ambiental. |
| J | Emprender iniciativas útiles en los lugares de trabajo y/o proyectos propios, aplicando principios básicos de gestión financiera y administración para generarles viabilidad. |
| K | Prevenir situaciones de riesgo y enfermedades ocupacionales, evaluando las condiciones del entorno del trabajo y utilizando los elementos de protección personal según la normativa correspondiente. |
| L | Tomar decisiones financieras bien informadas y con proyección a mediano y largo plazo, respecto del ahorro, especialmente del ahorro previsional, de los seguros, y de los riesgos y oportunidades del endeudamiento crediticio, así como de la inversión. |

Dentro del programa establecido para la especialidad de Química Industrial, se establece un listado único de objetivos de aprendizaje para el módulo común, los cuales son presentados en la Tabla 5:

Tabla 5 Objetivos de aprendizaje para especialidad Química Industrial, módulo común.

| | |
|---|---|
| 1 | Ordenar y disponer materias primas, insumos, productos químicos, para ser utilizados en programas de producción de una planta química o para su almacenamiento, aplicando técnicas y protocolos de traslado, rotulación, <i>layout</i> (disposición) y preservación de productos químicos. |
| 2 | Medir y registrar con precisión el comportamiento de variables e indicadores de los productos, muestras y procesos productivos, utilizando instrumentos tales como: termómetros, manómetros, pHmetros, higrómetros, analizadores de gases, barómetros, flujómetros, romanas, pesas electrónicas y balanzas, entre otros. |
| 3 | Preparar informes de observaciones y mediciones realizadas acerca del comportamiento de variables e indicadores de los productos, muestras y procesos productivos, describiendo las tendencias, de acuerdo con formatos establecidos manuales y digitales, para la consideración y aprobación del profesional especialista. |
| 4 | Vigilar constantemente el cumplimiento de estándares de seguridad de las condiciones físicas y de funcionamiento de instalaciones y equipos, de manejo de sustancias y productos químicos, así como de los procedimientos de trabajo que realiza, de acuerdo a normativas nacionales e internacionales. |
| 5 | Realizar el manejo de residuos industriales, sólidos y líquidos, previniendo incidentes o derrames, aplicando procedimientos de emergencia en caso de accidente, resguardando el cumplimiento de exigencias de identificación, la normativa ambiental y/o sanidad vigente, almacenamiento y disposición final de esos residuos. |

Al considerar la mención de Laboratorio Químico, se plantea que las/os estudiantes posean las siguientes competencias al egresar de la Educación Media Técnico – Profesional, presentadas en la Tabla 6:

Tabla 6 Competencias esperadas para estudiantes de formación en especialidad Química Industrial, mención Laboratorio Químico

| | |
|---|---|
| 1 | Tomar muestras para análisis químico de materias primas, productos intermedios o finales, de acuerdo a protocolos establecidos y resguardando la integridad y representatividad de la muestra, las normas de seguridad, utilizando equipos auxiliares y materiales apropiados. |
| 2 | Clasificar y rotular muestras e insumos para análisis de laboratorio, resguardando la integridad del material, facilitando su identificación y trazabilidad, de acuerdo con protocolos y procedimientos de trabajo, estándares de calidad de acuerdo a normativas nacionales e internacionales y normas de seguridad. |
| 3 | Preparar muestras para ejecución de ensayos de laboratorio, aplicando procedimientos y técnicas, según la naturaleza de las muestras y del proceso que se va a realizar. |
| 4 | Medir, registrar y verificar datos de los estados iniciales de las muestras y de los cambios físicos y químicos ocurridos durante los ensayos o análisis, utilizando equipos e instrumentos apropiados y controlando las variables que pudieran afectar o sesgar las observaciones y mediciones. |
| 5 | Mantener y ajustar equipos e instrumentos de preparación y análisis de muestras, según especificaciones técnicas, instrucciones del fabricante y normativa vigente. |

De acuerdo con la estructuración de la especialidad generada por el Ministerio de Educación se pretende que el estudiante egresado bajo este perfil educacional, (especialidad Laboratorio Químico) cumpla con los siguientes aprendizajes esperados:

- Determina la conductividad, pH, turbidez, entre otros, en muestra de distinta naturales siguiendo las instrucciones técnicas del procedimiento y/o protocolo de análisis
- Analiza muestras mediante cromatografía, siguiendo las instrucciones del método e informando resultados
- Determina la concentración de la muestra, por medio de espectrofotometría, siguiendo las instrucciones del procedimiento y comunicando los resultados obtenidos.(Ministerio de Educación, 2015)

Bajo estos puntos importantes es donde se puede dar un énfasis respecto a la importancia del análisis instrumental desde la arista de la espectrofotometría y hacer el vínculo con la

alimentación, tomando en cuenta que es posible llegar a determinar concentraciones de colorantes aditivos que pueden generar problemas a corto, mediano y largo plazo, vinculando la implementación de tecnologías de información y comunicación (TIC) en el aprendizaje de los estudiantes frente al tema.

En enfoque de la implementación de TIC en educación implica dimensiones específicas desde el punto de vista del aprendizaje y competencias para la profesión docente.

Respecto al aprendizaje, el Ministerio de Educación ha generado una matriz que describe y profundiza las dimensiones y sub-dimensiones establecidas para el aprendizaje. Constan de:

1. Dimensión Información: Consiste en describir habilidades de buscar, seleccionar, organizar y transformar información en conocimiento, bajo un contexto digital. Posee dos sub-dimensiones, las cuales son: información como fuente e información como producto.
2. Dimensión Comunicación efectiva y colaboración: contempla principalmente las habilidades para transmitir e intercambiar información, también la interacción y contribución con sus pares. Posee dos sub-dimensiones, las cuales son: comunicación efectiva y colaboración.
3. Dimensión Convivencia digital: En esta dimensión se enfatiza en contribuir en la ética de las/os estudiantes y a una sana relación con otros miembros de la comunidad digital. Posee dos sub-dimensiones, las cuales son: Ética y autocuidado y TIC y sociedad.
4. Dimensión Tecnología: Esta dimensión considera principalmente las habilidades y conocimientos de las/os estudiantes para nombrar, resolver problemas, operar y utilizar TIC frente a cualquier tarea asignada. Posee tres sub-dimensiones, las cuales son: Conocimientos TIC, operar las TIC y usar las TIC. (Centro de Educación y Tecnología, 2013)

Al referirnos a las competencias docentes, debemos abordar el documento emitido por la misma entidad ministerial que considera las competencias y estándares TIC para la profesión docente, la cual considera cinco importantes dimensiones, las cuales son:

1. Dimensión Pedagógica: busca integrar las TIC a procesos de enseñanza – aprendizaje de las/os estudiantes.

2. Dimensión Técnica o Instrumental: busca orientar y facilitar la incorporación del uso de TIC.
3. Dimensión de Gestión: aborda acciones administrativas y rol técnico/pedagógico en búsqueda del desarrollo y/o fortalecimiento de los procesos de aprendizaje de las/os estudiantes.
4. Dimensión Social, Ética y Legal: implica la labor del docente en que las/os estudiantes se involucren con las TIC de manera responsable, en un marco de respeto y compromiso con sus pares, comunidad y medio ambiente.
5. Dimensión de Desarrollo y Responsabilidad Profesional: implica la implementación de TIC en el perfeccionamiento profesional y mejora del desempeño docente, desde esta vereda mejorar el proceso de enseñanza – aprendizaje de las/os estudiantes.

Los estándares para cada dimensión buscan orientar en como cumplir con lo que aborda cada dimensión, competencias y criterios, de esta manera se describen las siguientes cuatro competencias:

- Comunicación
- Capacidad de planificar y organizar
- Innovación
- Compromiso de aprendizaje continuo

Marco Metodológico

El desarrollo de la propuesta responde a la implementación en establecimientos de educación media, con formación técnico profesional en la especialidad de Química Industrial, mención Laboratorio Químico. La relevancia de esta propuesta metodológica es que las/os estudiantes conozcan y se interioricen en la espectrofotometría, siendo una meta el cómo abordar esta temática a partir de relaciones entre la espectrofotometría (como técnica cuantitativa) con la salud, pasando por el fundamento teórico de la técnica instrumental, Ley de Lambert-Beer y sus variadas aplicaciones, hasta llegar a un interés por la salud de las personas, buscando que se produzca un proceso de indagación por parte del estudiante.

Al profundizar respecto a la propuesta metodológica se podrá evidenciar que posee una secuencia de aprendizaje, que consiste en tres grandes dimensiones:

Informativa: Se entrega al estudiante conocimientos respecto al tema específico, en donde se profundizará en etapas posteriores de la propuesta.

Aplicación: a partir de distintas actividades presentadas al estudiante, se pretende que realice una ejercitación de contenidos bajo distintas estrategias, de esta manera, existe una aplicación de los conocimientos adquiridos mediante el proceso de enseñanza.

Evaluación: el proceso evaluativo dentro de la propuesta metodológica no es único, sino que se relacionan con las distintas etapas establecidas a medida que se cumplen las etapas previas que involucran informar y aplicar, se genera una instancia de evaluación del proceso de aprendizaje.

Cabe destacar que la propuesta metodológica posee ocho etapas descritas en la Tabla 7:

Tabla 7 Distribución de dimensiones informativa, aplicación y evaluación por etapa de la propuesta.

| Etapa de la Propuesta | Enfoque aplicado a cada etapa |
|-----------------------|---|
| 1ra etapa | Sesión informativa y de aplicación de conocimientos (no sincrónica) |
| 2da etapa | Sesión Evaluativa |
| 3ra etapa | Sesión informativa |
| 4ta etapa | Sesión de Aplicación de conocimientos |
| 5ta etapa | Sesión Evaluativa |
| 6ta etapa | Sesión Informativa |
| 7ma etapa | Sesión de Aplicación de conocimientos |
| 8va etapa | Sesión Evaluativa |

Primera etapa

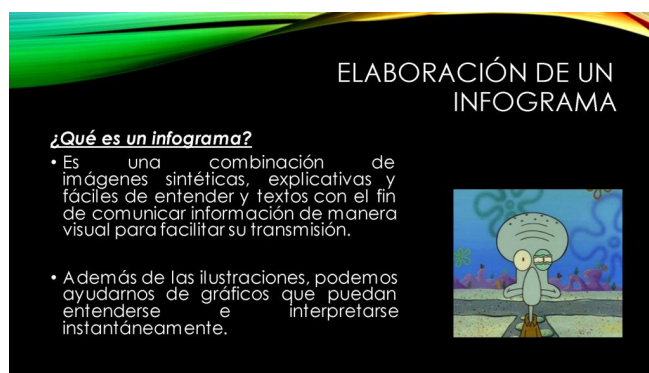
En esta etapa el rol del docente es informar, guiar y estimular el interés de las/os estudiantes respecto a los distintos tipos de aditivos, centrándose en los colorantes alimentarios. Se utilizan una presentación en PowerPoint a modo de recurso audiovisual que permite abordar la temática. En la primera etapa se da a conocer a las/os estudiantes una contextualización respecto a los aditivos alimentarios, a modo de introducción se describen los tipos de aditivos alimentarios que existen, su funcionalidad y la serie otorgada por normas internacionales (Confederación De Consumidores Y Usuarios, 2010). De manera posterior, se da inicio con la profundización en los colorantes alimenticios, describiendo las clasificaciones que poseen en

colorantes artificiales o sintéticos y naturales. La actividad en esta etapa consiste en generar equipos de trabajo con el objetivo de desarrollar un infograma referente a un colorante en particular. La propuesta involucra que los estudiantes presenten el infograma en la etapa posterior.

Dentro de la actividad se pretende que el rol de las/os estudiantes sea investigar e integrar el conocimiento adquirido, además, que averigüen información relacionada a los ciertos colorantes naturales y artificiales, reuniendo y expongan esta información en su infograma. Datos importantes que se deben considerar son:

- Nombres del colorante
- Estructura del compuesto
- Presencia grupos azo
- Presencia en alimentos de venta en Chile
- Colorante natural o Artificial
- Toxicidad.
- Referencias bibliográficas

Además de proponer algunos ejemplos de infogramas, tal como lo muestra la Imagen 27, que presenta un extracto del material a utilizar, se comparte una rúbrica de evaluación, la cual está enfocada en el cumplimiento de ciertos requisitos que debe contener su infograma (ver anexo II, adjunto II). El rol del docente, principalmente, es guiar a las/os estudiantes en la elaboración de su infograma, conduciendo su investigación en base a los conocimientos adquiridos, información obtenida y una construcción coherente del infograma. Lo anterior da término a la primera etapa de la propuesta metodológica de enseñanza.



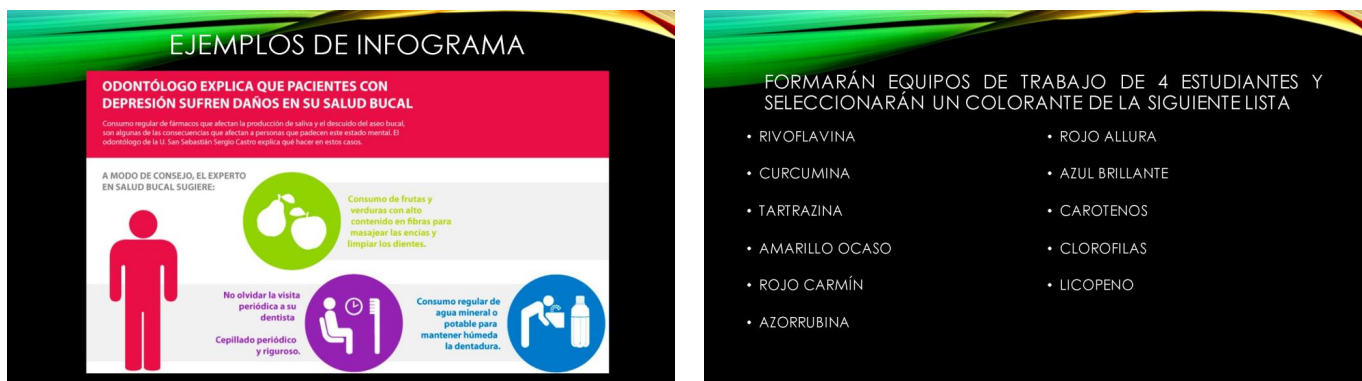


Imagen 27 Extractos de clase en primera etapa de propuesta metodológica de enseñanza, clase completa en Anexo II, adjunto

Segunda etapa

En la segunda etapa de la propuesta, la actividad consiste en la presentación de los infogramas de las/os estudiantes, es importante nombrar que frente a cualquier eventualidad tal como la vivida durante el año 2020 como una pandemia, la cual limita la asistencia al establecimiento, tanto la primera como la segunda etapa, se pueden desarrollar de manera virtual. El rol del docente es su participación como oyente y observador de la presentación del infograma de cada equipo de trabajo. Al finalizar la presentación de cada equipo, se realizan preguntas respecto a la temática expuesta, de esta manera el docente, también, actúa como evaluador de la actividad en esta etapa.

El rol de las/os estudiantes durante la elaboración del infograma se relaciona con el trabajo colaborativo, además de utilizar insumos y herramientas necesarias para la elaboración del infograma, de esta manera procesar de manera adecuada la información, proyectarla y presentarla de acuerdo con los requisitos solicitados.

Dependiendo de las circunstancias en las que se encuentre el sistema escolar, se pretende que el docente evalúe la duración de los bloques que consideren las presentaciones de manera presencial o virtual.

Tercera etapa

Sabiendo que el foco de la propuesta consiste con la aplicación de la Ley de Lambert – Beer e idealmente uso de un espectrofotómetro UV/Vis, la tercera etapa consiste en recordar y reforzar los conocimientos relacionados a disoluciones. El eventual uso de un espectrofotómetro

tiene relación con el desconocimiento de la situación en la que estará el sistema escolar chileno durante este el año 2020 o los años posteriores, estas son variables que no podemos controlar.

Durante esta tercera etapa se retoman conocimientos desde lo que se define como una mezcla, ya sea homogénea o heterogénea, pasando por lo que se entiende por disolución y de manera posterior, las unidades de concentración físicas y químicas asociadas a las disoluciones (ver anexo II, adjunto III). El rol del docente involucra estimular y orientar a las/os estudiantes durante la entrega de contenidos. Los objetivos planteados para esta clase, involucran ejercitar respecto a unidades de concentración física y química, debido a que éstas, son principalmente utilizadas en cuantificaciones espectrofotométricas.

Respecto a la actividad, consta principalmente de una presentación de contenidos por parte del docente, para luego dar cierre a la etapa mediante ejercitación relacionada a unidades de concentración física y química. La etapa también está enfocada en preparar a las/os estudiantes a no enfrentarse de manera brusca a la cuantificación que se realizará en sesiones posteriores, como lo es al momento de preparar disoluciones de concentración definida, preparar una curva de calibración e incluso la cuantificación de un colorante en una muestra comercial por espectrofotometría UV/Vis.

El rol del estudiante dentro de esta etapa se relaciona con la atención que presta a lo expuesto por el docente, además de la participación realizando intervenciones cuando corresponda y también cumplir con la ejercitación propuesta durante la clase.

Cuarta etapa

La cuarta etapa de la propuesta consiste en la implementación de un método indagatorio de siglas ECBI, el cual corresponde a un programa de Educación en Ciencias Basada en la Indagación, la cual propone contribuir a un cambio e innovación del proceso enseñanza – aprendizaje de las ciencias, utilizando enfoques que van de la mano con la investigación por parte del estudiante (Devés, 2007). Existen variadas aplicaciones de este método indagatorio aplicado a distintos niveles educacionales, en donde se requiere especialmente un manejo adecuado de tiempos y una supervisión por parte del docente. La implementación trae incluso un aumento del rendimiento académico de las/os estudiantes (Bascur Reyes & Sepulveda Acuña, 2016).

ECBI posee 4 fases importantes que caracteriza al método, los cuales son: Focalización, Exploración, Reflexión y Aplicación. Dentro de la propuesta, el enfoque de este método indagatorio involucra centrarse en conceptos básicos teóricos de espectrofotometría UV/Vis y Ley de Lambert – Beer.

Dentro de la etapa de Focalización se presentan las temáticas de ondas, espectro electromagnético, espectrofotometría de emisión y absorción, Ley de Lambert – Beer y principio de aditividad.

En la etapa de Exploración se pretende que las/os estudiantes trabajen con información concreta y sus propios conocimientos, resolviendo interrogantes, definiendo términos o expresando matemáticamente conceptos.

Durante la etapa de Reflexión se busca que las/los estudiantes sean capaces de compartir y argumentar ideas, explicando de manera clara y concreta sus conocimientos frente a un tema particular. De esta forma, en la propuesta metodológica se presentan preguntas de estas características.

Finalizando, en la etapa de Aplicación se pretende que el/la estudiante sea capaz de interiorizarse en la temática, buscando por su cuenta información relacionada a los conocimientos adquiridos durante la etapa, es decir, espectrofotometría UV/Visible y ley de Lambert – Beer y guiada por el docente dentro de la metodología ECBI. (ver anexo II, adjunto IV).

El rol del docente lo involucra como un guía, orientador y evaluador en toda la etapa, siendo también un agente importante que se encarga de retroalimentar a aquellos estudiantes que posean concepciones alternativas frente a algún concepto. Es importante destacar que el docente también incita a los estudiantes a indagar respecto a la temática de la actividad. El rol de los estudiantes va de la mano con la participación en la actividad, lo cual involucra expresar y comunicar ideas de manera respetuosa, reflexionar e indagar cuando corresponda de acuerdo con la actividad.

Quinta etapa

Durante la quinta etapa el rol del docente es actuar como un guía en todo momento de la actividad de esta etapa de la propuesta, asesorando y supervisando a medida que se desarrolla

la actividad propuesta, además busca que el/la estudiante se relacione de manera más próxima con la Ley de Lambert – Beer. El docente actúa también como un agente evaluador de la etapa, entregando retroalimentación a medida que se avanza con la actividad y al final de esta. Para la actividad de esta etapa se plantean los siguientes objetivos:

- Determinar unidades de concentración físicas y químicas en distintas disoluciones.
- Aplicar Ley de Lambert – Beer de manera teórica en la determinación de coeficientes de absorptividad molar.
- Comprender relación entre absorbancia y concentración respecto a mediciones teóricas.

Para cumplir con estos objetivos, en la actividad se propone una metodología de trabajo en donde se implementa una herramienta digital correspondiente a un simulador virtual, específicamente este simulador abarca los ejes de concentración molar y Ley de Lambert – Beer.

La actividad que conforma esta etapa de la propuesta contempla dos secciones. En la primera sección se presenta una serie de ejercicios, inicialmente cálculos matemáticos de unidades de concentración. En segunda instancia, la implementación del simulador virtual.

Las preguntas para finalizar con la actividad y por ende, con la quinta etapa son:

- a) En la mezcla de bebidas, de manera teórica se puede determinar la masa de soluto de la disolución, pero ¿se puede identificar a que corresponde el soluto?
- b) ¿Qué relación encuentra entre las concentraciones y las mediciones de absorbancia registradas?
- c) Contemplando el espectro de absorción, explique el por qué para disoluciones de igual concentración, se utiliza una longitud de onda distinta.
- d) ¿Qué limitaciones reales puede tener la Ley de Lambert – Beer?

El estudiante actúa como un participante activo, realizando la ejercitación propuesta en las secciones de esta etapa, sigue instrucciones establecidas para llevar a cabo una buena experiencia, interviene realizando consultas, solicita apoyo si lo requiere y mantiene una actitud de respeto en todo momento.

La descripción total de la actividad se presenta en el Anexo II, adjunto V.

Sexta etapa

En la sexta etapa, rol del docente se asocia a guiar, apoyar y monitorear a las/os estudiantes frente a una clase enfocada en el repaso de conocimientos previos relacionados a espectrofotometría y la profundización respecto a lo que involucra la importancia de una curva de calibración previa a la cuantificación de un analito y por supuesto, aspectos importantes de un espectrofotómetro, como su función, componentes, tipos, entre otras (Ver Anexo II, adjunto VI). Es importante destacar que la actitud del docente debe ser enfocada en resolver conceptos alternativos, dudas, inquietudes, que tengan las/os estudiantes. Frente a lo anterior, el rol del estudiante involucra la participación durante la clase, con el objetivo de aclarar sus interrogantes, mantener actitud de respeto por sus compañeras/os y con el docente. Esta sesión implica una preparación previa al laboratorio, reuniendo todos los conocimientos previos vistos durante las 5 etapas anteriores.

Séptima etapa

En esta etapa se pretende que las/os estudiantes, teniendo de base los conocimientos previos vistos en sesiones anteriores, sea capaz de realizar una cuantificación mediante espectrofotometría de UV/Vis de los colorantes tartrazina y amarillo crepúsculo en un producto comercial, como lo es una bebida isotónica (Powerade de Coca-Cola Company), de esta manera aplicar los conocimientos adquiridos durante cada paso de la propuesta. El rol del docente implica supervisar la actividad planteada, apoyando a las/os estudiantes que lo requieran para cumplir con el objetivo de la etapa, el cual involucra cuantificar mediante espectrofotometría UV/Vis la concentración de los colorantes tartrazina y amarillo crepúsculo en una muestra de bebida energética. El rol de las/os estudiantes involucra seguir las indicaciones para llevar a cabo una óptima determinación, además de comunicar inquietudes cuando corresponda y manteniendo normas de respeto.

Dentro de este documento se ha querido enfatizar que no se sabe con certeza la situación educacional que tendrá el sistema durante el año 2021, por ende, no se puede asegurar vuelvan las clases presenciales, tal como sucedió durante el año 2020 por pandemia y año 2019 por contingencia nacional.

Un factor importante dentro de esta séptima etapa y, como propuesta, es que existen datos reales de determinaciones previas aplicando esta técnica instrumental en la determinación

de estos colorantes, precisamente en un producto comercial de iguales características (Cortés Cisternas, 2019), lográndose así, obtener valores reales de concentración para los colorantes involucrados. De acuerdo con lo expuesto anteriormente es que de una u otra forma, ya sea de manera presencial o virtual es posible que las/los estudiantes, trabajando con datos reales, sean capaces de realizar cálculos matemáticos con la finalidad de realizar una cuantificación, aunque sea de manera teórica.

Dentro de esta etapa, y anexada a este documento (ver Anexo II, adjunto VII), se encuentra una guía estándar de laboratorio, la cual permite al docente agregar características propias de su establecimiento y (bajo condiciones ideales como poseer estándares de alta pureza de colorantes tartrazina y amarillo crepúsculo, tener acceso a un espectrofotómetro UV/Vis, tener clases presenciales o incluso contar con el material volumétrico adecuado), también modificar a conveniencia la metodología con la finalidad de realizar la cuantificación.

Octava etapa

Para finalizar con esta propuesta metodológica, que abarca parte de una unidad temática propuesta por el Ministerio de Educación (Técnicas de Análisis Instrumental), se pretende realizar una evaluación en función a la experiencia de laboratorio, a modo que las/os estudiantes generen un informe de laboratorio que considere todo lo realizado durante el proceso experimental.

Se genera una rúbrica de evaluación que contempla los ejes importantes que debe contener tal informe de laboratorio, también anexada a este documento (ver Anexo II, adjunto VII).

El rol del docente involucra orientar y facilitar insumos que permitan a las/os estudiantes elaborar un informe de laboratorio destacado, en esta etapa el docente también actúa como agente evaluador frente a los documentos emitidos por parte de las/os estudiantes y retroalimenta al finalizar el proceso.

Resultados y Discusión

Es importante nombrar que esta propuesta metodológica de aprendizaje es diseñada en un contexto especial, el sistema educacional chileno se encuentra bajo una compleja situación, al igual que gran parte del sistema social y económico al enfrentar una pandemia. Este contexto considera puntualmente el hecho de no poder asistir a los establecimientos con el objeto de tener clases presenciales de forma habitual, teniendo que buscar otras herramientas, principalmente digitales, para entregar conocimientos a las/os estudiantes de nuestro país.

En base a lo anterior es que el Ministerio de Educación propone priorizar ciertos contenidos a todos los niveles educacionales y considerando la formación humanista, científico y técnico profesional, la cual es eje de importancia para esta propuesta metodológica de aprendizaje. La propuesta generada se vincula correctamente con la priorización curricular.

Sabiendo que el retorno a clases presenciales es un hecho que no podemos controlar y que depende en su totalidad de como el sistema educacional se comporte frente a la actual emergencia sanitaria, es que se genera esta propuesta metodológica de aprendizaje. Si hacemos referencia al documento emitido por el Ministerio de Educación respecto a la priorización curricular y observamos el enfoque y los objetivos de aprendizaje esperados encontraremos lo siguiente (Ministerio de Educación, 2020):

Nivel 1

Plan común:

OA 2: Medir y registrar con precisión el comportamiento de variables e indicadores de los productos, muestras y procesos productivos, utilizando instrumentos tales como: termómetros, manómetros, pHmetros, higrómetros, analizadores de gases, barómetros, flujómetros, romanas, pesas electrónicas y balanzas, entre otros.

OA 3: Preparar informes de observaciones y mediciones realizadas acerca del comportamiento de variables e indicadores de los productos, muestras y procesos productivos, describiendo las tendencias, de acuerdo con formatos establecidos manuales y digitales, para la consideración y aprobación del profesional especialista.

Mención Laboratorio Químico:

OA 1: Tomar muestras para análisis químico de materias primas, productos intermedios o finales, de acuerdo a protocolos establecidos y resguardando la integridad y representatividad de la muestra, las normas de seguridad, utilizando equipos auxiliares y materiales apropiados.

Nivel 2

Mención Laboratorio Químico:

OA 4: Medir, registrar y verificar datos de los estados iniciales de las muestras y de los cambios físicos y químicos ocurridos durante los ensayos o análisis, utilizando equipos e instrumentos apropiados y controlando las variables que pudieran afectar o sesgar las observaciones y mediciones.

La propuesta está pensada en aplicar a la Mención Laboratorio Químico, dentro del módulo Técnicas de Análisis Instrumental de la especialidad y busca cumplir con él y los objetivos de aprendizaje propuestos para la especialidad.

Al observar el OA 4, podemos dar cuenta que la propuesta aborda este objetivo de aprendizaje de la mención Laboratorio Químico, considerando la implementación de equipos, por lo que el hecho de utilizar una técnica espectrofotométrica UV/Vis se condice con lo propuesto por el Ministerio de Educación.

Como se indicó en el marco metodológico, la propuesta consta de varias etapas que poseen distintos objetivos específicos que se relacionan en función de aplicar una cuantificación, ya sea presencial o de manera remota, de colorantes amarillo crepúsculo y tartrazina en una muestra de producto comercial bajo una metodología ya probada (Cortés Cisternas, 2019). Lo anterior da pie a la obtención de un buen procedimiento y desarrollo experimental, por ende, a resultados verdaderos de la cuantificación de manera presencial o virtual.

Si observamos, dentro de los objetivos de aprendizaje priorizados (Ministerio de Educación, 2020), se puede notar que tanto en el módulo común, como dentro de la mención Laboratorio Químico, para los OA 2 y OA 3 se describe el proceso de realizar mediciones y preparar informes en base a observaciones y registros, evaluando variables y parámetros, para luego, durante la mención, en el OA 1 profundizar en la toma de muestra, abordando la integridad y representatividad de la muestra. Al llegar al OA 4, observamos que involucra

directamente la utilización de equipos e instrumentos para realizar mediciones, lo anterior permite dar cuenta que las etapas de la propuesta que involucran una parte experimental, se pueda realizar una cuantificación de los colorantes en productos alimenticios y de manera posterior elaborar un informe de laboratorio.

Dentro de la propuesta también se describe la existencia de roles específicos para estudiantes y docente a cargo de la asignatura, el establecer roles al profesor a cargo involucra el deber ser guía y acompañar durante el proceso de enseñanza - aprendizaje, aún más teniendo en cuenta la no presencialidad en los establecimientos.

Otro punto importante es la utilización de TIC, en este caso, se plantea utilizar simuladores virtuales online, para la aplicación de la Ley de Lambert – Beer, de esta manera comprender la relación entre concentración y absorbancia y principio de aditividad principalmente. Otra herramienta digital es aquella generada por el establecimiento, relacionada principalmente a la plataforma a utilizar para realizar clases y compartir material utilizado en las mismas. La estructura de la propuesta y la aplicación de esta herramienta virtual, permiten que el/la estudiante se prepare teóricamente a la cuantificación de los colorantes en la muestra comercial y sepa el fundamento elemental de un método de cuantificación utilizado en la industria química.

Sin duda alguna, es imprescindible aplicar esta propuesta para obtener resultados reales, ya que frente a la situación educacional compleja que estamos viviendo, no se pudo implementar como para evaluar resultados de aprendizaje por parte de las/os estudiantes, tampoco el comportamiento y participación del grupo curso. Es relevante considerar esta propuesta de enseñanza, como una propuesta flexible, ya que eventualmente se podría implementar tanto de manera virtual como presencial y el manejo de tiempos depende no tan solo del docente, sino que también del contexto educacional que esté viviendo el país y el establecimiento del cual sea parte.

Conclusiones

En esta sección se presentan las conclusiones respecto al presente documento, cabe destacar que, frente a la difícil situación en la que se ha encontrado el sistema educacional durante los últimos dos años y posiblemente durante el año 2021 en su totalidad, se genera esta propuesta para abordar la espectrofotometría UV/Vis en establecimientos de formación Técnico Profesional, especialidad Química Industrial, mención Laboratorio Químico.

Se genera una propuesta metodológica compuesta por etapas que abordan conocimientos específicos del área de la química, buscando relacionar fundamentos teóricos de la Ley de Lambert – Beer con la presencia de dos colorantes alimenticios como lo son tartrazina y amarillo crepúsculo en una muestra de producto comercial de venta en nuestro país.

La propuesta se elabora en varias etapas que consideran la implementación de TIC, que consideran el uso por parte del docente al momento de entregar los conocimientos teórico – prácticos y también por parte de las/os estudiantes, en función a las distintas intervenciones propuestas como lo son por ejemplo la elaboración de un infograma o el uso del simulador para abordar la Ley de Lambert Beer.

Se establecen ocho etapas de la propuesta que están estructuradas de tal manera que generan tres grandes dimensiones que consideran aspectos informativos, de aplicación y evaluativos. De esta manera, cada etapa de la propuesta considera roles específicos para el docente y estudiante, en donde principalmente el docente actúa como un agente orientador y guía para las/os estudiantes, mientras que las/os alumnos considera mayormente la participación durante las etapas

Dentro de la propuesta, se genera una etapa en donde se propone una metodología de espectrofotometría UV/Vis a seguir en la determinación de tartrazina y amarillo crepúsculo en una muestra de producto comercial, la cual implica todas las consideraciones que se deben tener al momento de implementar la técnica de cuantificación. La elaboración de esta parte experimental considera el hecho de poseer datos teóricos en caso de que no se pueda realizar de manera presencial, de esta forma, las/os estudiantes tienen acceso a datos para realizar la cuantificación de los colorantes en un producto comercial. En esta etapa de aplicación de

conocimientos, se da énfasis en el método espectroscópico y en los colorantes a cuantificar, destacando características, propiedades y aspectos relacionados a la salud de las personas.

Proyecciones

La propuesta no ha sido implementada, sin embargo, esta propuesta está construida y estructurada, por contexto del sistema educacional actual, para ser implementada en cursos de enseñanza media de formación técnico profesional, con la mención de Laboratorio Químico, en donde se presenta el módulo de técnicas de análisis instrumental.

Referencias

- Barrows, J. N., & by Harriet Wallin, R. (2016). Tartrazine, 82nd JECFA—Chemical and Technical Assessment (CTA), 2016. *JECFA-Chemical and Technical Assessment*, 2016. <http://www.fao.org/3/a-br567e.pdf>
- Bascur Reyes, P., & Sepulveda Acuña, M. (2016). *Aplicación del modelo de enseñanza de las ciencias basada en la indagación (ECBI), su influencia en el aprendizaje significativo, rendimiento académico y la motivación de los alumnos, en la unidad fotosíntesis*. Universidad de Concepción.
- Bend, J. R., Hattan, D. G., Kawamura, Y., Knaap, A. G. A. C., Kuznesof, P. M., Larsen, J. C., Meyland, I., Rao, M. V., Schlatter, J., De Figueiredo Toledo, M. C., Vavasour, E., Verger, P., Walker, R., Abbott, P. J., Archer, M. C., Azanza, M. P. V., Benford, D., Cantrill, R., De Lourdes Costarrica, M., ... Williams, G. (2005). WHO Technical Report Series: Evaluation of certain food additives. In *World Health Organization - Technical Report Series* (Issue 928).
- Centro de Educación y Tecnología, E. (2013). *Matriz de Habilidades TIC para el Aprendizaje*.
- Coba Carrera, R. L., Apolo Criollo, L. G., Segura Mestanza, J. H., & Brito Moina, H. L. (2019). Obtención del colorante natural del Camote (*Ipomoea batatas*). *Ciencia Digital*, 3(3.2), 38–47. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.2.714>
- Confederación De Consumidores Y Usuarios. (2010). Aditivos Alimentarios : Los números E de las etiquetas. *Departamento de Alimentación e Higiene Alimentaria*, 1–9.
- Cortés Cisternas, E. A. (2019). *DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE COLORANTES ROJO ALLURA, AMARILLO OCASO, TARTRAZINA Y AZUL BRILLANTE EN BEBIDAS ISOTÓNICAS PARA DEPORTISTAS DE LA MARCA POWERADE*. Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación.
- Das, A., & Mukherjee, A. (2004). Genotoxicity Testing of the Food Colours Amaranth and Tartrazine. *International Journal of Human Genetics*, 04(04), 277–280. <https://doi.org/10.31901/24566330.2004/04.04.09>
- De Gracia, J., Carne, X., Morell, F., & Laporte, J. R. (1986). Asma por ácido acetilsalicílico,

- otros antiinflamatorios no esteroides y tartrazina. *Archivos de Bronconeumología*, 22(3), 140–144. [https://doi.org/10.1016/s0300-2896\(15\)32058-5](https://doi.org/10.1016/s0300-2896(15)32058-5)
- Devés, R. (2007). *Principios y Estrategias del Programa de Educación en Ciencias basada en la Indagación (ECBI)*. 41, 115–131.
- Fester, G. (1940). Los colorantes del antiguo Perú. In *Archeiox vol xxii* (Volumen XX, pp. 229–241). Instituto de Historia y Filosofía de la Ciencia de la Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1999). *Qué es el Codex Alimentarius*. Codex Alimentarius. <http://www.fao.org/3/y7867s/y7867s00.htm#Contents>
- García, P., Domingo, I., & Roldán, C. (2006). Nuevos datos sobre el uso de materia colorante durante el Neolítico antiguo en las comarcas centrales Valencianas. In *Saguntum* (pp. 49–60).
- Garrido, C., Clavijo, E., Copaja, S., Gómez-Jeria, J., & Campos-vallette, M. (2019). Vibrational and Electronic Spectroscopic Detection and Quantification of Carminic acid in Candies. *Food Chemistry, January*. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.123>
- Gomes, K. M. S., de Oliveira, M. V. G. A., Carvalho, F. R. de S., Menezes, C. C., & Peron, A. P. (2013). Citotoxicity of food dyes sunset yellow (E-110), bordeaux red (E-123), and Tartrazine yellow (E-102) on *Allium cepa* L. root meristematic cells. *Food Science and Technology*, 33(1), 218–223. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612013005000012>
- Harris, D. C. (1996). *Análisis Químico Cuantitativo*. 72–74.
- López de Alba, P. L., López, L., & De León, L. M. (2002). Simultaneous determination of synthetic dyes tartrazine, allura red and sunset yellow by differential pulse polarography and partial least squares. A multivariate calibration method. *Electroanalysis*, 14(3), 197–205. [https://doi.org/10.1002/1521-4109\(200202\)14:3<197::AID-ELAN197>3.0.CO;2-N](https://doi.org/10.1002/1521-4109(200202)14:3<197::AID-ELAN197>3.0.CO;2-N)
- McCann, D., Barrett, A., Cooper, A., Crumpler, D., Dalen, L., Grimshaw, K., Kitchin, E., Lok, K., Porteous, L., Prince, E., Sonuga-Barke, E., Warner, J. O., & Stevenson, J. (2007). Food additives and hyperactive behaviour in 3-year-old and 8/9-year-old children in the community: a randomised, double-blinded, placebo-controlled trial. *Lancet*, 370(9598),

1560–1567. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)61306-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)61306-3)

Millán, F. (2016). *MÉTODOS ESPECTROSCÓPICOS UV VISIBLE PARA ANÁLISIS MOLECULAR Y ELEMENTAL* (Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño (ed.); Issue August). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.16927.15528>

Millán, F., & Merida, I. U. P. S. . A. (2012). Conceptos y procedimientos del análisis químico contemporáneo III Evaluación de la espectrofotometría molecular UV - Vis. *CITEIN Revista de Ciencia, Tecnología e Innovación*, 5(September), 111–136. https://www.researchgate.net/publication/308597694_CONCEPTOS_Y_PROCEDIMIENTOS_DEL_ANALISIS_QUIMICO_CONTEMPORANEO_III_Evaluacion_de_la_espectrofotometria_molecular_UV_-Vis

Ministerio de Educación, G. de C. (2015). *Programa de Estudio Química Industrial*.

Ministerio de Educación, G. de C. (2020). *Priorización Curricular Covid-19 Formación Diferenciada Técnico-Profesional 3° y 4° medio*.

MINSAL. (2016). *Reglamento Sanitario de los Alimentos. DTO.N°977/96 (actualizado a octubre 2016)*. http://web.minsal.cl/wp-content/uploads/2017/04/DECRETO_977_96_actualizado_a-octubre-2016.pdf

Moral Turiel, M. C. (1995). *Estudio de los colorantes alimentarios para su aplicación en las bellas artes* [Universidad Complutense de Madrid]. <https://eprints.ucm.es/1724/1/T20054.pdf>

Ortega, V. P. (2004). *Estudio comparativo en el uso de colorantes naturales y sintéticos en alimentos, desde el punto de vista funcional y tecnológico*. Universidad Austral de Chile.

Owen, T. (2000). Fundamentos de la Espectroscopía UV-Visible moderna. In *Agilent Technologies* (Vol. 1, p. 150). Agilent Technologies. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Piñeros, P., & Delgado, D. (2015). Aditivos Alimentarios definición Por qué se utilizan? *Fundación Vaca Para La Seguridad Alimentaria*, 1(1), 1–10.

Restrepo, M., Acosta, E., Ocampo, J., & Morales, C. (2006). Sustitución de tartrazina por

- betacaroteno en la elaboración de bebidas no alcohólicas. *Revista Lallasista de Investigación*, 3(2), 7–12. <http://www.redalyc.org/pdf/695/69530202.pdf>
- Rubinson, K. a., & Runbinson, J. F. (2001). *Analisis Instrumental* (I. Capella (ed.)). Prentice Hall.
- Sanchez, R. (2013). La Química del color en los alimentos. *Química Viva*, Vol. 12, Núm 3, 234–246.
- Sha, O., Zhu, X., Feng, Y., & Ma, W. (2014). Determination of Sunset Yellow and Tartrazine in Food Samples by Combining Ionic Liquid-Based Aqueous Two-Phase System with High Performance Liquid Chromatography. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, 2014(II). <https://doi.org/10.1155/2014/964273>
- Sigma - Aldrich. (2020). : *Sunset* (Issue 1907). [https://www.sigmaaldrich.com/catalog/search?term=sunset+yellow&interface=All&N=0&mode=match partialmax&lang=es®ion=CL&focus=product](https://www.sigmaaldrich.com/catalog/search?term=sunset+yellow&interface=All&N=0&mode=match%20partialmax&lang=es®ion=CL&focus=product)
- Skoog, D., West, D., Holler, J., & Crouch, S. (2014). *Fundamentos de Química Analítica* (A. Vega O (ed.); Novena Edi). Cengage Learning Latinoamerica.
- Wade, L. C. (2004). *Química Orgánica, Quinta Edición* (I. Capella (ed.); quinta edi). Pearson Prentice Hall.
- Worlds Health Organization, & Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2019). *Codex Alimentarius. International Food Standards*.
- Yadav, A., Kumar, A., Tripathi, A., & Das, M. (2013). Sunset yellow FCF, a permitted food dye, alters functional responses of splenocytes at non-cytotoxic dose. *Toxicology Letters*, 217(3), 197–204. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2012.12.016>
- Zacaría, I., & Vera, G. (2005). Selección de Alimentos , Uso del Etiquetado Nutricional para una Alimentación Saludable Manual de consulta para profesionales de la salud. In T. Pizarro, L. Rodriguez, J. Cornejo, & L. Kipreos (Eds.), *Biológicas, Ciencias Nutrición, Mención*.
- Zapana, A. B. H. (2018). Extracción de colorante a partir de las hojas de la espinaca (Spinacia

oleracea) [Universidad Nacional del Altiplano]. In *Universidad Nacional del Altiplano*.
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/9408/Rosa_Enriquez_Yuca.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Anexo I


Adjunto I, Colorantes Sudán, que generan riesgos en la salud de las personas

Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria

ISSN:
2013-3308
Dep. legal:
B. 24469-
2012

acsa brief

Riesgos emergentes



Colorantes Sudán

Junio de 2007

Introducción


Bajo la denominación *Sudán* se incluyen una familia de colorantes sintéticos con una estructura química similar. Son compuestos aromáticos que contienen un grupo *azo* (-N=N), que normalmente se utilizan para teñir plásticos y otros materiales sintéticos. Recientemente, se han detectado cuatro de estos tipos de colorantes en algunos productos alimentarios, el Sudán I, II, III y el Sudán IV (o rojo escarlata). Este colorante no está autorizado para uso alimentario en la UE, y por lo tanto no está permitida su incorporación en los alimentos. Su uso fraudulento tiene la finalidad de incrementar y mantener el color del producto.

Toxicidad

De acuerdo con la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, en inglés), existe una evidencia experimental de que el colorante Sudán I es genotóxico y carcinogénico, y se cree que los colorantes Sudán II, III y IV, a causa de su similitud química con el primero, pueden ser potencialmente genotóxicos y posiblemente carcinógenos. En consecuencia, la adulteración de los productos alimentarios con colorantes Sudán constituye un riesgo para la salud pública.

¿En qué productos alimentarios se han detectado los colorantes sudán?

En el año 2003 se notificó, a través del sistema de alerta europeo RASFF, la detección del colorante Sudán I en el chile y productos derivados como el curry. Posteriormente, se ha detectado este y otros colorantes del grupo en la cúrcuma y el aceite de palma.



Medidas adoptadas

Desde 2003, la UE ha impuesto condiciones estrictas a la importación de estos productos, y actualmente es necesario que los productos importados vayan acompañados de un informe analítico que demuestre que la remesa no contiene estos colorantes. Los estados miembros deben llevar a cabo controles analíticos aleatorios para verificar la ausencia de estas sustancias no permitidas.

MÁS INFORMACIÓN

- [Opinion of the Scientific Panel on Food Additives, Flavourings, Processing Aids and Materials in Contact with Food on a request from the Commission to Review the toxicology of a number of dyes illegally present in food in the EU. Question number EFSA-2005-082. EFSA Journal\(2005\)263](#)
- [EFSA: EFSA reviews toxicological data of illegal dyes in food \(12/09/2005\)](#)
- [Questions and answers on Sudan dyes contamination of certain food products. The European Commission, e-news on Food and Feed Safety](#)
- [Decisión 2005/402/CE de la Comisión, de 23 de mayo, sobre las medidas de emergencia relativas al chile y sus productos derivados, la cúrcuma y el aceite de palma \(DOUE L 135, 28/05/2005\)](#)

Adjunto II, Colorantes permitidos por *Codex Alimentarius*. Para los efectos de rotulación se deberá emplear en nombre, según el Codex Alimentarius, señalado en las siguientes listas:

| Nº SIN | NOMBRE CODEX | SINONIMOS | LIMITE MAXIMO |
|---------|---|---|---------------|
| 100 | Curcuminas | | |
| 100 i | Curcumina | | BPF |
| 100 ii | Curcuma | | BPF |
| 101 | Riboflavininas | Lactoflavina | |
| 101 i | Riboflavina | | BPF |
| 101 ii | Riboflavina 5' fosfato de sodio | | BPF |
| 102 | Tartrazina (3) | | BPF |
| 104 | Amarillo de quinoleina | | BPF |
| 110 | Amarillo ocaso (3) | Amarillo crepúsculo | BPF |
| 120 | Carmines | Carmin de cochinilla Acido carmínico | BPF |
| 122 | Azorrubina | Carmoisina | BPF |
| 124 | Ponceau 4R | Rojo de cochinilla | BPF |
| 127 | Eritrosina (1) | | BPF |
| 129 | Rojo allura AC | Rojo 40 | BPF |
| 131 | Azul patente V | | BPF |
| 132 | Indigotina | Indigo carmin Carmin de indigo | BPF |
| 133 | Azul brillante FCF | | BPF |
| 140 | Clorofilas | | BPF |
| 141 | Clorofilas de cobre | | |
| 141 i) | Complejo cúprico de clorofilina | | BPF |
| 141 ii) | Complejo cúprico de clorofilina, sales de sodio y potasio | | BPF |
| 142 | Verde S | | BPF |
| 143 | Verde sólido FCF | Verde FCF | |
| 150 | Color caramelo | | |
| 150 a | Caramelo I - puro | Color caramelo natural, clase I | BPF |

119 Artículo reemplazado (lista de aditivos), como aparece en el texto, por el Art. 1º, numeral 7 del Dto. 106/08, del Ministerio de Salud, publicado en el Diario Oficial de 23.04.09

| | | | |
|-----------|--|---|----------|
| 150 b | Caramelo II - proceso sulfito caústico | Color caramelo, clase II, proceso al sulfito caustico | BPF |
| 150 c | Caramelo III - proceso al amoniaco | Color caramelo clase III, proceso al amoniaco | BPF |
| 150 d | Caramelo IV - proceso al sulfito amónico | Color caramelo, clase IV, proceso al sulfito amónico | BPF |
| 151 | Negro brillante BN | Negro BN | BPF |
| 155 | Marrón HT | Café HT | BPF |
| 160 a | Carotenos | | |
| 160 a i) | Betacaroteno (sintético) | Caroteno (sintético), Beta | BPF |
| 160 a ii) | Extractos naturales | Carotenos, extractos naturales (vegetales) | BPF |
| 160 b | Extractos de bija | Annato, bixina, norbixina | BPF |
| 160 c | Oleorresinas de pimentón | | BPF |
| 160 d | Licopeno | | BPF |
| 160 e | Beta-apo-carotenal | Carotenal, beta-apo-8 | BPF |
| 161 a | Flavoxantina | | BPF |
| 161 b | Luteina | | BPF |
| 161 g | Cantaxantina | | BPF |
| 162 | Rojo de remolacha | Betanina | BPF |
| 163 | Antocianinas | | BPF |
| 171 | Dioxido de titanio | | BPF |
| 172 | Oxidos de hierro | | |
| 172 i | Oxido de hierro, negro | | 50 mg/kg |
| 172 ii | Oxido de hierro, rojo | | 50 mg/kg |
| 172 iii | Oxido de hierro, amarillo | | 50 mg/kg |
| 173 | Aluminio (2) | | BPF |

(1) Sólo en conservas de cerezas, macedonia de frutas y marrasquino

(2) Sólo para decoraciones

(3) Rotular en forma destacada de acuerdo al Art. 136

Adjunto III, productos alimenticios que en su composición poseen aditivos alimentarios

Etiqueta informativa



Producto alimenticio

Bebida de Fantasía



Bebida láctea con probióticos



Gomitas ácidas



Bebida cola de fantasía



Malvaviscos de sabores frutales

Adjunto IV, Malla curricular UMCE, Licenciatura en Educación en Química y Pedagogía en Química



FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
LICENCIATURA EN EDUCACIÓN EN QUÍMICA Y PEDAGOGÍA EN QUÍMICA CON MENCIONES

| | 1º AÑO | 2º AÑO | 3º AÑO | 4º AÑO | 5º AÑO | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|---|--|--|--|---|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X |
| PRÁCTICA I: INTERVENCIÓN CON EL CONTEXTO EDUCATIVO 2 sct | Química General I 9 sct | Química General II 8 sct | Psicología del Talentado y Talentación Educativa 3 sct | PRÁCTICA II: COLABORACIÓN EN LA GESTIÓN FEDERATIVA 4 sct | Paradigmas, teorías y Corrientes Educativas en Educación 4 sct | Curriculum Educativo 4 sct | Evaluación Educativa 3 sct | Gestión e Innovación Curricular 4 sct | Orientación y Convivencia Educativa 4 sct | PRÁCTICA PROFESIONAL 24 sct |
| Química General I 9 sct | Química General II 8 sct | Psicología del Talentado y Talentación Educativa 3 sct | Paradigmas, teorías y Corrientes Educativas en Educación 4 sct | Curriculum Educativo 4 sct | Evaluación Educativa 3 sct | Gestión e Innovación Curricular 4 sct | Orientación y Convivencia Educativa 4 sct | PRÁCTICA PROFESIONAL 24 sct | | |
| Pedagogía y Identidad Profesional Docente 4 sct | Contenidos Sociales de los Procesos Educativos 4 sct | Políticas Públicas de la Educación 3 sct | Biología 4 sct | Fisicoquímica I 6 sct | Fisicoquímica II 6 sct | Teoría del Enlace I 4 sct | Teoría del Enlace II 4 sct | Comunidades de Aprendizaje 3 sct | Trabajo de Titulo 26 sct | |
| Matemática I 6 sct | Filosofía Crítica y Filosofía de los Procesos Educativos 4 sct | Física II 5 sct | Fundamentos Epistemológicos de las Ciencias 2 sct | Química Analítica I 6 sct | Química Analítica II 6 sct | Biología 6 sct | Métodos Investigativos de Análisis 5 sct | Fortalecimiento de Competencias de Egreso I 3 sct | Fortalecimiento de Competencias de Egreso I 4 sct | |
| Habilidades Comunicacionales 4 sct | Física I 5 sct | Química Orgánica I 6 sct | Química Orgánica II 6 sct | Fundamentos del Aprendizaje de las Ciencias 3 sct | Didáctica de las Ciencias 4 sct | Didáctica de la Química 5 sct | Educación y Energía 3 sct | | | |
| Introducción al Aprendizaje de las Ciencias 4 sct | Informática Aplicada 3 sct | Química Inorgánica I 6 sct | Química Inorgánica II 6 sct | Mención I 5 sct | Mención II 6 sct | Mención III 6 sct | Proyecto Didáctico 4 sct | | | |
| Fortalecimiento de Habilidades Científicas de Entrada 3 sct | Matemática II 4 sct | Matemática III 3 sct | Segundo idioma II 4 sct | Ejercicio I 2 sct | Metodología de las Investigación I 3 sct | Mención IV 6 sct | Metodología de las Investigación II 4 sct | | | |
| | | Segundo idioma I 4 sct | | Segundo idioma III 4 sct | Ejercicio II 2 sct | | | | | |

Adjunto V, Malla curricular USACH, Técnico Universitario en Análisis Químico y Físico

**CAMPO
OCUPACIONAL**

El(la) profesional Técnico Universitario en Análisis Químico y Físico podrá desempeñarse con efectividad en los ámbitos de control de calidad, producción, servicios de análisis e investigación y desarrollo, en empresas privadas e instituciones públicas; actuando como un profesional íntegro en el ejercicio de sus funciones.

WWW.ADMISION.USACH.CL

Resolución N° 7125 año 2019

PLAN DE ESTUDIOS

| 1° Año | | 2° Año | | 3° Año | |
|--------------------------|--------------------------------------|-----------------------|--|--------------------------------------|--|
| Semestre 1 | Semestre 2 | Semestre 3 | Semestre 4 | Semestre 5 | Semestre 6 |
| Química General | Equilibrio Químico | Química Analítica | Análisis Instrumental Electroquímico y Espectroscópico | Análisis Instrumental Cromatográfico | Práctica Laboral y Trabajo de Titulación |
| Matemáticas | Física Aplicada a la Instrumentación | Laboratorio de Física | Control de Calidad I | Control de Calidad II | |
| Biología Celular | Química Orgánica | Biología | Microbiología | Contaminación Ambiental | |
| Expresión Oral y Escrita | Cinética y Termodinámica | Análisis Físico | Prevención de Riesgos | Electivo | |
| Inglés I | Inglés II | Estadística | Informática Aplicada | Habilidades Laborales | |

Nota: El plan de estudio podrá ser modificado en función del mejoramiento continuo de la carrera.

TÉCNICO UNIVERSITARIO EN ANÁLISIS QUÍMICO Y FÍSICO

Adjunto VI, Malla curricular U de Chile, Licenciatura en Educación y Pedagogía en Química.

LICENCIATURA EN EDUCACIÓN Y TÍTULO PROFESIONAL DE PROFESOR DE EDUCACIÓN MEDIA EN QUÍMICA

RESOLUCIÓN VRA N°063 / 2018

| | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|---|---|---|---|--|--------|
| 1º SEMESTRE | QUÍMICA GENERAL I** QIM100 10 | LABORATORIO DE QUÍMICA GENERAL** QIM101Q 10 | PRE CÁLCULO** MAT100Q 10 | QUÍMICA EN LA NATURALEZA Y SOCIEDAD** QIM120 10 | EL MUNDO DE LOS MEDICAMENTOS** QIE117 10 | TALLER DE HABILIDADES ACADÉMICAS-QUÍMICA EDU024Q 0 | EXAMEN DE COMUNICACIÓN ESCRITA VBA100C 0 | ENGLISH TEST ALTE 2 VBA200Q 0 | 50 Cr. |
| 2º SEMESTRE | QUÍMICA GENERAL II ** QIM100A 10 | CÁLCULO I**** MAT110Q 10 | FÍSICA PARA CIENCIAS ***** FIS109C 10 | LABORATORIO DE FÍSICA PARA CIENCIAS FIS0109 0 | BIOLOGÍA DE LA CÉLULA***** BIO141C 10 | EDUCACIÓN Y SOCIEDAD* EDU0165 10 | | | 50 Cr. |
| 3º SEMESTRE | QUÍMICA ORGÁNICA FUNDAMENTAL QIM200 10 | BASES FÍSICAS DE LOS PROCESOS BIOLÓGICOS BIO152C 10 | ESTADÍSTICA PARA QUÍMICA Y FARMACIA EVP2310 10 | QUÍMICA ANALÍTICA ***** QIM109A 10 | CURSO DE FORMACIÓN TEOLÓGICA*** TTF 10 | | | | 50 Cr. |
| 4º SEMESTRE | LABORATORIO QUÍMICA ORGÁNICA QUO1112 10 | QUÍMICA - FÍSICA** QIM150 10 | QUÍMICA INORGÁNICA I QIM106A 10 | DESARROLLO Y APRENDIZAJE DEL ADOLESCENTE* EDU0160 10 | OPTATIVO DE PROFUNDIZACIÓN OPR 10 | | | | 50 Cr. |
| 5º SEMESTRE | BIOQUÍMICA GENERAL QIM202 10 | DESARROLLO DE HABILIDADES DEL PENSAMIENTO CIENTÍFICO ECM201Q 10 | DESARROLLO DE PRÁCTICAS CIENTÍFICAS PARA ENSEÑAR QUÍMICA ECM400Q 10 | CURRÍCULUM * EDU0162 10 | ELECTIVO EN OTRA DISCIPLINA ***** 10 | | | | 50 Cr. |
| 6º SEMESTRE | BIOLOGÍA DE MICROORGANISMOS BIO151E 10 | DESAFÍOS EN LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA QUÍMICA ECM300Q 10 | GESTIÓN DE AULAS HETEROGÉNEAS * EDU0161 10 | PRÁCTICA INICIAL: QUÍMICA EDU0276 10 | OPTATIVO DE PROFUNDIZACIÓN OPR 10 | | | | 50 Cr. |
| 7º SEMESTRE | QUÍMICA Y SU RELACIÓN CON OTRAS CIENCIAS APLICACIONES ECM301Q 10 | EVALUACIÓN EN EDUCACIÓN MEDIA* EDU0163 10 | DIDÁCTICA DE LA QUÍMICA I EDU0265 10 | PRÁCTICA INTERMEDIA: QUÍMICA EDU0277 10 | ELECTIVO EN OTRA DISCIPLINA ***** 10 | ELECTIVO EN OTRA DISCIPLINA***** 10 | | | 60 Cr. |
| 8º SEMESTRE | SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN APLICADA A ENSEÑANZA/ APRENDIZAJE DE LA QUÍMICA ECM451Q 10 | ÉTICA PROFESIONAL EN EDUCACIÓN***** EDU0166 10 | DIDÁCTICA DE LA QUÍMICA II EDU0266 10 | PRÁCTICA PROFESIONAL EDU0269 20 | | | | | 50 Cr. |
| TOTAL CRÉDITOS LICENCIATURA EN EDUCACIÓN Y TÍTULO PROFESIONAL DE PROFESOR DE EDUCACIÓN MEDIA EN QUÍMICA | | | | | | | | 410 Cr | |

Adjunto VII, Malla Curricular Univ. Federico Santa María, Técnico Universitario en Química, mención Química Analítica.



UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA



Técnico Universitario en Química, mención Química Analítica



[USMcl](#) > [Admisión](#) > [Carreras](#)

Formación

Posee una sólida formación en análisis de productos químicos de carácter industrial, mineralógicos, toxicológicos y ambientales que esté acorde a las normas vigentes, asegurando la calidad medio ambiental. Es capaz de seleccionar metodologías y análisis actualizados asegurando la calidad del proceso.

Título: Técnico Universitario en Química, Mención Química Analítica

Duración de los estudios: 2 años (4 semestres)

Régimen: Diurno

Lugar: Sede Viña del Mar.

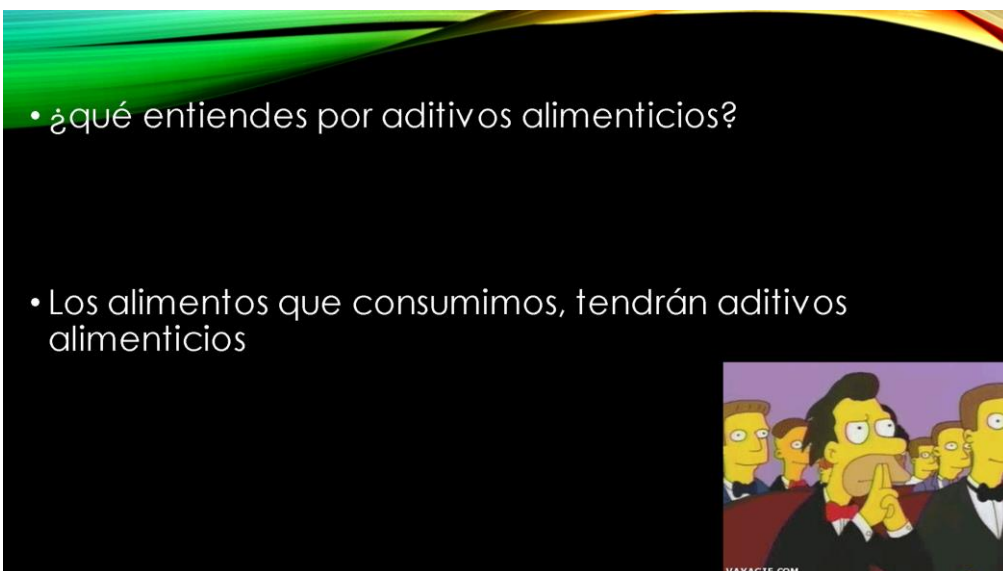
Plan de Estudios

| | | | |
|-------------|---|-------------|---|
| 1° Semestre | <ul style="list-style-type: none"> • Elementos de la Matemática • Educación Física • Química General • Laboratorio de Química General • Introducción a la Química Analítica • Biología General | 2° Semestre | <ul style="list-style-type: none"> • Matemática Aplicada • Introducción a la Física • Química Analítica Cuantitativa • Laboratorio de Química Analítica Cuantitativa • Química Orgánica |
| 3° Semestre | <ul style="list-style-type: none"> • Análisis Instrumental I • Inglés I • Laboratorio de Análisis Instrumental I • Laboratorio de Análisis Industrial I • Biotecnología • Operaciones Unitarias | 4° Semestre | <ul style="list-style-type: none"> • Análisis Instrumental II • Contaminación y Normativa • Laboratorio de Análisis Instrumental II • Laboratorio de Análisis Industrial II • Tratamiento de Residuos Industriales • Química Industrial |

[*] Esta carrera requiere tener aprobada la práctica industrial al cuarto semestre, para obtener el título de Técnico Universitario en Química mención Química Analítica.

Anexo II

Adjunto I, primera etapa propuesta, clase Aditivos Alimenticios. Durante esta sesión se propone la creación de infograma



NOMBREMOS PRODUCTOS QUE CONTENGAN COLORANTES.

- 1.-
- 2.-
- 3.-
- 4.-
- 5.-
- 6.-
- 7.-

¿QUÉ SON LOS ADITIVOS?

- Se entiende por «**aditivo alimentario**» cualquier sustancia que por sí misma no se consume como alimento, ni tampoco se usa como ingrediente básico, tenga o no valor nutritivo.

| Aditivo | Función | Serie |
|----------------|---|--------|
| Colorantes | Se utilizan para reforzar o variar el color de los productos alimenticios. | E-1XX |
| Conservantes | Se añaden a los productos alimenticios para protegerlos de alteraciones biológicas, como fermentación, enmohecimiento y putrefacción. | E-2XX |
| Antioxidantes | Son sustancias que se añaden a los productos alimenticios para impedir o retardar las oxidaciones catalíticas y enrarecimientos naturales o provocados por la acción del aire, la luz, el calor, indicios metálicos, etc. | E-3XX |
| Estabilizantes | Impiden el cambio de forma o naturaleza química de los alimentos a los que se incorporan, inhibiendo reacciones o manteniendo el equilibrio químico de los mismos. | E-4XXX |

| | | |
|-----------------------|--|-------|
| Emulgentes | Tienen como fin mantener la dispersión uniforme de dos o más fases no miscibles (mezclables). | E-4XX |
| Espesantes | Se añaden a los productos alimenticios para aumentar su viscosidad. | E-4XX |
| Gelificantes | Son las que se añaden a los alimentos para provocar la formación de un gel. | E-4XX |
| Emulsionantes | Aditivos que hacen posible que líquidos normalmente inmiscibles, por ejemplo aceite y agua, se mezclen y formen una emulsión. | E-4XX |
| Acidulantes | sustancias aditivas que se suelen incluir en ciertos alimentos con el objetivo de modificar su acidez, modificar o reforzar su sabor. | E-5XX |
| Correctores de acidez | Son aquellos ácidos, bases y sales (acidulantes, alcalinizantes y neutralizantes), que se añaden a los productos alimenticios para controlar su acidez, neutralidad o alcalinidad. | E-5XX |

| | | |
|------------------------|---|-------|
| Antiaglomerantes | Son sustancias que se añaden a los alimentos impidiendo su aglutinación, floculación, coagulación o peptización. | E-5XX |
| Potenciadores de sabor | Se añaden a los alimentos para intensificar su sabor. | E-6XX |
| Edulcorantes | Son sustancias sintéticas que, sin tener cualidades nutritivas, poseen un poder edulcorante superior al de cualquiera de los azúcares naturales a los que sustituyen o refuerzan. | E-9XX |
| Varios | - Antiespumantes - Antiapelmazantes - Humectantes - Gasificantes - Agentes Aromáticos - Sales fundentes - Endurecedores | E-9XX |

ENTONCES... ¿ QUÉ SON LOS COLORANTES?



ARTIFICIALES VS NATURALES

Colorantes Artificiales

- Son aquellos producidos de manera artificial, no poseen un origen natural no intervenido, sino que se elaboran mediante síntesis química y que pueden clasificarse en colorantes inorgánicos u orgánicos

EJEMPLOS

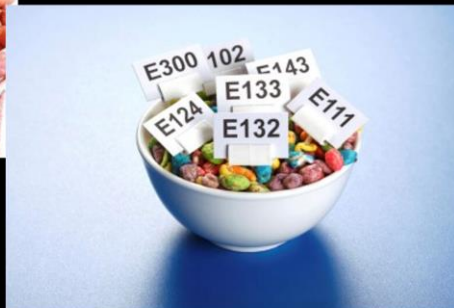
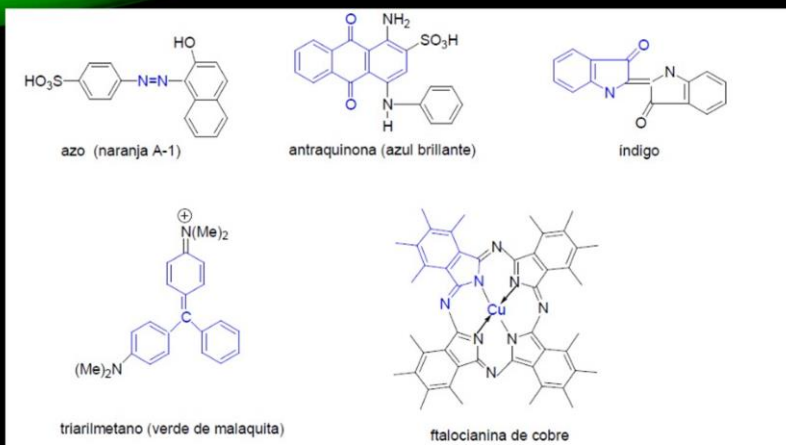
Tartracina, E 102
Amarillo ocajo S, E 110
Azorrubina, carmoisina, E 122
Amaranto, E 123
Rojo cochinilla, rojo Ponceau 4R, E 124
Rojo 2G, E 128
Rojo Allura AC, E 129
Negro brillante BN, E 151
Marrón FK, E 154
Marrón HT, E 155
Litol Rubina BK, E 180

ARTIFICIALES VS NATURALES

Colorantes artificiales

- Los colorantes artificiales son, en general, **más resistentes** a los tratamientos térmicos, pH extremos, luz, etc., que los colorantes naturales.
- **Son solubles en agua**, debido a la presencia de **grupos de ácido sulfónico**, y consecuentemente son fáciles de utilizar, generalmente en forma de sales sódicas, en líquidos y materiales pastosos.
- Los colorantes **azoicos** se han cuestionado reiteradamente, debido a que muchos colorantes de esta familia (**no los autorizados para uso alimentario**) han demostrado ser cancerígenos en experimentos con animales.

ARTIFICIALES VS NATURALES



ARTIFICIALES VS NATURALES

Colorantes Naturales

- Son aquellos que están presentes en alimentos (frutas y verduras) y que, mediante ciertos métodos, se pueden extraer y utilizar, también se consideran naturales aquellos colorantes obtenidos de materiales biológicos que no forman parte de los alimentos, tales como algunos insectos, este es el caso del colorante natural *carmin de cochinilla* que se obtiene a partir de un insecto llamado cochinilla (*Dactylopius coccus*).

EJEMPLOS

Curcumina, E -100
Carmin de cochinilla E -120
Antocianina E -163
Beta caroteno E-160
Clorofila E-140 E-141
Carbón vegetal E-153
Caramelo E-150
Betalaínas E-162
Rivoflavinas E-101

ARTIFICIALES VS NATURALES

Al comparar con colorantes artificiales encontraremos estas desventajas:

- Son más caros, generalmente de 20 a 50 veces mayor costo, respecto al mismo consumo.
- El color obtenido al usarlos, no es reproducible de un fabricante a otro.
- En ocasiones el sabor y/o aroma original de algunos productos, se ve alterado por la adición de estos colorantes naturales.
- Requieren una mayor cantidad para lograr coloraciones deseadas
- Son menos estables a la luz y/o calor.
- Son de uso específico, mientras que los artificiales son de uso generalizado.

EJEMPLOS DE INFOGRAMA

ODONTÓLOGO EXPLICA QUE PACIENTES CON DEPRESIÓN SUFREN DAÑOS EN SU SALUD BUCAL

Consumo regular de fármacos que afectan la producción de saliva y el descuido del aseo bucal, son algunas de las consecuencias que afectan a personas que padecen este estado mental. El odontólogo de la U. San Sebastián Sergio Castro explica qué hacer en estos casos.

A MODO DE CONSEJO, EL EXPERTO EN SALUD BUCAL SUGIERE:



Consumo de frutas y verduras con alto contenido en fibras para masajear las encías y limpiar los dientes.

No olvidar la visita periódica a su dentista.
Cepillado periódico y riguroso.



Consumo regular de agua mineral o potable para mantener húmeda la dentadura.



Prevención contagio Coronavirus

PLAN DE ACCIÓN
CORONAVIRUS
COVID-19



Lavado de manos mínimo 20 segundos con agua y jabón.



Estornudar o toser con el antebrazo o en un pañuelo desechable.



Mantener una distancia mínima de 1 metro entre usted y cualquier persona que tosa o estornude.



Evitar tocarse los ojos, la nariz y la boca.



No compartir bombilla, vaso o cubiertos con otras personas.



Evitar saludar con la mano o dar besos.

#CuidémonosEntreTodos

#PlanCoronavirus

PLÁSTICOS EN EL OCÉANO

Cada año arrojamamos **13 MILLONES** de toneladas de plástico al océano

Esto equivale a vaciar **1 camión de basura** cada minuto en el mar



ESTO CAUSA GRAVES DAÑOS

En el 2050

podría haber más plásticos que peces en el mar

¡VENCE LA CONTAMINACIÓN POR PLÁSTICOS!

#DiaMundialDeLosOcéanos

Elisavinda

CÁNCER DE MAMA

MITO

REALIDAD



RELATO

Adjunto II, Rúbrica evaluación infograma, corresponde a parte evaluativa de la segunda etapa.

| Aspectos de la presentación | Insatisfactorio 1 punto | Acceptable 2 puntos | Competente 3 puntos | Destacado 4 puntos | Puntaje |
|---|--|--|---|---|---------|
| Claridad de conceptos | No presenta conceptos de forma clara, o si utiliza algunos, no utiliza recursos para clarificar los mismos | Presenta algunos conceptos relevantes, sin embargo, carecen de claridad y tienden a distorsionar ideas ya propuestas | Presenta los conceptos más relevantes, pero sin asociar ideas propuestas, poco uso de palabras clave. | Presenta conceptos relevantes, asociadas a ideas propuestas, buen uso de conectores y palabras clave que ligan lo expuesto | |
| Presentación de información requerida | No presenta información requerida | Presenta entre 1 – 3 puntos de la información requerida | Presenta solamente entre 4- 6 puntos de la información requerida | Presenta toda la información requerida | |
| Uso de imágenes y elección del formato | No se utilizan imágenes ni colores para representar y asociar información | No hace uso de colores y el número de imágenes es reducido | Utiliza como estímulo visual imágenes para representar los conceptos, pero no se hace uso de colores para establecer asociaciones o enfatizar alguna idea | Utiliza como estímulo visual imágenes para representar conceptos. El uso de colores contribuye a asociar y poner énfasis en los conceptos | |
| Ortografía, puntuación, redacción y gramática | Abundan los errores ortográficos y gramaticales. La sintaxis es pobre y poco clara | Hay de 3 – 5 faltas de ortografía, la redacción y el vocabulario son pobres | No hay faltas de ortografía. La redacción y la elección de vocabulario son mejorables, ya que no introducen ninguna idea propia | No hay faltas de ortografía. La redacción, sintaxis y vocabulario escogido son excelentes y originales | |
| Diseño y creatividad | El diseño no es claro y n se apoya en imágenes | El diseño es claro, aunque bastante simple, poco apoyo visual | El diseño es claro, utiliza pocas imágenes para apoyar el contenido | El diseño es claro y apoya el contenido con imágenes que facilitan la comprensión | |
| Fuentes | No se citan fuentes | Se citan una o dos fuentes y aparece al menos un enlace | Se citan casi todas las fuentes y aparecen al menos dos enlaces | Se citan todas las fuentes y aparecen dos o más enlaces | |
| Responder preguntas | No responde | Responde la pregunta de manera incorrecta | Responde la pregunta, pero su respuesta es incompleta | Responde las preguntas de manera correcta | |

Adjunto III, tercera etapa de la propuesta.

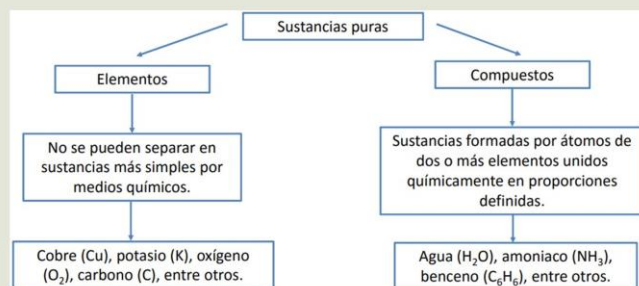
Disoluciones Químicas

Recordemos lo aprendido

- ¿Qué entiendes por mezcla?
- ¿Cómo explicarías lo que es una disolución concentrada?
- ¿Crees tener en casa alguna disolución?

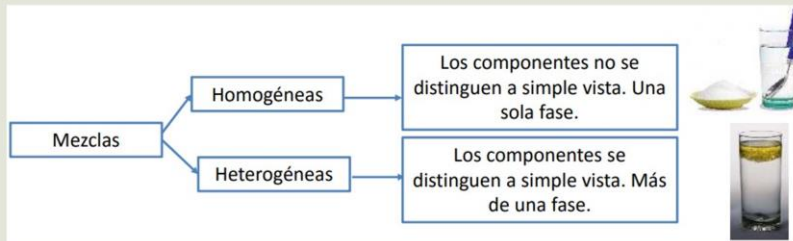
SUSTANCIAS

- Una sustancia pura es una forma de materia que tiene una composición definida (constante) y propiedades características. Las sustancias puras difieren entre sí en su composición y pueden identificarse por su apariencia, olor, sabor y otras propiedades.



MEZCLAS

- Sistemas materiales formados por dos o más sustancias puras



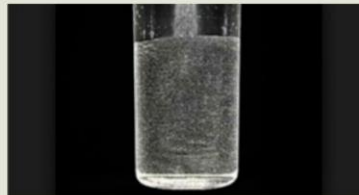
Mezclas: Suspensiones y Coloides

SUSPENSIONES

- Son mezclas conformadas por un sólido en polvo o por partículas no solubles, las cuales se dispersan principalmente en un medio líquido. Estas partículas en suspensión, llegan a ser visibles a nivel macroscópico.



Diámetro partículas \rightarrow mayor a 1×10^{-3} mm



Mezclas: Suspensiones y Coloides

COLOIDES

- Son mezclas en donde las partículas son lo suficientemente pequeñas para permanecer dispersas en un medio que puede ser líquido o gaseoso. La fase dispersa siempre está en menor proporción.

Diámetro partículas \rightarrow de 10^{-6} a 10^{-3} mm



Ej. Un aerosol, la niebla, el humo, espuma de cerveza.

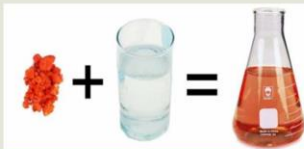
Efecto Tyndall \rightarrow fenómeno físico que hace que las partículas coloidales en una disolución o un gas sean visibles al dispersar la luz.



Mezclas: Disoluciones

- Una disolución corresponde a una mezcla homogénea de dos o más sustancias, en otras palabras nos referimos a un soluto disuelto en un disolvente.

Diámetro partículas \rightarrow menor a 10^{-6} mm



Soluto + Disolvente = Disolución



TIPOS DE DISOLUCIONES

- 1.- Dependiendo del estado físico de sus componentes

| Soluto | Disolvente | Estado disolución | Ejemplo |
|---------|------------|-------------------|---------------------------|
| Sólido | Sólido | Sólido | Aleaciones metálicas |
| Líquido | Sólido | Sólido | Amalgamas |
| Gas | Sólido | Sólido | H ₂ en paladio |
| Sólido | Líquido | Líquido | Salmuera |
| Líquido | Líquido | Líquido | Vinagre |
| Gas | Líquido | Líquido | Bebidas gaseosas |
| Sólido | Gas | Gas | Humo |
| Líquido | Gas | Gas | Aire húmedo |
| Gas | Gas | Gas | Aire seco |

TIPOS DE DISOLUCIONES

- 2.- Proporción de los componentes:
 - a) insaturada: Contiene menor cantidad de soluto que la que es capaz de disolver el disolvente.
 - b) saturada: Contiene la máxima cantidad de un soluto que puede disolver un disolvente en particular, a una temperatura específica.
 - c) sobresaturada: Contiene más soluto que el que puede haber en una disolución saturada. Estas disoluciones no son muy estables.

Nombremos algunos ejemplos:

UNIDADES FÍSICAS DE CONCENTRACIÓN

- % MASA/MASA

$$\% \text{ m/m} = \frac{\text{masa (g) de soluto}}{\text{masa (g) disolución}} \times 100$$

- % MASA/VOLUMEN

$$\% \text{ m/v} = \frac{\text{masa (g) de soluto}}{\text{volumen (mL) disolución}} \times 100$$

- % VOLUMEN/VOLUMEN

$$\% \text{ v/v} = \frac{\text{volumen (mL) de soluto}}{\text{volumen (mL) disolución}} \times 100$$

- DENSIDAD

$$d = \frac{m}{v}$$

UNIDADES QUÍMICAS DE CONCENTRACIÓN

Las concentraciones se pueden expresar por métodos químicos, que se diferencian de los métodos físicos en que están referidas a los moles del soluto (y en ocasiones del disolvente). Entre los métodos químicos más utilizados tenemos:

- Molaridad
- Molalidad
- Fracción Molar

MOLARIDAD

- La Molaridad (M) corresponde a la cantidad de mol de soluto que hay en un litro de solución, se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Molaridad (M)} = \frac{\text{moles de soluto}}{1 \text{ litro de disolución}}$$

$$\text{mol} = \frac{\text{Mass (g)}}{\text{Molar Mass (g mol}^{-1}\text{)}}$$

$$n(\text{mol}) = \frac{m}{M}$$

Mirá esto

MOLALIDAD

- La molalidad es la relación que existe entre el número de moles de cualquier soluto disuelto por kilogramos de disolvente(m). La unidad kilogramo se utiliza a escala industrial, sin embargo para los experimentos que se realizan en los laboratorios químicos, se puede utilizar además como unidad de medida el gramo.

$$\text{Molalidad (m)} = \frac{\text{moles de soluto}}{1 \text{ Kg de disolvente}}$$

FRACCIÓN MOLAR

- Expresa la cantidad de moles de cada componente en relación a la totalidad de los moles de disolución. Corresponde a una unidad adimensional.

$$\text{Fraccion molar (X)} = \frac{\text{moles de soluto o moles de disolvente}}{\text{moles totales de la disolución}}$$

- La relación matemática implica que la suma entre la fracciones molares de soluto más la fracción molar del disolvente dan un valor de 1.

FRACCIÓN MOLAR

$$\chi_s = \frac{n_s}{n_s + n_d} \quad \chi_d = \frac{n_d}{n_s + n_d}$$
$$\chi_s + \chi_d = \frac{n_s}{n_s + n_d} + \frac{n_d}{n_s + n_d} = \frac{n_s + n_d}{n_s + n_d} = 1$$
$$\chi_s + \chi_d = 1$$

DILUCIÓN

- La dilución es un procedimiento mediante el cual se disminuye la concentración de una solución, generalmente, con la adición de un disolvente.
- Al efectuar un proceso de dilución, agregando más disolvente a una cantidad dada de la disolución concentrada, su concentración cambia (disminuye) sin que cambie el número de moles de soluto.

$$C_i \times V_i = C_f \times V_f$$

Donde:

C_i : concentración inicial (M) V_i : volumen inicial (mL o L)

C_f : concentración final (M) V_f : volumen final (mL o L)

Después de este repaso, ejercitemos



EJERCICIOS

- Disolvemos 27 gramos de amoníaco NH_3 en 500 gramos de agua .
Calcula %m/m y %m/v de la disolución
- Determina cuántos gramos de hidróxido de calcio , Ca(OH)_2 , hay en 750 ml de disolución 0,3 M
- Preparar 1L de una disolución de permanganato de potasio (KMnO_4) 0,40 M a partir de una disolución de KMnO_4 1,00 M.

EJERCICIOS

- Disolvemos 27 gramos de amoníaco NH_3 en 500 gramos de agua .
Calcula %m/m y %m/v de la disolución
- Determina cuántos gramos de hidróxido de calcio , Ca(OH)_2 , hay en 750 ml de disolución 0,3 M
- Preparar 1L de una disolución de permanganato de potasio (KMnO_4) 0,40 M a partir de una disolución de KMnO_4 1,00 M.

Adjunto IV, Presentación metodología ECBI, cuarta etapa de la propuesta metodológica de aprendizaje.

¿Qué sabemos de espectroscopía y Ley de Lambert-Beer?

Nombre: _____ Curso: 4to medio

Unidad o módulo: “Técnicas de análisis Instrumental”

Objetivos de la clase:

- Comprender el fundamento teórico e importancia de la espectroscopía, espectrofotometría UV/Vis y la Ley de Lambert – Beer.

Focalización

La espectroscopía es un término ampliamente usado en laboratorios y a nivel industrial y tienen su fundamento teórico en base a la interacción entre la radiación y la materia, en otras palabras, la relación que hay entre la emisión y absorción de radiación electromagnética por parte de la materia.

Los métodos espectroscópicos analíticos se basan en cuantificar la radiación generada o absorbida por las especies moleculares o atómicas que son de interés. Estos métodos se

clasifican de acuerdo con la región del espectro electromagnético utilizada o producida durante la medición.

Al referirnos a emisión o absorción de radiación electromagnética, hacemos alusión a una energía que es transmitida a través del espacio a grandes velocidades (velocidad de la luz), teniendo un comportamiento de onda posee propiedades como longitud, frecuencia, velocidad y amplitud. De acuerdo con la premisa anterior, esta radiación es tratada como onda, por ende, es convenientemente modelada como ondas que consisten en campos magnéticos y eléctricos que oscilan de manera perpendicular.

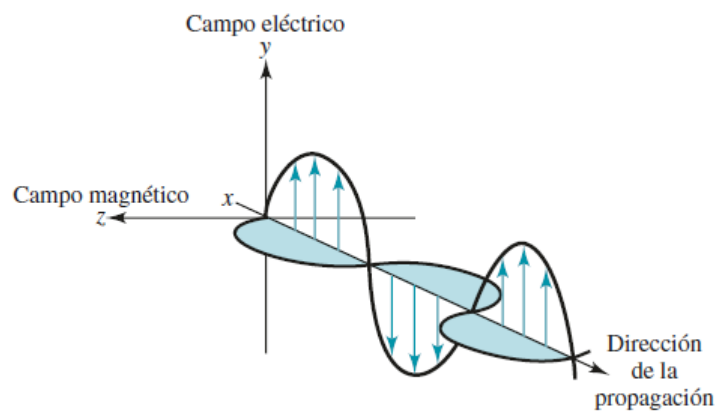


Imagen 1.- Naturaleza de la onda, propagándose en un plano cartesiano

El campo eléctrico oscila en un plano perpendicular al campo magnético. Si la radiación no estuviera polarizada, se vería un componente del campo eléctrico en todos los planos.

Las ondas poseen ciertas características propias, si consideramos el eje en donde las oscilaciones se generan sobre el campo eléctrico, tendremos lo siguiente:

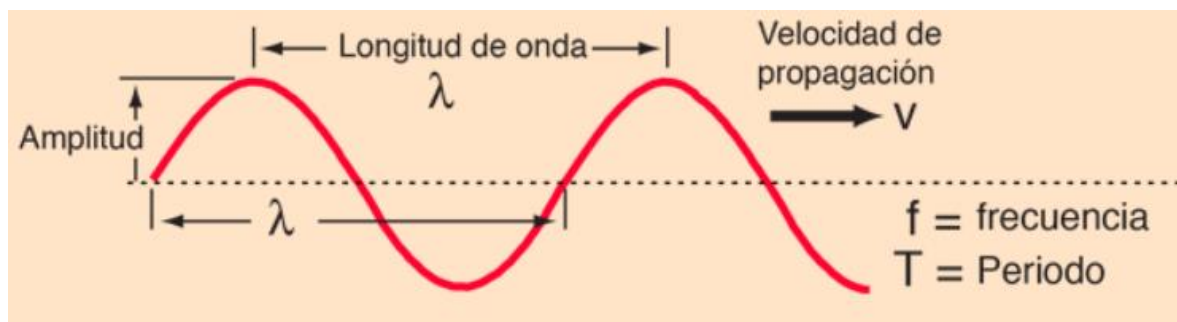


Imagen 2 Oscilaciones de una onda en un campo eléctrico.

A partir de la imagen 2 podemos reconocer identificar las características que poseen las ondas, entre ellas la amplitud de una onda electromagnética, la cual es una cantidad vectorial que proporciona una medida de la fuerza ejercida por el campo eléctrico o magnético en un máximo de onda, el tiempo expresado en segundos que se requiere para el paso de máximos o mínimos sucesivos por un punto fijo en un sector del espacio recibe en nombre de periodo de la radiación, también considerando el factor tiempo, se tiene la frecuencia de una onda electromagnética, definida como el número de oscilaciones que ocurren en un segundo.

Tabla resumen:

| | | | |
|--|--|---|--|
| $v = \textit{velocidad}$ $\lambda = \textit{longitud de onda}$ $T = \textit{periodo}$ | $\textit{unidad} = \frac{m}{s}$ $v = \frac{\lambda}{T}$ | $\textit{unidad} = s$ $T = \frac{\lambda}{v}$ | $\textit{unidad} = m$ $\lambda = v T$ |
| $v = \textit{velocidad}$ $\lambda = \textit{longitud de onda}$ $f = \textit{frecuencia}$ | $\textit{unidad} = \frac{m}{s}$ $v = \lambda f$ | $\textit{unidad} = Hz$ $f = \frac{v}{\lambda}$ | $\textit{unidad} = m$ $\lambda = \frac{v}{f}$ |

Desde el punto de vista energético, la luz posee un comportamiento corpuscular y como onda, de esta manera, es conveniente concebir la luz como partículas denominadas fotones, los cuales transportan cierta cantidad de energía,

$$E = h \nu \quad \textit{Ecuación 1}$$

En donde tenemos E como Energía expresada en Julios, ν corresponde a la frecuencia expresada en segundos (unidad de tiempo) y h es la constante de Plack ($6,62 \times 10^{-34} J s$), si evaluamos la energía de un solo fotón, tendremos la siguiente ecuación:

$$E = h \nu = \frac{h c}{\lambda} \quad \textit{Ecuación 2}$$

Las interacciones que son más intensas son transiciones y ocurren entre los niveles energéticos de todas las especies químicas. Los tipos específicos de interacciones vienen dadas por la energía de la radiación utilizada y el método de detección.

El espectro electromagnético corresponde a una distribución energética de las ondas electromagnéticas, en base al tipo de interacción de la materia con una radiación emitida.

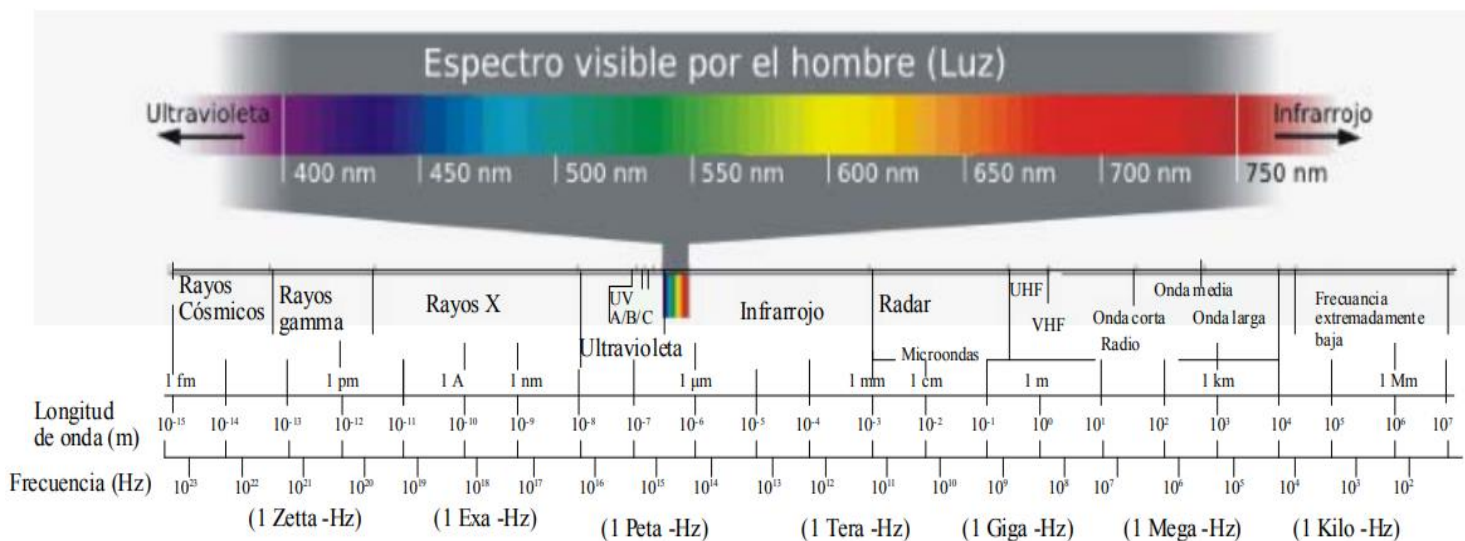


imagen 3. Espectro electromagnético.

Para fines de análisis espectroscópicos, existen distintas regiones del espectro que son de interés, las cuales se caracterizan a partir de distintas transiciones de tipo atómicas y moleculares que resultan de la interacción de la materia en estudio con la radiación emitida.

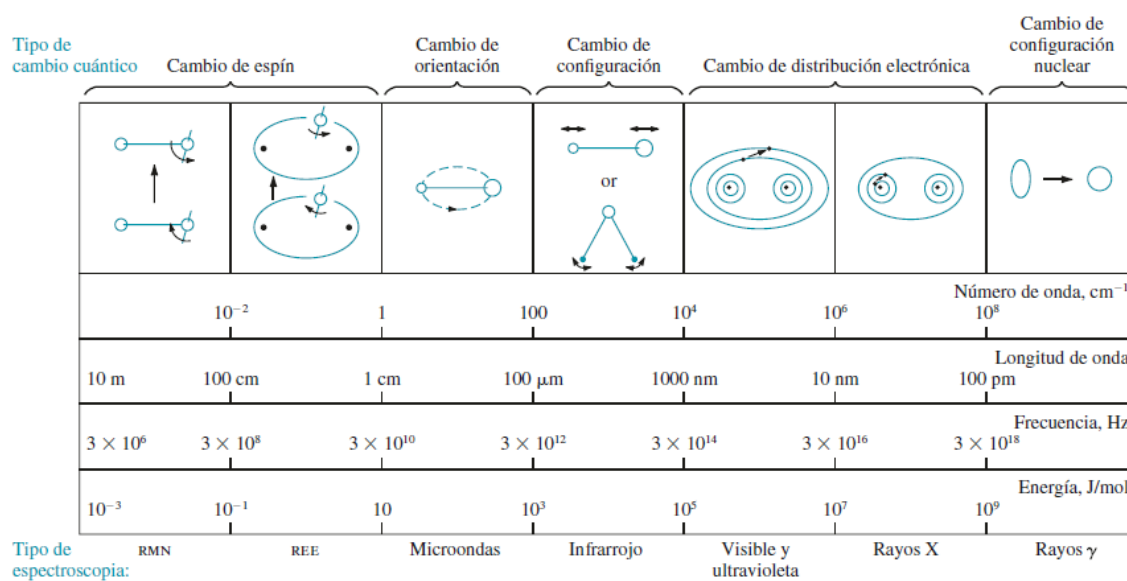


imagen 4. Regiones del espectro electromagnético, distribución energética en base a interacciones energéticas.

De esta forma se tienen regiones específicas, las cuales se convierten en zonas de interés en análisis cuantitativo y cualitativo.

Existen otros tipos de espectroscopía, tal es el caso de la *espectroscopía Raman*, en este tipo de espectroscopía arroja información similar a la que nos entregan las interacciones de tipo microondas e infrarrojo, sin embargo, de manera experimental, su metodología se trabaja en la región del visible. Esta técnica utiliza un haz de luz monocromática que se hace incidir sobre el material de estudio, una pequeña fracción de luz es dispersada inelásticamente experimentando variaciones de frecuencia propias del material e independientes de la frecuencia del haz de luz utilizada, entregando valores característicos para cada especie en análisis.

Un tipo de espectroscopía altamente utilizada es la que trabaja en la región del visible y ultravioleta, ambas comprenden una pequeña región del espectro electromagnético e incluyen otras formas de radiación como radio, infrarrojo (IR), cósmica y rayos X.

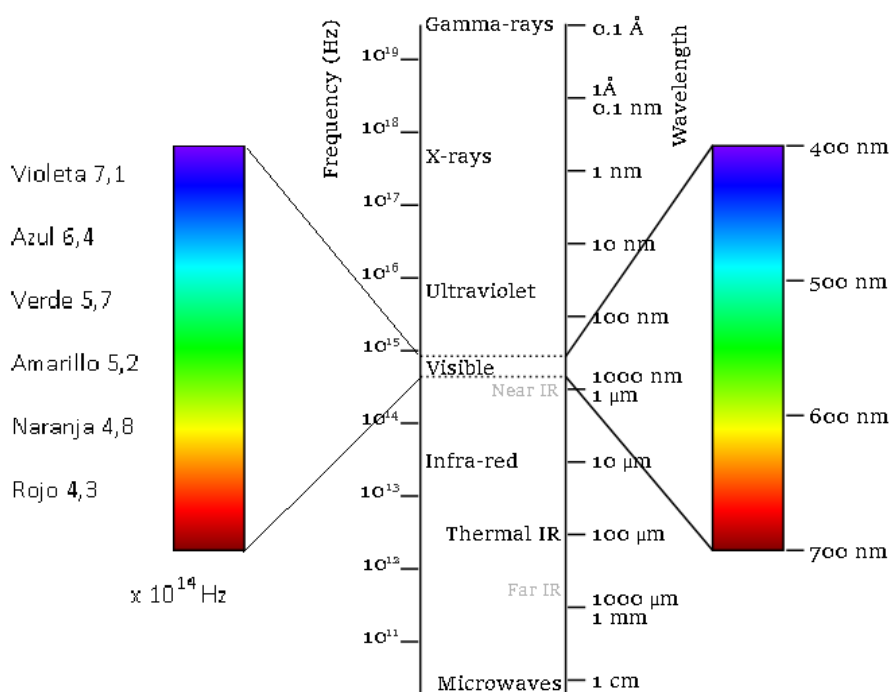


Imagen 5. Región del visible y colores a partir de distintas longitudes de onda y frecuencias.

Sabemos que las regiones del ultravioleta e infrarrojo están adjuntas a la región del visible, la primera región contempla un intervalo de longitudes de onda que van desde los 350 nm hasta los 10 nm, sin embargo, para temas analíticos el rango útil comprende hasta los 190 nm solamente. Por otro lado, la segunda región comentada posee un intervalo de longitudes de onda

que van desde los 800 nm a 1 mm. Los colores que podemos percibir poseen longitudes de onda que van desde los 380 nm hasta los 780 nm, fuera de este intervalo, no podemos divisar colores.

Varios tipos de espectrofotometría se aplican a esta región en particular, para ello es necesaria la interacción de un analito de interés (materia) con una radiación, la cual puede ser una fuente de calor, energía eléctrica, radiación lumínica (luz) o reacción química, con la finalidad de una interacción de la radiación con el estado energético más bajo o también denominado estado basal. Una vez el analito es irradiado, se produce un fenómeno llamado transición energética, en donde partículas que componen el analito experimentan un cambio energético desde el estado basal a un estado de mayor energía o también llamado estado excitado.

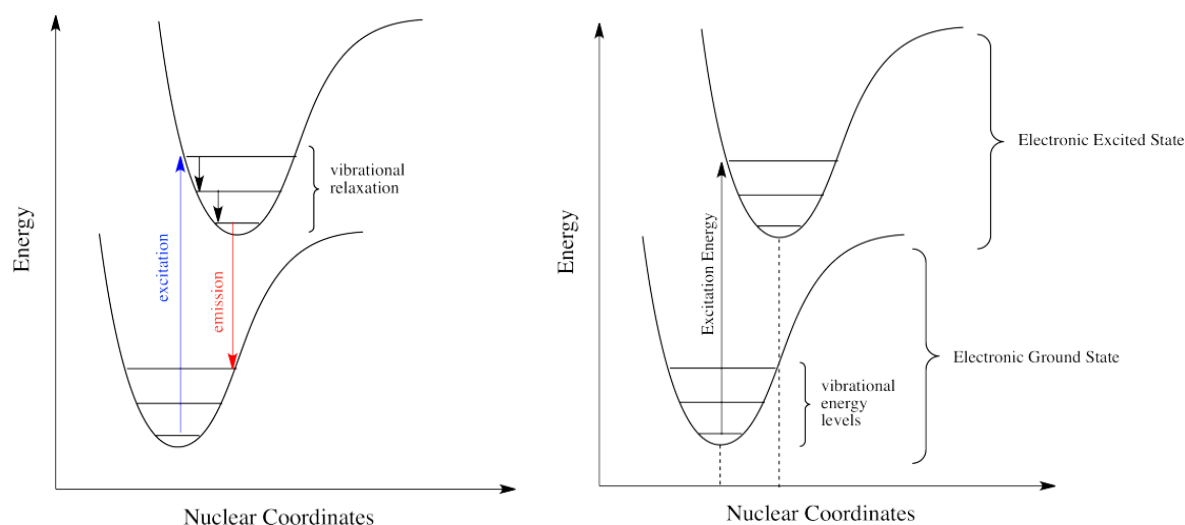


imagen 6. Energía de excitación y emisión

Cuando nos referimos a espectroscopía de absorción, podemos medir la cantidad de luz absorbida como la función de la longitud de onda, a partir de lo anterior, es que esta espectroscopía nos puede proporcionar información no solo a nivel cualitativo, sino que cuantitativo acerca de la muestra.

Dentro de esta espectroscopía de absorción encontramos la espectrofotometría de UV/Visible, una de las técnicas instrumentales más utilizadas y útiles en el área de la química. Mediante esta técnica se puede determinar, a partir de la interacción radiación-materia, la cantidad de luz

absorbida por un analito de interés, en una cierta longitud de onda. De esta manera nos permite identificar sustancias químicas y determinar concentraciones de especies.

Las regiones que se utilizan para aplicar esta técnica corresponden a la región del Ultravioleta entre los 190 – 350 nm y el Visible entre los 350 – 800 nm, la región del visible es la región del espectro electromagnético en donde se asocian colores a ciertas longitudes de onda específica para un color determinado.

La absorción de radiación en la región del UV/Vis, se justifica en las transiciones electrónicas entre niveles energéticos de los átomos o moléculas del analito, es decir, los electrones que se encuentran en la capa más externa, pueden pasar de un orbital vacío siempre y cuando reciban la energía requerida para dicho paso. Ocurre por la absorción de un fotón cuya energía coincida exactamente con la diferencia entre el estado fundamental (E_0) y el estado excitado (E_1)

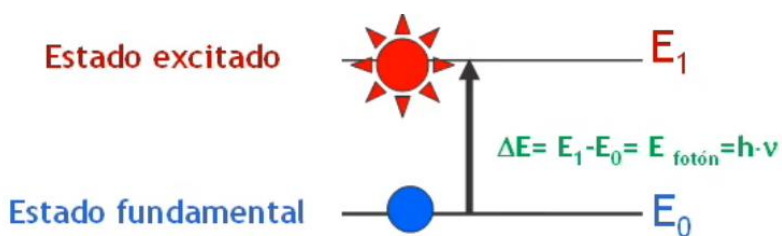


imagen 7. Absorción de un fotón, paso desde un estado fundamental a uno excitado.

El tiempo de vida de un átomo excitado es breve, la energía radiante absorbida se disipa cuando el electrón vuelve al estado fundamental mediante lo que se denomina como proceso de relajación (energía cinética, calor, fluorescencia).

Si se realiza un barrido espectral y se representa gráficamente la intensidad de absorción de radiación en función de la longitud de onda de la radiación es posible obtener la “huella dactilar” del compuesto en análisis. Los espectros de absorción son únicos para cada elemento, presentan máximos de energía a una longitud de onda definida y con distinta intensidad, de esta manera se facilita el proceso de identificación de especies y también su cuantificación. Un hecho importante es que la intensidad de absorción de cada elemento, a su longitud de onda característica, es mayor a medida que su concentración es mayor.

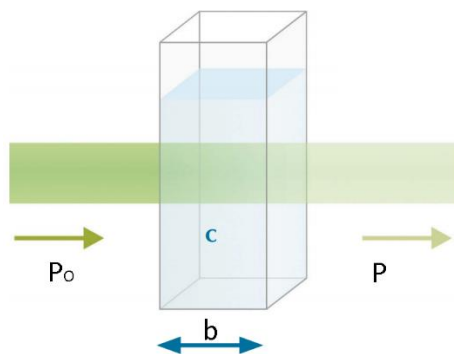


imagen 8. Atenuación de haz de luz incidente.

En la imagen 8 podemos apreciar un haz de radiación antes y después de atravesar una cubeta de longitud b y concentración c , debido a las interacciones entre los fotones de la radiación y las partículas absorbentes de la muestra se produce una disminución o atenuación de la radiación incidente, variando de P_0 a P . A partir de lo anterior es que se logra determinar la fracción de radiación que no es absorbida y que pasa por la cubeta (P)

La relación matemática involucrada en este proceso de absorción de radiación de luz monocromática considera la Transmitancia de la disolución, es decir la fracción incidente que es capaz de pasar por la disolución.

$$T = \frac{P}{P_0} \quad \text{Ecuación 3}$$

Al abordar el concepto de transmitancia hacemos referencia solamente a la fracción que para por la disolución que contiene el analito absorbente, sin embargo, ¿cómo saber que fracción entonces no es capaz de pasar por la disolución? Frente a esta interrogante es cuando aparece el concepto de Absorbancia, la cual se relaciona matemáticamente con la transmitancia, como lo muestra la ecuación.

$$A = -\log T \quad \text{Ecuación 4}$$

Expresada de otra manera:

$$A = -\log \frac{P}{P_0} \quad \text{Ecuación 5}$$

Finalmente, la expresión queda reducida a:

$$A = \log \frac{P_0}{P}$$

Ecuación 6

La ley de Lambert-Beer establece que la absorbancia está directamente relacionada con las propiedades intrínsecas del analito, con su concentración y con la longitud de la trayectoria del haz de radiación al atravesar la muestra. Bajo un complejo desarrollo matemático se establece que la expresión de la ley de Lambert-Beer es:

$$A = \varepsilon b c$$

Ecuación 7

En donde la absorbancia A a una longitud de onda determinada, es directamente proporcional a la concentración del analito (c) y a la longitud del recipiente (b) a través de una constante de proporcionalidad denominada constante de absortividad molar (ε), esta constante posee unidades en base a las unidades de concentración que sean tratadas.

Esta ley nos permite encontrar concentraciones de distintas especies de interés a partir de la medida de radiación absorbida.

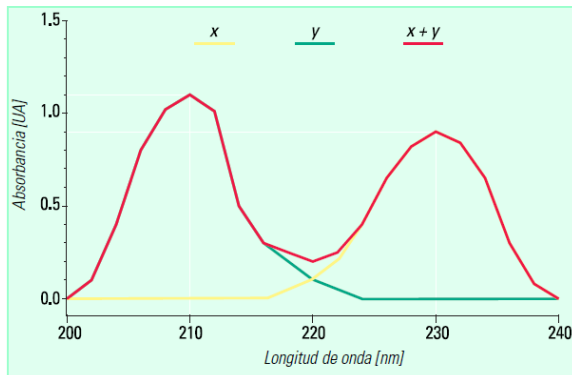
Información importante que podemos extraer de esta ley y que se implementa en ciertas determinaciones, es la propiedad de aditividad de las absorbancias, también denominado Principio de aditividad, la cual establece que la absorbancia total de varias especies en una mezcla, corresponde a la suma de las absorbancias individuales, siempre y cuando no existan interacciones entre las moléculas y si los coeficientes de absortividad molar coinciden con los resultados determinados de manera individual. Como se describió anteriormente para una mezcla con dos componentes tendremos:

$$A'_{(x+y)} = A'_x + A'_y = \varepsilon'_x b \cdot c_x + \varepsilon'_y b \cdot c_y$$
$$A''_{(x+y)} = A''_x + A''_y = \varepsilon''_x b \cdot c_x + \varepsilon''_y b \cdot c_y$$

Ecuación 8

Los espectros encontrados para esta mezcla pueden tener o no solapamiento, lo cual depende si poseen el mismo valor de coeficiente de absortividad molar, de esta manera se pueden obtener espectros tales como a) y b):

a)



b)

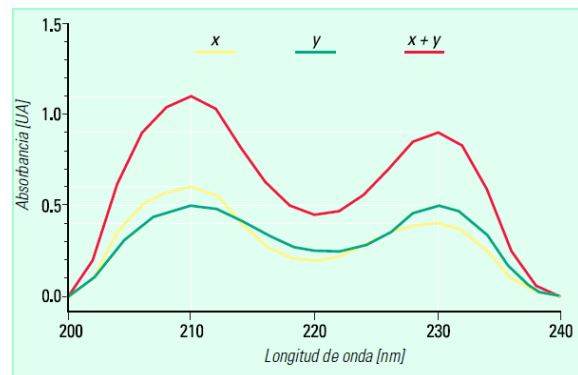


Imagen 9. Espectros pertenecientes a mezclas con diferentes máximos de absorción a) y con similares o cercanos máximos de absorción b).

esta Ley es ampliamente utilizada en diversas áreas en donde se utilizan estas técnicas espectroscópicas en función a esta ley, sin embargo, posee ciertas limitaciones. Estas limitaciones a la Ley se asocian principalmente a desviaciones químicas del soluto y solvente e instrumentales.

Ciertas concentraciones muy altas, por sobre 0,01M las moléculas de soluto pueden causar la distribución de la carga diferente en sus especies vecinas en la solución, concentraciones elevadas darían lugar a un cambio en la longitud de onda de absorción del analito.

Algunas desviaciones vinculadas al instrumento se relacionan principalmente a:

- Radiación policromática, la cual afecta cuando no hay una relación lineal entre la concentración y las diferentes absorptividades molares, entregando gráficas como la que muestra la imagen a continuación.

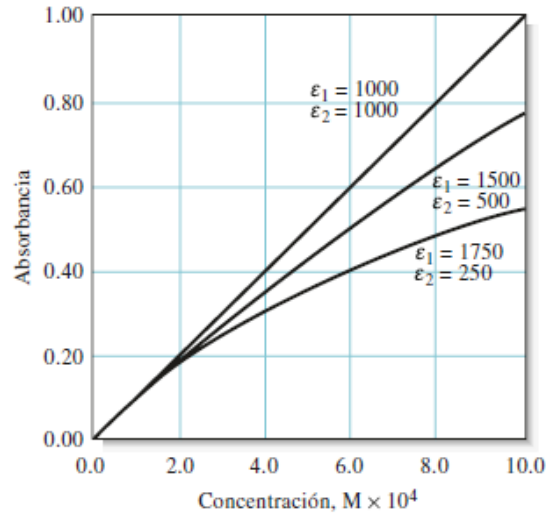


imagen 10.- Desviación de la Ley de Beer por radiación policromática.

- Luz errante, esta radiación es definida como radiación del instrumento que está fuera de la banda de longitud de onda seleccionada para la medición, en ocasiones es resultado de dispersiones y reflexiones ocurridas en superficies como rejillas, lentes, espejos, filtros y ventanas.

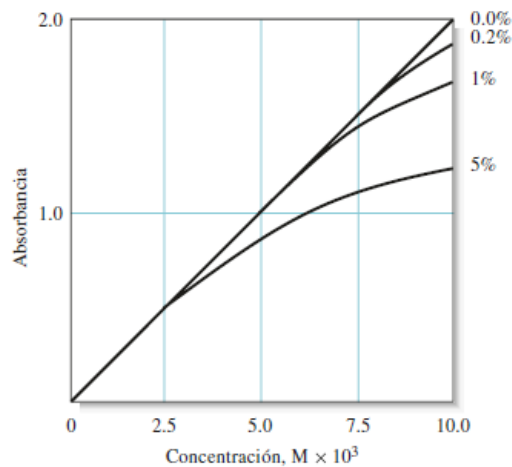


imagen 11.- Desviación de Ley de Beer, ocasionada por varios niveles de radiación errante, es importante destacar que a medida que es mayor el porcentaje de luz errante, mayor es la desviación de la linealidad y menor es la absorbancia.

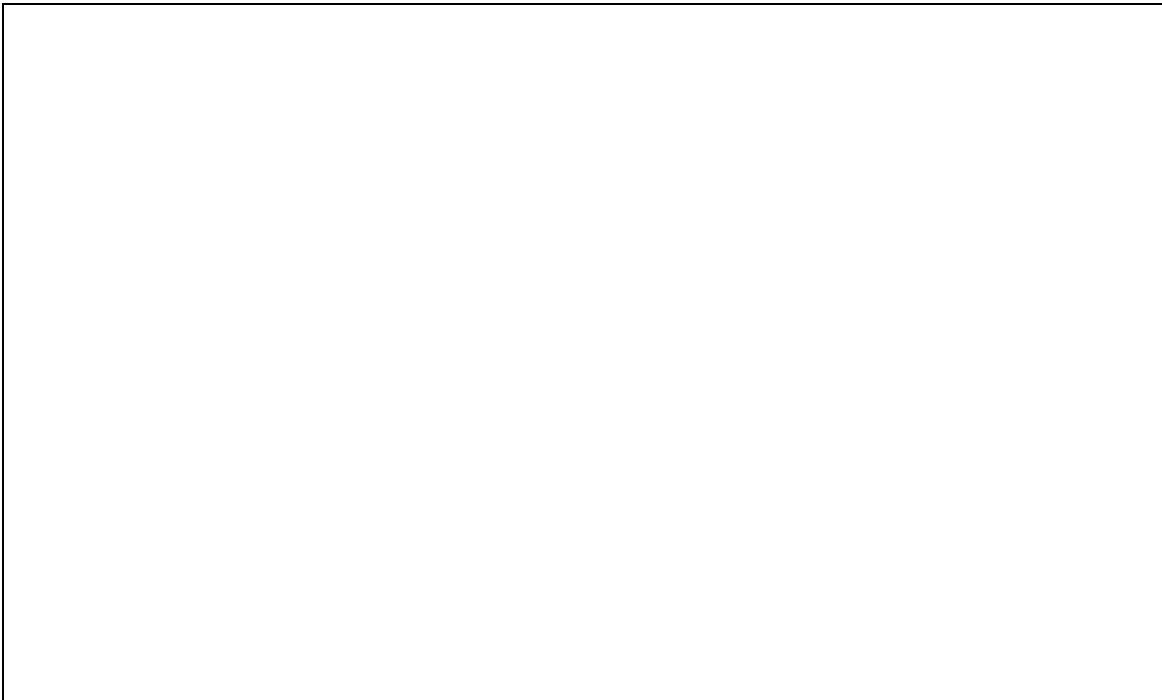
- Cubetas desiguales, es importante tener celdas en buenas e iguales condiciones para realizar las mediciones tanto de los analitos, como de los estándares o patrones con los cuales se establecen parámetros para cuantificar muestras, como lo es la curva de calibración.

Exploración

1.- Defina brevemente los siguientes términos

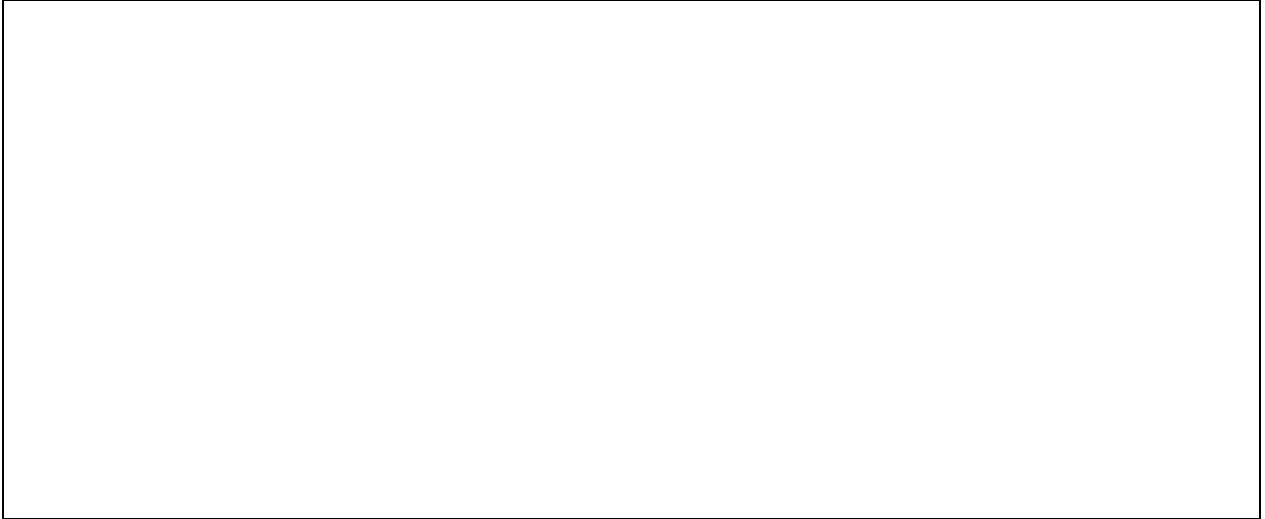
- a) Fotón
- b) Longitud de onda
- c) Espectro electromagnético
- d) Región del Visible
- e) Radiación monocromática
- f) Espectrofotómetro
- g) Absorbancia
- h) Transmitancia
- i) Principio de aditividad

2.- Si dos ondas electromagnéticas distintas, A y B poseen velocidades iguales, y la frecuencia de A es $\frac{2}{3}$ mayor que la frecuencia de B, ¿cómo podría expresar las longitudes de onda para A y B?



Reflexión

1.- Describa con sus propias palabras la relación que existe entre absorbancia y transmitancia



2.- ¿Cómo explicaría la Ley de Lambert-Beer a sus compañeras/os?



Aplicación

1. Investigue acerca de las distintas aplicaciones que tiene la espectrofotometría de UV/Visible.
2. Investigue si la Ley de Lambert – Beer es utilizada en otros tipos de métodos de análisis.

Adjunto V, quinta etapa, aplicación Ley de Lambert – Beer en simulador virtual.

Aplicación de la Ley de Lambert - Beer

Nombre: _____ Curso: 4° medio

Unidad o módulo: “Técnicas de análisis Instrumental”

Objetivos de la clase:

Determinar unidades de concentración físicas y químicas en distintas disoluciones.

Aplicar Ley de Lambert – Beer de manera teórica en la determinación de coeficientes de absorptividad molar.

Comprender relación entre absorbancia y concentración respecto a mediciones teóricas.

En la presente ejercitación se pretende aplicar los conocimientos previos respecto al manejo de conceptos relacionados a disoluciones, específicamente concentración molar y mol, además de Ley de Lambert – Beer. El desarrollo de la actividad consta de 2 secciones, inicialmente una parte de cálculo de valores teóricos en función a formulación, la segunda parte describe la utilización de un simulador en la obtención de datos teóricos.

Primera sección

A continuación, se presenta un formulario resumen como guía para resolver los siguientes ejercicios:

| | |
|---------------|---|
| % masa / masa | $\% m/m = \frac{m \text{ soluto}}{m \text{ disolución}} \times 100$ |
|---------------|---|

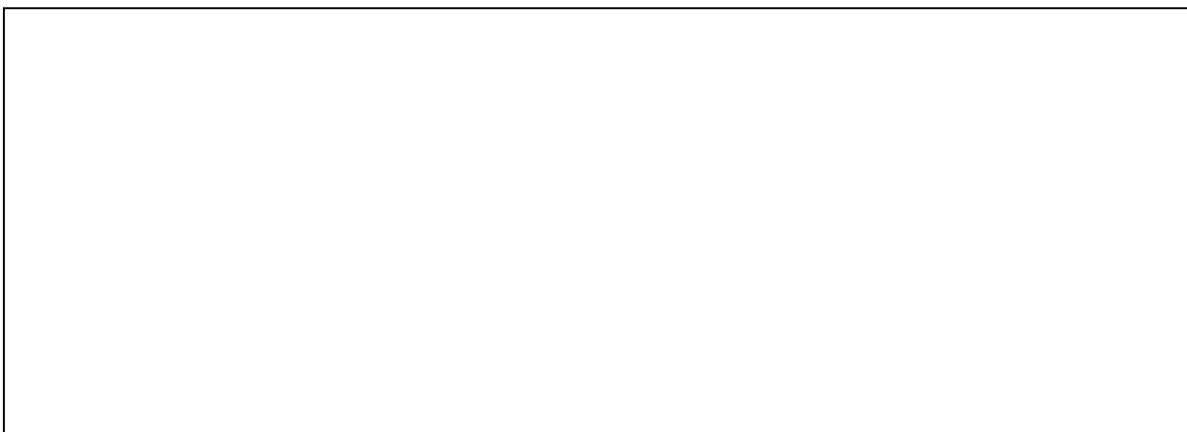
| | |
|-----------------------|---|
| % masa / volumen | $\% m/v = \frac{m \text{ soluto}}{v \text{ disolución}} \times 100$ |
| % volumen / volumen | $\% v/v = \frac{v \text{ soluto}}{v \text{ disolución}} \times 100$ |
| Densidad | $\rho = \frac{m}{v}$ |
| Mol | $n = \frac{m}{MM}$ |
| Molaridad | $M = \frac{n}{v (L)}$ |
| Molalidad | $m = \frac{n}{kg_{(disolvente)}}$ |
| Fracción Molar | $X = \frac{n_{\text{soluta}} \text{ o } n_{\text{solvente}}}{n_{\text{totales}}}$ |
| Dilución | $C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$ |
| Ley de Lambert – Beer | $A = \epsilon b c$ |
| Absorbancia | $A = -\log T$ |

Ejercicios

1.- Dispongo de 12,00 g de permanganato de potasio y los quiero disolver en agua, sin embargo, lo único que tengo es un vaso de precipitados sin marcas de volumen y una balanza. Al colocar el vaso en la balanza, tarar y agregar agua, la balanza me indica una masa de 250 g.

a) Determina el % m/m de la disolución. b) Determina el % m/v de la disolución sabiendo que la densidad del agua es 1,00 g/mL.

2.- Si tengo 250 mL de una disolución acuosa de ácido sulfúrico cuya concentración es 12% v/v y la densidad del ácido es de 1,83 g/mL, ¿qué masa está contenida en la disolución?



3.- Se tiene un recipiente que posee la siguiente información:

- 1 litro de disolución
- 5% m/v
- Ácido fosfórico diluido
- Masa molar $\text{H}_3\text{PO}_4 = 97,994 \text{ g mol}^{-1}$

Determine la concentración Molar de la disolución



4.- Calcular la molalidad y molaridad de 35,00 g de un determinado soluto en 1 L de disolución acuosa. La masa molar del soluto es 249,7 g / mol



5.- Se disuelven 20,0 g de etanol en 60,0 g de agua. Calcule la fracción molar del soluto, solvente y disolución



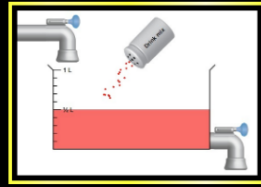
Segunda sección

Como primer paso deben ingresar a la siguiente dirección web:

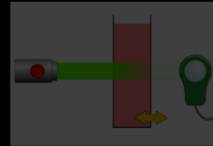
https://phet.colorado.edu/sims/html/beers-law-lab/latest/beers-law-lab_en.html

aparecerá la siguiente ventana:

Beer's Law Lab



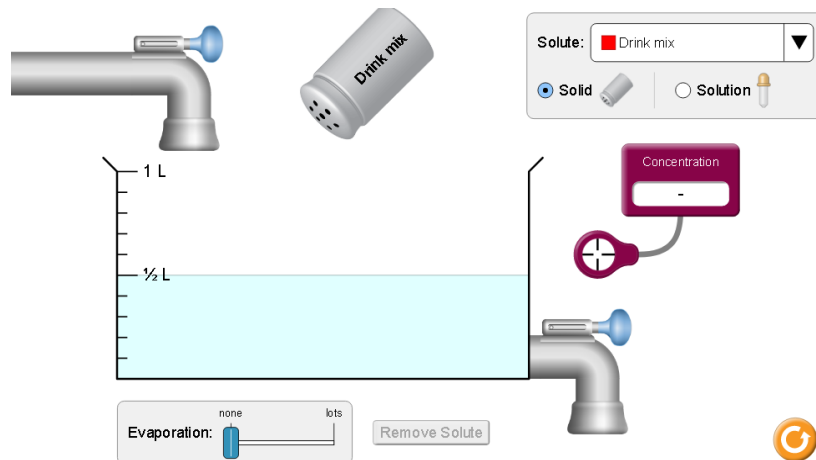
Concentration



Beer's Law

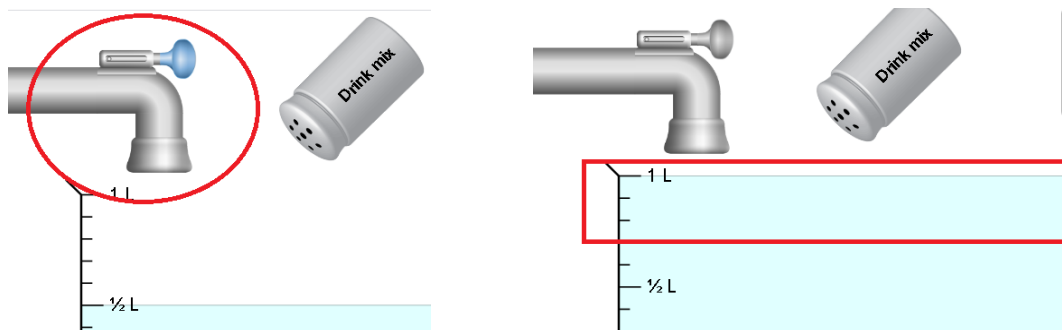
1ra etapa

Para comenzar con la primera etapa de la simulación es necesario acceder en primera instancia a la ventana de nombre “*Concentration*” o “*Concentración*”, en donde aparecerá la siguiente ventana:

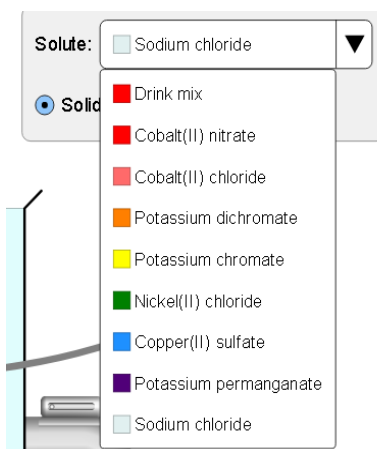


Instrucciones:

1.- Con el puntero del mouse debes dirigirte a la llave superior y llevar el volumen del recipiente desde $\frac{1}{2}$ litro a 1 litro.



2.- Dirigirse a la parte superior derecha donde aparece la opción de selección de soluto en donde aparece lo siguiente:



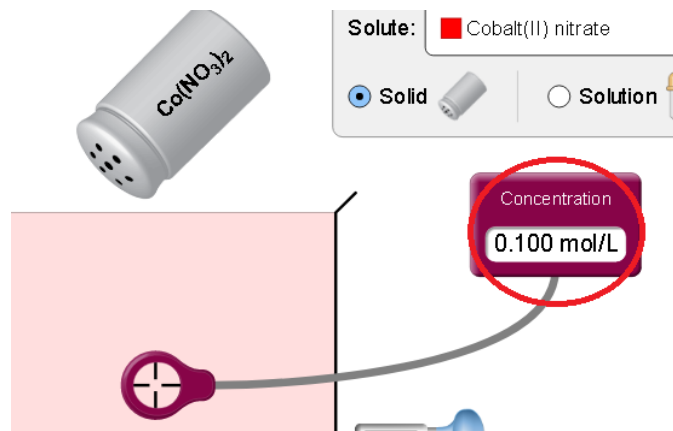
3.- El orden de trabajo será:

1° Nitrato de Cobalto (II)

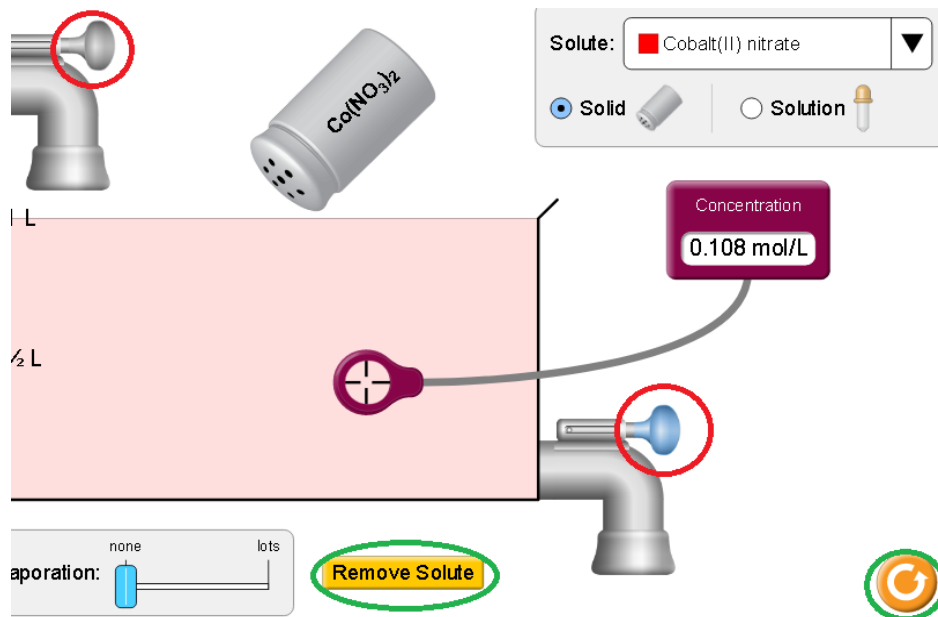
2° Cloruro de Níquel (II)

3° Mezcla de bebidas (drink mix)

4.- Arrastrar el sensor de concentración hasta la disolución y agregar soluto sólido hasta llegar a las siguientes concentraciones: 0,1 M – 0,2 M y 0,3 M, para cada una de las disoluciones



Nota: es importante destacar que, si requiere modificar el volumen de la disolución para llegar a la concentración pedida, lo puede hacer desde las llaves de agua (círculos rojos). En caso quiera volver a comenzar, también lo puede hacer mediante la opción “remove solute” o la opción de actualizar (círculos verdes)

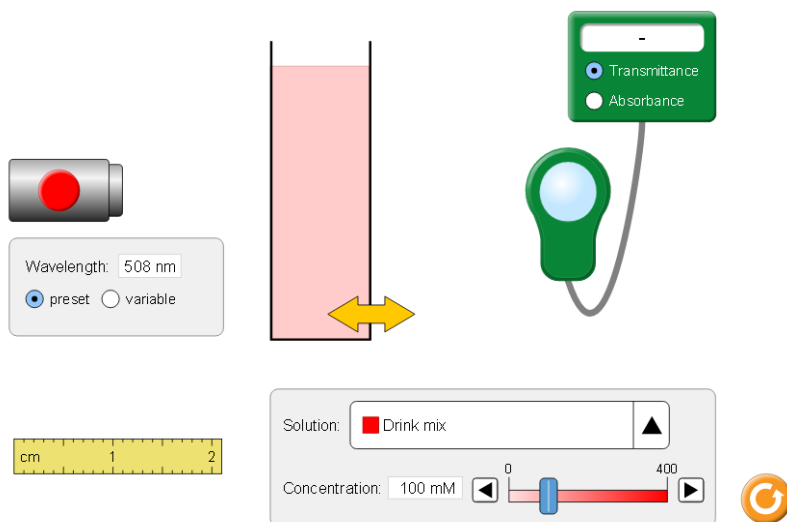


5.- Una vez llegada a las concentraciones solicitadas, calcule la masa de nitrato de cobalto (II) y cloruro de níquel (II) requeridas para llegar a esa concentración.

Desarrollo:

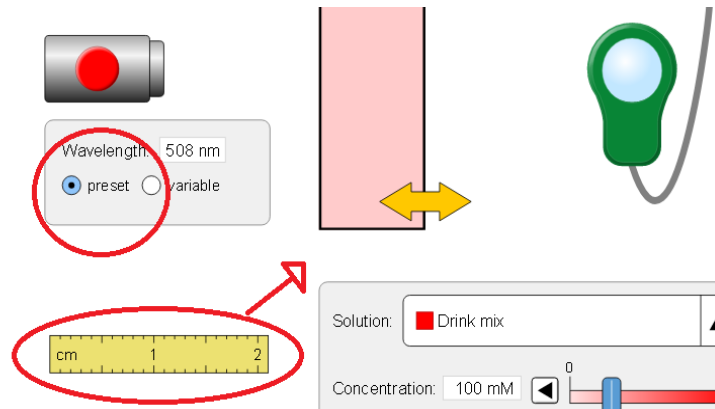
2da etapa

Para comenzar con la segunda etapa de la simulación es necesario acceder en primera instancia a la ventana de nombre “*Beer’s Law*” o “*Ley de Beer*”, en donde aparecerá la siguiente ventana:

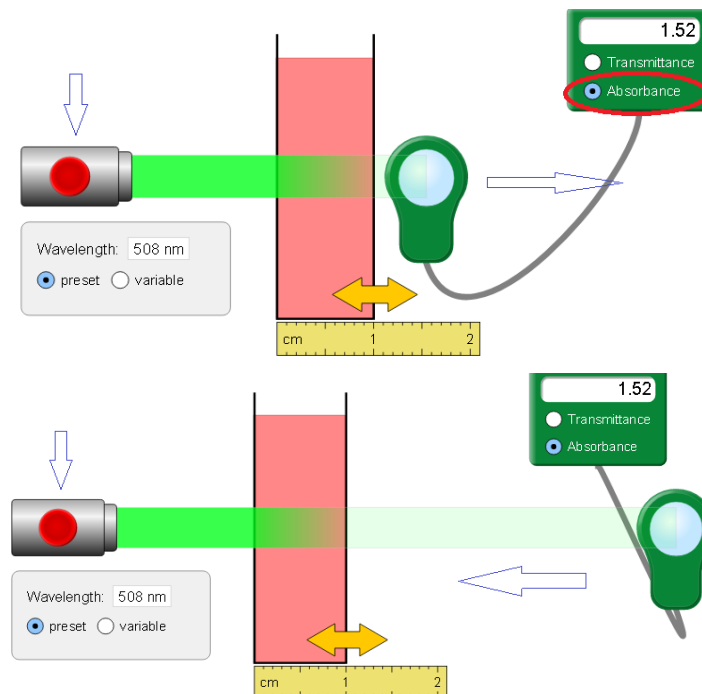


Instrucciones:

1° Verifica que la cubeta posea una longitud igual a 1 cm, además de asegurarse que la opción de longitud de onda (Wavelength) de la fuente de luz esté en la opción “**preset**”

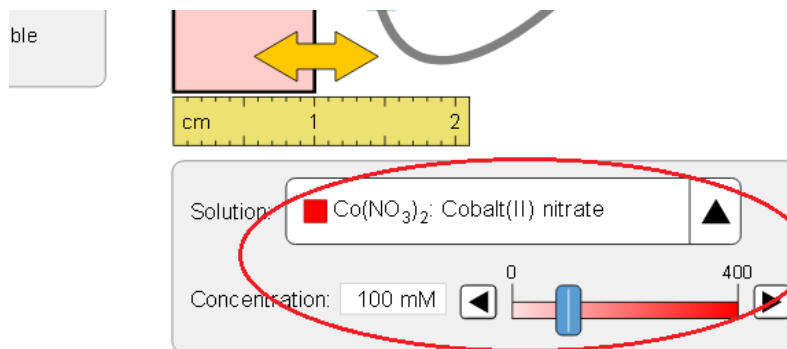


2° Encender la fuente, ajustar la lectura del sensor en Absorbancia y luego verificar que la radiación emergente pase por el sensor (no dé importancia a la distancia que quede entre la cubeta y el sensor)



3° luego en la sección “solución” ajustar las disoluciones de Nitrato de cobalto (II), Cloruro de níquel (II) y la mezcla de bebidas (drink mix) y ajustar las concentraciones previamente preparadas (0,1 M- 0,2 M y 0,3 M)

Nota: 1mol = 1000 milimol.



4° A medida que vaya realizando las mediciones de cada disolución, con sus respectivas concentraciones, registre cada valor de absorbancia y complete la siguiente tabla:

| Absorbancia Concentración | Nitrato de cobalto (II) | Cloruro de Níquel (II) | Mezcla de bebidas |
|------------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------|
| 0,1 M | | | |
| 0,2 M | | | |
| 0,3 M | | | |

5° Con la información recogida de la actividad, longitud cubeta, concentración, absorbancias, determine el valor del coeficiente de absorptividad molar teórico de cada disolución a cada concentración.

Desarrollo:

6° A partir de los valores de absorbancia registrados, determine el valor de transmitancia de cada disolución con su respectiva concentración, para luego completar la siguiente tabla

| Transmitancia Concentración | Nitrato de cobalto (II) | Cloruro de Níquel (II) | Mezcla de bebidas |
|--------------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------|
| 0,1 M | | | |
| 0,2 M | | | |
| 0,3 M | | | |

7° Responda las siguientes preguntas:

- En la mezcla de bebidas, de manera teórica se puede determinar la masa de soluto de la disolución, pero, ¿se puede identificar a que corresponde el soluto?
- ¿Qué relación encuentra entre las concentraciones y las mediciones de absorbancia registradas?
- Contemplando el espectro electromagnético, explique porqué para disoluciones de igual concentración, se utiliza una longitud de onda distinta.
- ¿Qué limitaciones reales puede tener la Ley de Lambert – Beer?

Adjunto VI, Sexta etapa de la propuesta metodológica

Espectrofotometría UV/VIS

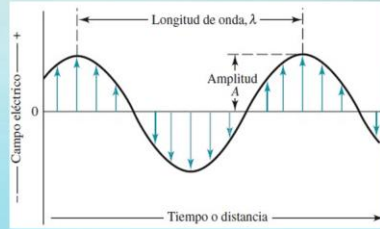
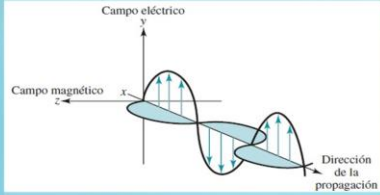
Profundización en la técnica y aplicación

Repasemos....

- ¿Qué entiendes por espectro electromagnético?
- ¿Cuál es la diferencia entre absorción y emisión energética?
- ¿Recuerdas algunas limitaciones de la Ley de Lambert-Beer?
- ¿En que se diferencian Transmitancia de Absorbancia?

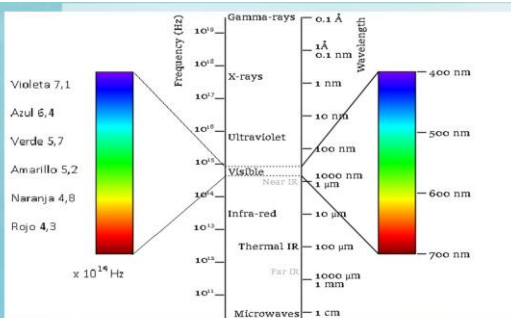
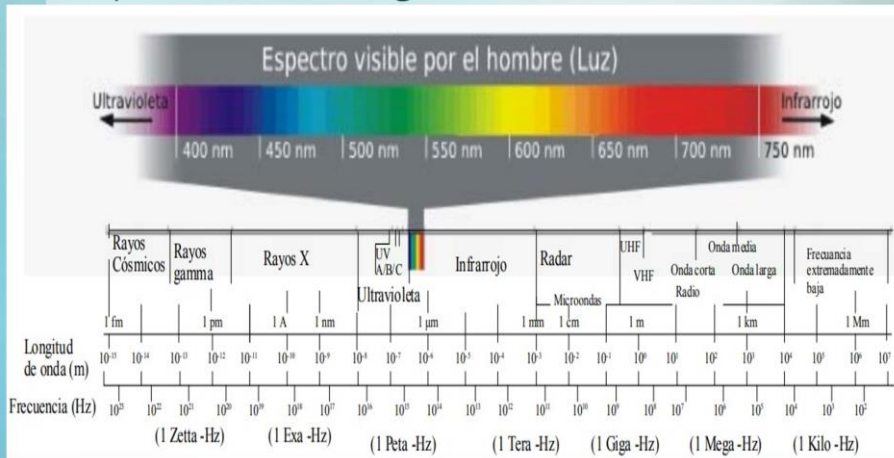
Recordemos lo aprendido...

- Teoría ondulatoria - corpuscular



$$v = \nu \cdot \lambda \longrightarrow c = \nu \cdot \lambda = 3.00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1} = 3.00 \times 10^{10} \text{ cm s}^{-1}$$

Espectro electromagnético



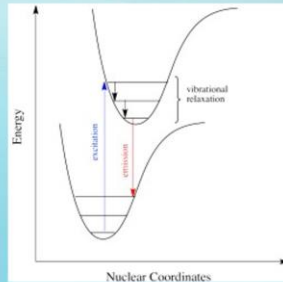
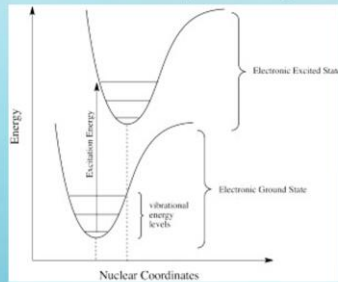
| Color | Intervalo λ (nm) |
|-------------------|------------------|
| Violeta | 380-465 |
| Azul | 465-482 |
| Azul verdoso | 482-498 |
| Verde | 498-530 |
| Verde amarillento | 530-576 |
| Amarillo | 576-580 |
| Amarillo naranja | 580-587 |
| Naranja | 587-597 |
| Naranja rojizo | 597-617 |
| Rojo | 617-780 |



Espectrofotometría de Emisión y Absorción

• Emisión

El analito es irradiado, se produce un fenómeno llamado transición energética, en donde partículas que componen el analito experimentan un cambio energético desde el estado basal a un estado de mayor energía o también llamado estado excitado.

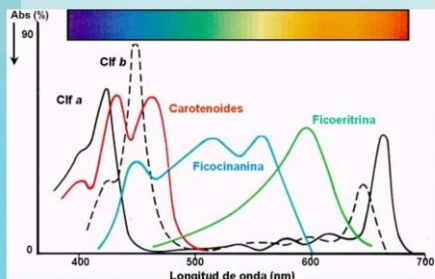


Espectrofotometría de Emisión

• La determinación de la emisión de radiación hace referencia a la espectroscopía de emisión, en donde se aplica, al analito, estimulaciones de tipo eléctrica o calor, mientras que la espectroscopía de quimioluminiscencia se asocia netamente a la estimulación del analito mediante reacciones químicas



Espectrofotometría de Absorción



• En la espectroscopía de absorción, podemos medir la cantidad de luz absorbida como la función de la longitud de onda, a partir de lo anterior, es que esta espectroscopía nos puede proporcionar información no solo a nivel cualitativo, sino que cuantitativo acerca de la muestra.

Atenuación de un haz de radiación por una especie absorbente contenida en la cubeta

Transiciones energéticas en la molécula del analito

Espectro de absorción

Transmitancia = $T = P/P_0$

Absorbancia = $A = -\log T = \log P_0 / P$

Leyes de la absorción de la radiación

Ley de Lambert-Beer

Potencia del haz antes de atravesar la muestra

Potencia del haz después de atravesar la muestra

Absorbancia total medida a la longitud de onda λ

$A_{T,\lambda} = \log \frac{P_0}{P} = \epsilon b c$

Absortividad molar

Concentración molar de las especies absorbentes

camino óptico

$\frac{P}{P_0} = \text{Transmitancia (T)}$

$A = -\log T$

$A = \epsilon b c$

Ley de Lambert-Beer

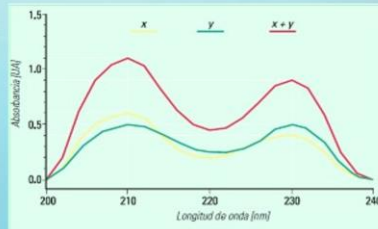
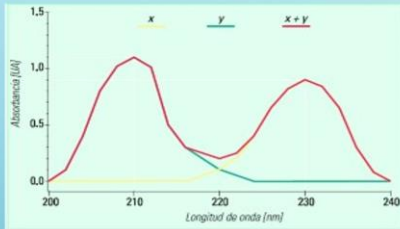
Entonces, definamos que es:

- Absorbancia
- Transmitancia
- Ley de Lambert - Beer
- Relación entre Absorbancia y Concentración

Principio de aditividad

$$A'_{(x+y)} = A'_x + A'_y = \epsilon'_x b \cdot c_x + \epsilon'_y b \cdot c_y$$

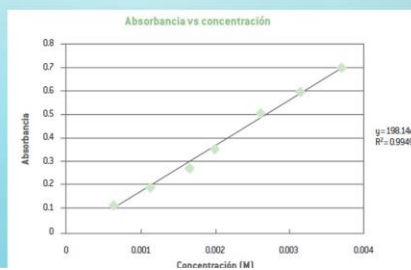
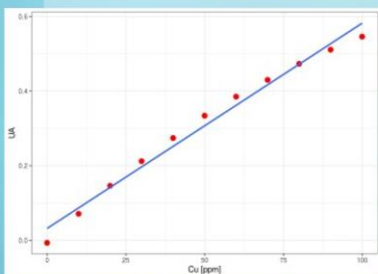
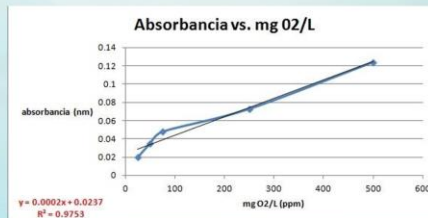
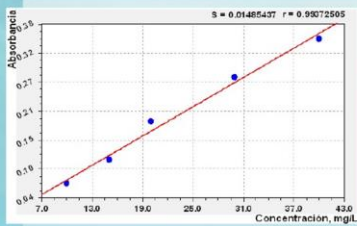
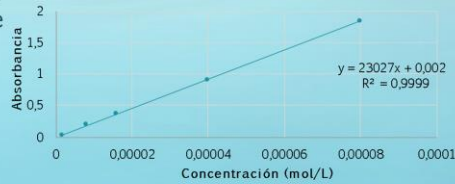
$$A''_{(x+y)} = A''_x + A''_y = \epsilon''_x b \cdot c_y + \epsilon''_y b \cdot c_x$$



Curva de Calibración

- Una manera de comprobar la Ley de Lambert - Beer, es mediante la utilización de una curva de calibración.
- A partir de una solución estándar, se preparan disoluciones estándar más diluidas y de concentración conocida, la preparación implica que el analito debe estar dentro de estas concentraciones para poder cuantificar.
- Se registra cada absorbancia de las disoluciones de la curva de calibración, si se cumple la Ley de Lambert - Beer, se debe generar una línea recta al graficar absorbancia vs concentración.

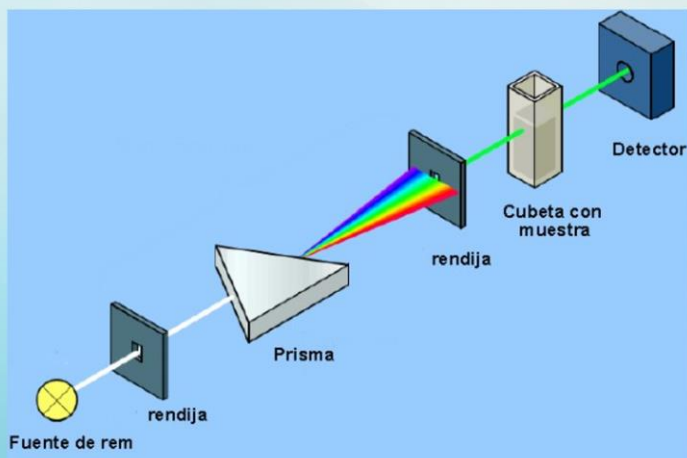
Curva calibración Tartrazina 427 nm

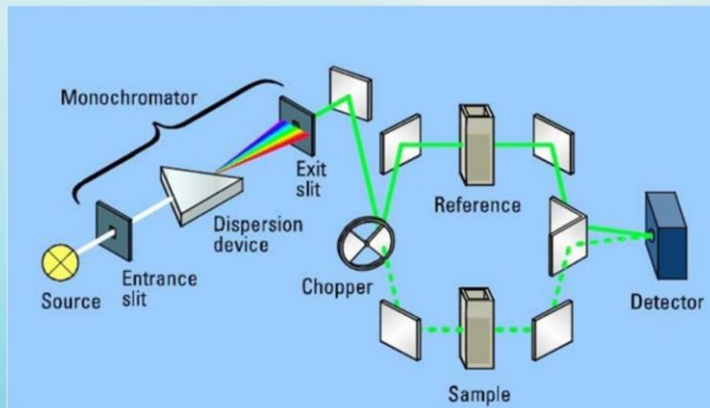
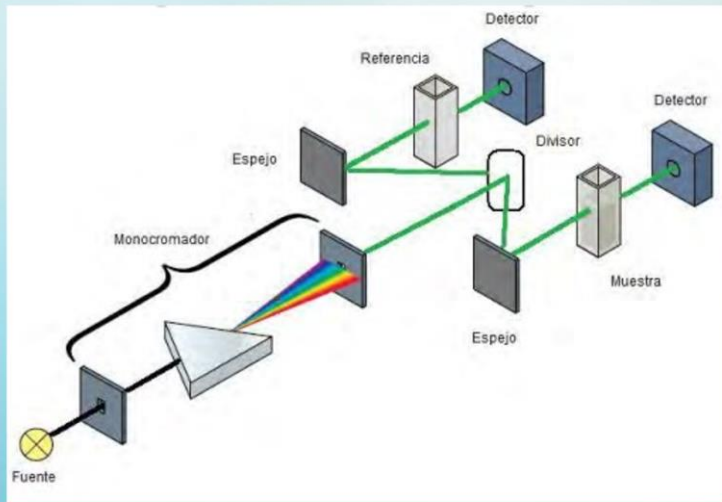


Espectrofotómetro UV/Vis

¿Qué es un espectrofotómetro?

- Instrumento que tiene la capacidad de proyectar un haz de luz monocromática (de un largo de onda particular) a través de una muestra y medir la cantidad de luz que es absorbida por dicha muestra





Espectrofotómetro UV/Vis

- **Fuente:** dispositivo emisor de la radiación electromagnética, generalmente emite una banda amplia de radiaciones continuas alrededor de la longitud de onda deseada. Según la región del espectro que emite existen 3 tipos:
 - visible: lámparas de filamento de Tungsteno o wolframio, similares a bombillas comunes,
 - ultravioleta: tubo de hidrógeno o descarga de deuterio.
 - infrarrojos: fuentes de óxidos poco comunes, como Disproio, Holmio, Erblio o carburos de Silicio.

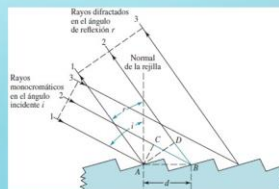
Fuentes continuas para espectroscopia óptica

| Fuente | Región de longitud de onda, nm | Tipo de espectroscopia |
|---|--------------------------------|---|
| Lámpara de arco de xenón | 250–600 | Fluorescencia molecular |
| Lámparas de H ₂ y D ₂ | 160–380 | Absorción molecular uv |
| Lámpara de tungsteno/halógeno | 240–2500 | Absorción molecular uv/visible/IR cercano |
| Lámpara de tungsteno | 350–2200 | Absorción molecular visible/ IR cercano |
| Lámpara de Nernst | 400–20,000 | Absorción molecular IR |
| Alambre de nicromo | 750–20,000 | Absorción molecular IR |
| Globar | 1200–40,000 | Absorción molecular IR |

Espectrofotómetro UV/Vis

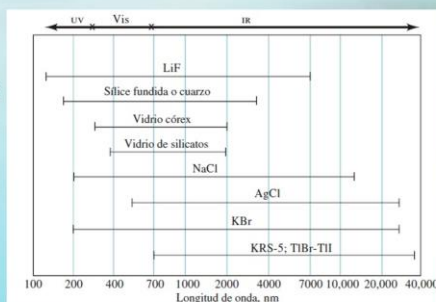
• **Monocromador:** dispositivo selector de longitud de onda, controla la pureza de la radiación emitida, logrando el menor ancho de banda posible. Consta de lentes, espejos y rendijas adecuadas eliminar radiación no deseada. Los componentes más importantes son:

- prismas: objetos que permiten la refracción de la luz, siendo mayor el ángulo de refracción mayor a menor longitud de onda de la radiación.
- redes de difracción: lámina de aluminio altamente pulida con líneas paralelas, estas líneas actúan como centros de dispersión de la radiación emitida.



Espectrofotómetro UV/Vis

- **Celdas o Cubetas** recipientes donde se coloca la muestra a medir, varían de acuerdo con la técnica a utilizar, pero como característica común es que deben ser transparentes en la región que se medirá.
- Las más comunes son cubetas de vidrio, cuarzo, de NaCl y AgCl.



Espectrofotómetro UV/Vis

- Detector: este dispositivo produce una descarga eléctrica cada vez que recibe un fotón. De forma posterior esta señal es convertida en unidades de potencia radiante, la cual puede ser transmitida o absorbida. La selección del detector también depende de la región del espectro con la que se esté trabajando, pueden ser:
 - - fototubo (UV/Vis)
 - - fotodiodo (Vis/IR)
 - - infrarrojos (IR)

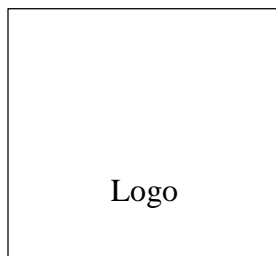
Que aprendimos hoy??



Por su atención



Adjunto VII, séptima etapa de la propuesta, laboratorio.



Nombre establecimiento

DEPARTAMENTO

LABORATORIO N°X:

**“Determinación de concentración de Tartrazina y
Amarillo Crepúsculo en producto comercial”**

PROFESOR

Sr(a).

FECHA

LABORATORIO X

Determinación de concentración de Tartrazina y Amarillo Crepúsculo en producto comercial

OBJETIVOS

Cuantificar mediante espectrofotometría UV/Vis la concentración de los colorantes tartrazina y amarillo crepúsculo en una muestra de bebida energética.

Relacionar la concentración de los colorantes tartrazina y amarillo crepúsculo con la ingesta diaria admisible.

Aplicar Ley de Lambert – Beer y Principio de Aditividad en la cuantificación

1. INTRODUCCIÓN

Desde la prehistoria es que se han utilizado colorantes con la necesidad de adornar y embellecer principalmente objetos de uso común, estos colorantes naturales eran de origen animal, vegetal e incluso mineral, con el paso del tiempo se usaron estos colorantes para mejorar el aspecto de la comida, por ejemplo en el antiguo Egipto en donde aplicaban colorantes en vegetales y otros, además de crear pinturas que hasta el día de hoy mantienen restos de su coloración original.

Con el avance de la tecnología se fueron obteniendo y generando variados colorantes de origen natural y también sintetizando otros de origen artificial, distintos tipos de industrias se han preocupado por seguir generando colorantes sintéticos, desplazando la utilización de aquellos colorantes que se pueden obtener de manera natural, tales como algunos insectos, este es el caso del colorante natural *carmín de cochinilla* que se obtiene a partir de un insecto llamado cochinilla (*Dactylopius coccus*), el cual es hemíptero parásito de plantas perteneciente a la familia Dactylopiidae.

Sabemos que los colorantes forman parte de una amplia clasificación de aditivos alimentarios. La adición de todos estos aditivos, entre ellos colorantes naturales y artificiales, está regulada por organismos internacionales como la FAO/OMS y entidades nacionales como el Ministerio de Salud.

El *Codex Alimentarius*, entidad que regula la normativa respecto a los alimentos a nivel internacional, impone límites máximos de consumo al día, también denominada IDA, ingesta diaria admisible. Los documentos generados por el comité internacional y su aplicación en los países asociados a esta entidad son muy extensos ya que consideran la gran mayoría de alimentos de consumo común, tales como leche, bebidas, chocolates, entre otros.

Dos colorantes ampliamente utilizados en muchos alimentos son la Tartrazina y el Amarillo crepúsculo, también nombrados como amarillo 5, E-102, acid yellow, para tartrazina y amarillo ocaso, sunset yellow, amarillo anaranjado, food yellow 3, entre otros para el amarillo crepúsculo. La utilización de este par de colorantes es altamente cuestionada por muchos científicos debido a posibles daños en la salud de personas de distintas edades, por ejemplo se atribuyen casos de urticaria y alergias, además de nombrar algunos casos de hiperactividad en niños por consumo de tartrazina (McCann et al., 2007). A partir de algunos estudios realizados en animales, en donde se utilizaron bajas y altas dosis de colorantes, se ha relacionado a la tartrazina con tumores en la glándula tiroides y al amarillo crepúsculo con tumores al riñón y ambos con posibles daños a nivel cromosómico, razón por la cual, algunos países lo han prohibido como aditivo en la elaboración de productos alimenticios, tales como Noruega y Austria. Otro efecto dañino en la salud de las personas se involucra directamente con el asma, enfermedad que afecta el sistema respiratorio, caracterizada por complicaciones al respirar, sensación de ahogo, tos, entre otras. El asma puede ser inducido por ácido acetilsalicílico y otros antiinflamatorios no esteroideos y también por ingestión de tartrazina, el diagnóstico es complejo de realizar, sin embargo, hay un porcentaje importante que presenta esta situación (De Gracia et al., 1986).

Tartrazina

Es uno de los colorantes artificiales que se utilizan con mayor frecuencia en la industria alimentaria y pertenece a la familia de los colorantes azoicos, del tipo monoazo (pirazolona). Su nombre químico es 5-hidroxi-1-(4-sulfonatofenil)-4-(4-sulfonato fenilazo)-H-pirazol-3-

carboxilato trisódico (ver imagen 1), posee una masa molecular de $534,37 \text{ g mol}^{-1}$, y una fórmula molecular $\text{C}_{16}\text{H}_9\text{N}_4\text{Na}_3\text{O}_9\text{S}_2$. La presentación de este colorante es en forma de polvo o gránulos de color naranja claro, presenta un alto grado de estabilidad, ya que no se ve afectado por exposición a la luz artificial y solar, ni de ácidos y bases. Este colorante le confiere al producto alimenticio una tonalidad amarilla, más o menos anaranjado, dependiendo de la cantidad agregada, también se usa comúnmente para alcanzar coloraciones o tonos. Este colorante ha sido utilizado ya desde principios de 1900, siendo utilizado en repostería y decoración de alimentos, sopas preparadas, conservas vegetales, salsas, helados, caramelos y golosinas e incluso se puede encontrar frecuentemente en medicamentos, como algunas vitaminas, por ejemplo.

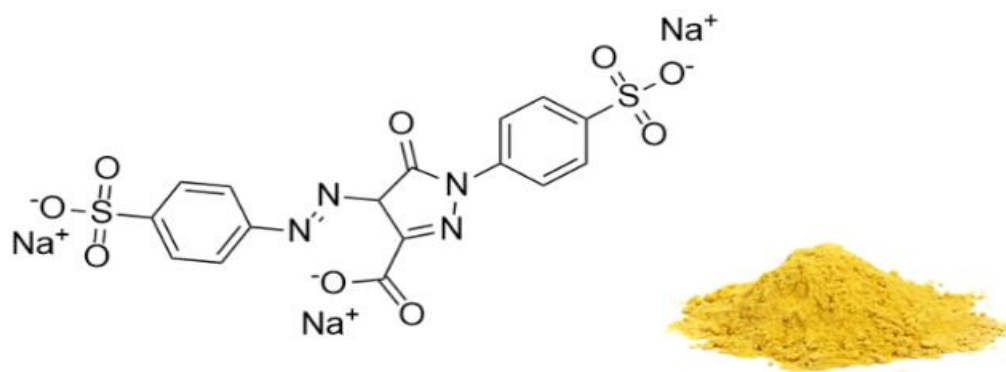


Imagen 1 Estructura química de la tartrazina y presentación física.

El Comité internacional ha establecido un IDA para tartrazina correspondiente a un valor entre 0 – 10 mg/kg por día (Barrows & by Harriet Wallin, 2016)

Amarillo Crepúsculo

También pertenece a la familia de los colorantes azoicos del tipo monoazoico, se añade a productos alimenticios para llegar a una coloración anaranjada o amarillo oscuro (tipo yema de huevo). Este colorante es ampliamente utilizado en diferentes tipos de alimentos, incluidos cereales, productos horneados, gelatinas, bebidas, postres en polvo, entre otras. El nombre químico que recibe es el de sal sódica del ácido 6-hidroxi-5 - [(4-sulfonil) azo] -2- naftaleno-sulfónico. Este compuesto posee una masa molecular de $452,38 \text{ g-mol}^{-1}$ y una fórmula molecular

$C_{16}H_{10}N_2Na_2O_7S_2$ (Ver imagen 2). El método de obtención de este producto es mediante síntesis química y su presentación física es en forma de polvo o gránulos anaranjados.

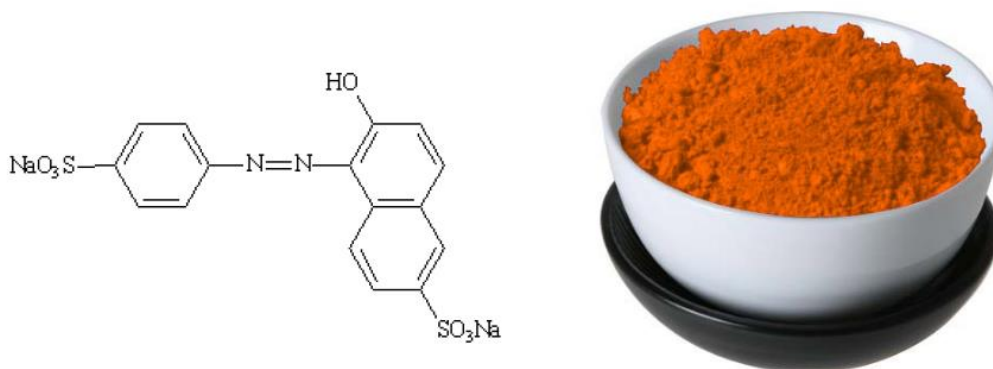


Imagen 2 Estructura química de Amarillo Crepúsculo y presentación física.

El comité internacional ha definido un IDA con valor aceptable entre 0 – 4,0 mg/kg por día. (Bend et al., 2005)

Entonces, si nos damos cuenta de que diariamente estamos consumiendo productos alimenticios que llevan una serie de aditivos que modifican las propiedades de dichos alimentos con un límite máximo por producto, ¿cómo podríamos saber si lo que estamos comiendo, posee las cantidades adecuadas de aditivo, en este caso de colorante tartrazina o amarillo crepúsculo? ¿cómo podríamos saber que el colorante agregado tiene un alto grado de pureza, sabiendo que los estándares de calidad analítica para tartrazina y amarillo crepúsculo, para 25 mg tienen valores de \$36800 y \$152000 respectivamente? (Sigma - Aldrich, 2020), ¿no será un valor muy alto para adicionar altas cantidades de productos alimenticios?, ¿qué tipo de impurezas tiene? Reconocemos entonces, la importancia de buscar un método de cuantificar la cantidad de colorantes tartrazina y amarillo crepúsculo, debido a que se establecen límites, pero no se determina que aparezca la información de cuanto aditivo alimenticio, en este caso colorante se agrega a cada producto (imagen 3)



imagen 3. Producto alimenticio que contiene Amarillo crepúsculo y tartrazina.

Un método que nos permite cuantificar la concentración de estos colorantes es la espectrofotometría UV/Vis, la cual permite trabajar en la región del espectro electromagnético adecuada para la cuantificación.

La Ley de Lambert – Beer, de acuerdo con la relación matemática entre absorbancia y concentración permite cuantificar concentraciones de especies en cierta muestra.

$$A = \epsilon b c$$

Ecuación 1

El principio de aditividad establece que la absorbancia total de varias especies en una mezcla, corresponde a la suma de las absorbancias individuales, siempre y cuando no existan interacciones entre las moléculas y si los coeficientes de absorptividad molar coinciden con los resultados determinados de manera individual. Como se describió anteriormente para una mezcla con dos componentes tendremos:

$$A'_{(x+y)} = A'_x + A'_y = \epsilon'_x b \cdot c_x + \epsilon'_y b \cdot c_y$$

$$A''_{(x+y)} = A''_x + A''_y = \epsilon''_x b \cdot c_x + \epsilon''_y b \cdot c_y$$

Ecuación 2

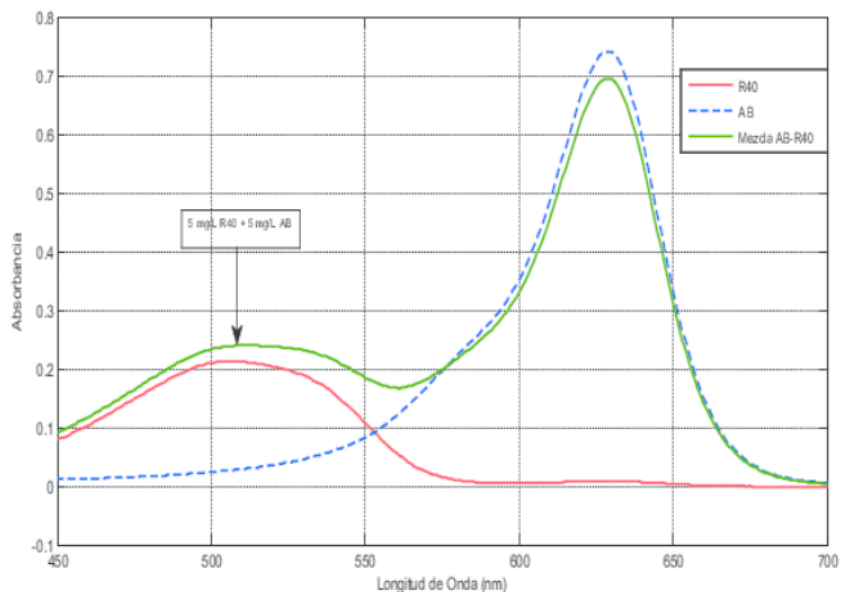


imagen 4. Espectro de absorción de mezcla de dos componentes con distintos máximos de absorción.

Los colorantes de interés poseen las siguientes longitudes de onda de absorción máxima:

| Colorante | λ_{max} FDA (nm) | λ_{max} UE (nm) | λ_{max} Japón (nm) |
|----------------|--------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Tartrazina | 428 | 426 | 426-430 |
| Amarillo Ocaso | 484 | 485 | 480-484 |

La espectroscopía de absorción, sobre todo, en la región del UV/Visible del espectro, es ampliamente utilizada en áreas de la química, biología, ciencias forenses, ingeniería, industria farmacéutica, química clínica, agricultura, entre otras, su versatilidad y facilidad, respecto a la identificación e interpretación de la técnica, permite sus variadas aplicaciones.

2. DESARROLLO EXPERIMENTAL

| Materiales | Reactivos |
|---------------------------|---------------------------------------|
| Balanza analítica | Tartrazina ACS* |
| Espátula | Azul brillante ACS* |
| Matraz de aforo 10mL (15) | Agua destilada de alta pureza |
| Piseta | Muestra producto comercial (Powerade) |
| Micropipeta | |
| Puntas micropipeta | |
| Jeringa 5 o 10 mL | |
| Filtros membrana 0,45 um | |
| Cubeta cuarzo | |
| Espectrofotómetro UV/Vis | |
| Vaso pp 100 mL | |
| Software Excel o similar | |
| Calculadora científica | |

*El costo de los estándares de colorantes poseen un alto valor económico, si no se tiene acceso a esto, en la preparación de la curva aparecen concentraciones aproximadas y absorbancias a dicha concentración en base a metodología probada. (Cortés Cisternas, 2019)

IMPORTANTE

- 1. El instrumento debe prenderse por lo menos 15 minutos antes de usarlo.**
- 2. Ajuste el selector de longitud de onda a la longitud de onda que requiera el procedimiento.**
- 3. Prepare y tenga a la mano un vaso de precipitado rotulado como “desperdicios”, un vaso de precipitado pequeño adicional, botella de lavado con agua destilada y papel absorbente suave.**

CURVA DE CALIBRACIÓN

Se requieren preparar dos curvas de calibración, una correspondiente para tartrazina y otra para amarillo crepúsculo.

1.- Tartrazina

Sabiendo que la tartrazina posee una masa molar igual a $534,37 \text{ g mol}^{-1}$, **determine que masa** debe masar en la balanza analítica para llegar a una concentración aproximada de $5,24 \times 10^{-4} \text{ M}$ contenida en 10 mL

Una vez obtenida la solución Patrón de $5,24 \times 10^{-4} \text{ M}$ realizar las siguientes diluciones para obtener los 5 puntos de la curva.

| Disolución | Alícuota (uL) | Volumen disolución (mL) | Concentración (mol L^{-1}) |
|------------|---------------|-------------------------|---------------------------------------|
| 1 | 2000 o 2mL | 10 | $1,05 \times 10^{-4}$ |
| 2 | 1000 o 1 mL | 10 | $5,24 \times 10^{-5}$ |
| 3 | 500 | 10 | $2,62 \times 10^{-5}$ |
| 4 | 250 | 10 | $1,31 \times 10^{-5}$ |
| 5 | 125 | 10 | $6,55 \times 10^{-6}$ |

De acuerdo con datos teóricos, tartrazina tiene su longitud de onda máxima entre los **426** y los **430 nm**. De esta manera se miden las absorbancias de la curva de calibración a **427 nm**. Los valores aproximados de absorbancia que debería obtener corresponden a:

| Absorbancia (427λ) | Concentración (mol L^{-1}) | Disolución |
|-------------------------------|---------------------------------------|------------|
| 1,794 | $1,05 \times 10^{-4}$ | 1 |
| 0,886 | $5,24 \times 10^{-5}$ | 2 |
| 0,439 | $2,62 \times 10^{-5}$ | 3 |
| 0,217 | $1,31 \times 10^{-5}$ | 4 |
| 0,108 | $6,55 \times 10^{-6}$ | 5 |

Para comenzar con la medición es necesario lavar con agua destilada la cubeta de vidrio o cuarzo.

Importante: se debe tomar la cubeta con precaución y por el sector esmerilado de la cubeta y limpiar con papel suave absorbente por los costados no esmerilados antes de introducir en equipo y realizar medición.



imagen 5. Cubeta cuarzo, parte esmerilada señalada con la flecha.

Nota: Como el producto comercial de color naranja posee ambos colorantes, las curvas de calibración de tartrazina y amarillo crepúsculo se deben medir a las longitudes de onda máximas de cada colorante, es decir a 427nm y 482nm

| Absorbancia (482 λ) | Concentración (mol L ⁻¹) | Disolución |
|------------------------------|--------------------------------------|------------|
| 0,525 | $1,05 \times 10^{-4}$ | 1 |
| 0,260 | $5,24 \times 10^{-5}$ | 2 |
| 0,129 | $2,62 \times 10^{-5}$ | 3 |
| 0,064 | $1,31 \times 10^{-5}$ | 4 |
| 0,031 | $6,55 \times 10^{-6}$ | 5 |

2.- Amarillo Crepúsculo

Sabiendo que el amarillo crepúsculo posee una masa molar igual a $452,38 \text{ g mol}^{-1}$, **determine que masa** debe masar en la balanza analítica para llegar a una concentración aproximada de $1,30 \times 10^{-3} \text{ M}$ contenida en 10 mL

Una vez obtenida la solución Patrón de $1,30 \times 10^{-3} \text{ M}$ realizar las siguientes diluciones para obtener los 5 puntos de la curva.

| Disolución | Alícuota (uL) | Volumen disolución (mL) | Concentración (mol L^{-1}) |
|------------|---------------|-------------------------|---------------------------------------|
| 1 | 1000 o 1mL | 10 | $1,30 \times 10^{-4}$ |
| 2 | 200 | 10 | $2,61 \times 10^{-5}$ |
| 3 | 100 | 10 | $1,30 \times 10^{-5}$ |
| 4 | 20 | 10 | $2,61 \times 10^{-6}$ |
| 5 | 10 | 10 | $1,30 \times 10^{-6}$ |

De acuerdo con datos teóricos, amarillo crepúsculo tiene su longitud de onda máxima entre los **480** y los **485** nm. De esta manera se miden las absorbancias de la curva de calibración a **482 nm**. Recordar medir curva de calibración a longitud de onda máxima de **427 nm** (longitud de onda máxima para tartrazina). Los valores aproximados de absorbancia que debería obtener corresponden a:

| Absorbancia (482λ) | Concentración (mol L^{-1}) | Disolución |
|-------------------------------|---------------------------------------|------------|
| 2,732 | $1,30 \times 10^{-4}$ | 1 |
| 0,506 | $2,61 \times 10^{-5}$ | 2 |
| 0,216 | $1,30 \times 10^{-5}$ | 3 |
| 0,043 | $2,61 \times 10^{-6}$ | 4 |
| 0,021 | $1,30 \times 10^{-6}$ | 5 |

| Absorbancia (427λ) | Concentración (mol L^{-1}) | Disolución |
|-------------------------------|---------------------------------------|------------|
|-------------------------------|---------------------------------------|------------|

| | | |
|-------|-----------------------|---|
| 1,200 | $1,30 \times 10^{-4}$ | 1 |
| 0,223 | $2,61 \times 10^{-5}$ | 2 |
| 0,094 | $1,30 \times 10^{-5}$ | 3 |
| 0,020 | $2,61 \times 10^{-6}$ | 4 |
| 0,010 | $1,30 \times 10^{-6}$ | 5 |

Para comenzar con la medición es necesario lavar con agua destilada la cubeta de vidrio o cuarzo.

3.- Obtención de datos y gráfica curvas de calibración.

Importante: La lectura de la curva de calibración se debe realizar desde la disolución menos concentrada a la más concentrada.

En caso de **no poseer** los estándares de alta pureza de tartrazina y amarillo crepúsculo trabaje con los datos mostrados en la sección anterior respecto a concentraciones de la curva y sus respectivas absorbancias y elabore la gráfica Absorbancia vs concentración de la curva de calibración utilice ayuda de programa Excel, verifique linealidad de la curva, presente ecuación de la recta y evalúe R^2 . Incluya todos los datos y gráficas en su informe de laboratorio.

En caso de poseer los estándares de alta pureza de tartrazina y amarillo crepúsculo, prepare disoluciones de la curva y registre las absorbancias en las siguientes tablas:

Tartrazina 472 nm

| Absorbancia (427 λ) | Concentración (mol L ⁻¹) | Disolución |
|------------------------------|---|------------|
| | | 1 |
| | | 2 |
| | | 3 |
| | | 4 |
| | | 5 |

Tartrazina 482 nm

| Absorbancia (482 λ) | Concentración (mol L ⁻¹) | Disolución |
|------------------------------|--------------------------------------|------------|
| | | 1 |
| | | 2 |
| | | 3 |
| | | 4 |
| | | 5 |

Amarillo crepúsculo 427 nm

| Absorbancia (427 λ) | Concentración (mol L ⁻¹) | Disolución |
|------------------------------|--------------------------------------|------------|
| | | 1 |
| | | 2 |
| | | 3 |
| | | 4 |
| | | 5 |

Amarillo crepúsculo 482 nm

| Absorbancia (482 λ) | Concentración (mol L ⁻¹) | Disolución |
|------------------------------|--------------------------------------|------------|
| | | 1 |
| | | 2 |
| | | 3 |
| | | 4 |
| | | 5 |

Elabore la gráfica Absorbancia vs concentración de la curva de calibración utilice ayuda de programa Excel, verifique linealidad de la curva, presente ecuación de la recta y evalúe R^2 . Incluya todos los datos y gráficas en su informe de laboratorio

4.- Preparación muestra y lectura.

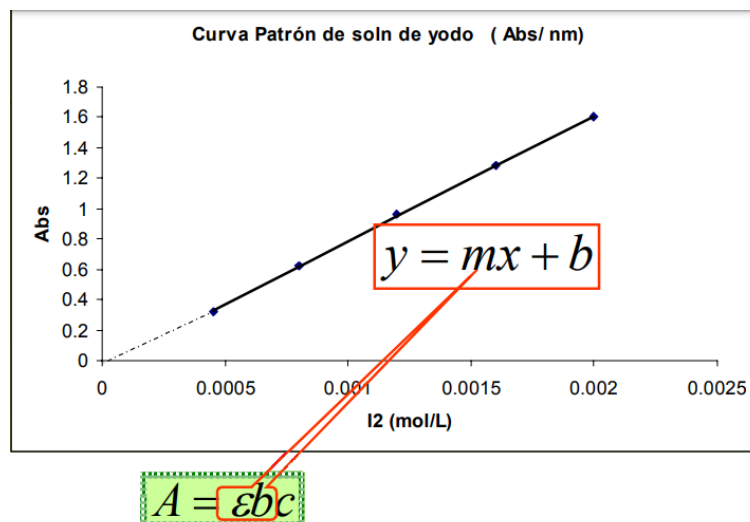
Como se trata de una muestra comercial líquida no hay mayores complicaciones en la preparación, siga los siguientes pasos:

- a) Vierta entre 10 – 50 mL de la muestra en un vaso de precipitados limpio.
- b) Con una micropipeta tome los siguientes volúmenes de muestra 1000 uL - 200 uL - 100 uL y deposite cada volumen en un matraz de aforo de 10 mL.
- c) Rotule cada matraz con la dilución correspondiente.
- d) Afore con agua destilada
- e) A medida que vaya a realizar la medición de las muestras, filtre cada una de las muestras utilizando la jeringa y el filtro de membrana de 0,45um antes de llevar a la cubeta y limpie los costados de la cubeta con papel absorbente.
- f) Registre los valores de absorbancia en la siguiente tabla:

| Muestra | Volumen dilución (uL) | Volumen disolución (mL) | Absorbancia |
|---------|-----------------------|-------------------------|-------------|
| 1 | 1000 | 10 | |
| 2 | 200 | 10 | |
| 3 | 100 | 10 | |

5.- Cálculo concentración tartrazina y amarillo crepúsculo en muestra.

Una vez obtenida las curvas de calibración tenga presente lo siguiente, el valor de la pendiente de cada ecuación de la recta, corresponde al coeficiente de absortividad molar (ϵ) y al longitud de la cubeta (b). Ejemplo:



Conforme con lo anterior y de acuerdo con el principio de aditividad, utilizando la siguiente expresión determine la concentración de los colorantes tartrazina y amarillo crepúsculo en la muestra comercial.

$$Abs_{mezcla} = Abs_1 + Abs_2 \quad \text{Ecuación 3}$$

$$Abs_{mezcla} = \epsilon \ell C_{tartrazina} + \epsilon \ell C_{amarillo\ crepúsculo} \quad \text{Ecuación 4}$$

$$Abs_{427} = (\epsilon_{427} \cdot \ell \cdot C_T) + (\epsilon_{427} \cdot \ell \cdot C_{AC}) \quad \text{Ecuación 5}$$

$$Abs_{482} = (\epsilon_{482} \cdot \ell \cdot C_T) + (\epsilon_{482} \cdot \ell \cdot C_{AC}) \quad \text{Ecuación 6}$$

Una vez obtenidas las concentraciones de las disoluciones de los colorantes, **determine la masa que contiene cada disolución** y finalmente **determine la masa de cada colorante que tiene el producto comercial**. Considere un volumen de 500 mL.

IMPORTANTE: En caso de no poder realizar mediciones en espectrofotómetro UV/Vis por razones de fuerza mayor, realice los cálculos de concentración de los colorantes a partir de los siguientes datos:

- Máximo de absorbancia registrado a 427 nm corresponde a 0,376
- Máximo de absorbancia registrado a 482 nm corresponde a 1,347

Considere que trata solamente de una muestra, una vez obtenidas las concentraciones de la muestra **determine la masa que contiene** y finalmente **determine la masa de cada colorante que tiene el producto comercial**. Considere un volumen de 500 mL.

ANÁLISIS

1. El producto comercial ¿qué concentración de tartrazina y amarillo crepúsculo presenta?
2. ¿Cuál de los dos colorantes se presenta en mayor proporción?
3. El consumo de este producto comercial, ¿genera un riesgo en la salud de las personas?
4. Sabiendo el alto costo de los estándares de tartrazina y amarillo crepúsculo ¿Considera usted que la elaboración industrial de este producto utiliza estándares de colorantes de alta pureza?
5. Nombre al menos 2 colorantes que se presenten en productos comerciales de consumo cotidiano y reporte los IDA para cada uno.
6. Explique con sus palabras la importancia de la Ley de Lambert – Beer dentro de la cuantificación de los colorantes trabajados.
7. Explique con sus palabras la implementación del Principio de aditividad dentro de la cuantificación de los colorantes trabajados.

REFERENCIAS

- Barrows, J. N., & by Harriet Wallin, R. (2016). Tartrazine, 82nd JECFA—Chemical and Technical Assessment (CTA), 2016. *JECFA-Chemical and Technical Assessment*, 2016. <http://www.fao.org/3/a-br567e.pdf>
- Bascur Reyes, P., & Sepulveda Acuña, M. (2016). *Aplicación del modelo de enseñanza de las ciencias basada en la indagación (ECBI), su influencia en el aprendizaje significativo, rendimiento académico y la motivación de los alumnos, en la unidad fotosíntesis*. Universidad de Concepción.
- Bend, J. R., Hattan, D. G., Kawamura, Y., Knaap, A. G. A. C., Kuznesof, P. M., Larsen, J. C., Meyland, I., Rao, M. V., Schlatter, J., De Figueiredo Toledo, M. C., Vavasour, E., Verger, P., Walker, R., Abbott, P. J., Archer, M. C., Azanza, M. P. V., Benford, D., Cantrill, R., De Lourdes Costarrica, M., ... Williams, G. (2005). WHO Technical Report Series: Evaluation of certain food additives. In *World Health Organization - Technical Report Series* (Issue 928).
- Centro de Educación y Tecnología, E. (2013). *Matriz de Habilidades TIC para el Aprendizaje*.
- Coba Carrera, R. L., Apolo Criollo, L. G., Segura Mestanza, J. H., & Brito Moina, H. L. (2019). Obtención del colorante natural del Camote (*Ipomoea batatas*). *Ciencia Digital*, 3(3.2), 38–47. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.2.714>
- Confederación De Consumidores Y Usuarios. (2010). Aditivos Alimentarios : Los números E de las etiquetas. *Departamento de Alimentación e Higiene Alimentaria*, 1–9.

- Cortés Cisternas, E. A. (2019). *DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE COLORANTES ROJO ALLURA, AMARILLO OCASO, TARTRAZINA Y AZUL BRILLANTE EN BEBIDAS ISOTÓNICAS PARA DEPORTISTAS DE LA MARCA POWERADE*. Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación.
- Das, A., & Mukherjee, A. (2004). Genotoxicity Testing of the Food Colours Amaranth and Tartrazine. *International Journal of Human Genetics*, 04(04), 277–280. <https://doi.org/10.31901/24566330.2004/04.04.09>
- De Gracia, J., Carne, X., Morell, F., & Laporte, J. R. (1986). Asma por ácido acetilsalicílico, otros antiinflamatorios no esteroides y tartrazina. *Archivos de Bronconeumología*, 22(3), 140–144. [https://doi.org/10.1016/s0300-2896\(15\)32058-5](https://doi.org/10.1016/s0300-2896(15)32058-5)
- Devés, R. (2007). *Principios y Estrategias del Programa de Educación en Ciencias basada en la Indagación (ECBI)*. 41, 115–131.
- Fester, G. (1940). Los colorantes del antiguo Perú. In *Archeiox vol xxii* (Volumen XX, pp. 229–241). Instituto de Historia y Filosofía de la Ciencia de la Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1999). *Qué es el Codex Alimentarius*. Codex Alimentarius. <http://www.fao.org/3/y7867s/y7867s00.htm#Contents>
- García, P., Domingo, I., & Roldán, C. (2006). Nuevos datos sobre el uso de materia colorante durante el Neolítico antiguo en las comarcas centrales Valencianas. In *Saguntum* (pp. 49–60).
- Garrido, C., Clavijo, E., Copaja, S., Gómez-heria, J., & Campos-vallette, M. (2019). Vibrational and Electronic Spectroscopic Detection and Quantification of Carminic acid in Candies. *Food Chemistry*, January. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.123>
- Gomes, K. M. S., de Oliveira, M. V. G. A., Carvalho, F. R. de S., Menezes, C. C., & Peron, A. P. (2013). Citotoxicity of food dyes sunset yellow (E-110), bordeaux red (E-123), and Tartrazine yellow (E-102) on *Allium cepa* L. root meristematic cells. *Food Science and Technology*, 33(1), 218–223. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612013005000012>
- Harris, D. C. (1996). *Análisis Químico Cuantitativo*. 72–74.
- López de Alba, P. L., López, L., & De León, L. M. (2002). Simultaneous determination of synthetic dyes tartrazine, allura red and sunset yellow by differential pulse polarography and partial least squares. A multivariate calibration method. *Electroanalysis*, 14(3), 197–205. [https://doi.org/10.1002/1521-4109\(200202\)14:3<197::AID-ELAN197>3.0.CO;2-N](https://doi.org/10.1002/1521-4109(200202)14:3<197::AID-ELAN197>3.0.CO;2-N)
- McCann, D., Barrett, A., Cooper, A., Crumpler, D., Dalen, L., Grimshaw, K., Kitchin, E., Lok, K., Porteous, L., Prince, E., Sonuga-Barke, E., Warner, J. O., & Stevenson, J. (2007). Food additives and hyperactive behaviour in 3-year-old and 8/9-year-old children in the community: a randomised, double-blinded, placebo-

- controlled trial. *Lancet*, 370(9598), 1560–1567. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)61306-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)61306-3)
- Millán, F. (2016). *MÉTODOS ESPECTROSCÓPICOS UV VISIBLE PARA ANÁLISIS MOLECULAR Y ELEMENTAL* (Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño (ed.); Issue August). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.16927.15528>
- Millán, F., & Merida, I. U. P. S. . A. (2012). Conceptos y procedimientos del análisis químico contemporáneo III Evaluación de la espectrofotometría molecular UV - Vis. *CITEIN Revista de Ciencia, Tecnología e Innovación*, 5(September), 111–136. https://www.researchgate.net/publication/308597694_CONCEPTOS_Y_PROCEDIMIENTOS_DEL_ANALISIS_QUIMICO_CONTEMPORANEO_III_Evaluacion_de_la_espectrofotometria_molecular_UV_-Vis
- Ministerio de Educación, G. de C. (2015). *Programa de Estudio Química Industrial*.
- Ministerio de Educación, G. de C. (2020). *Priorización Curricular Covid-19 Formación Diferenciada Técnico-Profesional 3° y 4° medio*.
- MINSAL. (2016). *Reglamento Sanitario de los Alimentos. DTO.N°977/96 (actualizado a octubre 2016)*. http://web.minsal.cl/wp-content/uploads/2017/04/DECRETO_977_96_actualizado_a-octubre-2016.pdf
- Moral Turiel, M. C. (1995). *Estudio de los colorantes alimentarios para su aplicación en las bellas artes* [Universidad Complutense de Madrid]. <https://eprints.ucm.es/1724/1/T20054.pdf>
- Ortega, V. P. (2004). *Estudio comparativo en el uso de colorantes naturales y sintéticos en alimentos, desde el punto de vista funcional y tecnológico*. Universidad Austral de Chile.
- Owen, T. (2000). Fundamentos de la Espectroscopía UV-Visible moderna. In *Agilent Technologies* (Vol. 1, p. 150). Agilent Technologies. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Piñeiros, P., & Delgado, D. (2015). Aditivos Alimentarios definición Por qué se utilizan ? *Fundación Vaca Para La Seguridad Alimentaria*, 1(1), 1–10.
- Restrepo, M., Acosta, E., Ocampo, J., & Morales, C. (2006). Sustitución de tartrazina por betacaroteno en la elaboración de bebidas no alcohólicas. *Revista Lallasista de Investigación*, 3(2), 7–12. <http://www.redalyc.org/pdf/695/69530202.pdf>
- Rubinson, K. a., & Runbinson, J. F. (2001). *Análisis Instrumental* (I. Capella (ed.)). Prentice Hall.
- Sanchez, R. (2013). La Química del color en los alimentos. *Química Viva*, Vol. 12, Núm 3, 234–246.
- Sha, O., Zhu, X., Feng, Y., & Ma, W. (2014). Determination of Sunset Yellow and Tartrazine in Food Samples by Combining Ionic Liquid-Based Aqueous Two-Phase System with High Performance Liquid Chromatography. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, 2014(II). <https://doi.org/10.1155/2014/964273>

Sigma - Aldrich. (2020). : *Sunset* (Issue 1907).
<https://www.sigmaaldrich.com/catalog/search?term=sunset+yellow&interface=All&N=0&mode=matchpartialmax&lang=es®ion=CL&focus=product>

Skoog, D., West, D., Holler, J., & Crouch, S. (2014). *Fundamentos de Química Analítica* (A. Vega O (ed.); Novena Edición). Cengage Learning Latinoamérica.

Wade, L. C. (2004). *Química Orgánica, Quinta Edición* (I. Capella (ed.); quinta edición). Pearson Prentice Hall.

World Health Organization, & Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2019). *Codex Alimentarius. International Food Standards*.

Yadav, A., Kumar, A., Tripathi, A., & Das, M. (2013). Sunset yellow FCF, a permitted food dye, alters functional responses of splenocytes at non-cytotoxic dose. *Toxicology Letters*, 217(3), 197–204.
<https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2012.12.016>

Zacarías, I., & Vera, G. (2005). Selección de Alimentos, Uso del Etiquetado Nutricional para una Alimentación Saludable Manual de consulta para profesionales de la salud. In T. Pizarro, L. Rodríguez, J. Cornejo, & L. Kipreos (Eds.), *Biológicas, Ciencias Nutrición, Mención*.

Zapana, A. B. H. (2018). Extracción de colorante a partir de las hojas de la espinaca (*Spinacia oleracea*) [Universidad Nacional del Altiplano]. In *Universidad Nacional del Altiplano*.
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/9408/Rosa_Enriquez_Yuca.pdf?sequence=1&isAlloved=y

Adjunto VIII, Rubrica evaluación final, informe de laboratorio.

Rúbrica Sesión final: Informe de Laboratorio

| Aspectos del informe | Insatisfactorio 1 punto. | Aceptable 2 puntos. | Competente 3 puntos. | Destacado 4 puntos. | Puntaje |
|----------------------|---|---|---|--|---------|
| Organización | Presenta solamente 1 o 2 ejes del informe, existe desorganización en la estructura del informe. | Presenta entre 3 y 4 ejes del informe de laboratorio, existe desorganización en la estructura | Presenta entre 5 y 7 ejes del informe de laboratorio, existe desorganización en la estructura | Presenta todos los aspectos del informe de laboratorio, de manera clara y ordenada | |
| Resumen | Presenta menos de 50 palabras, no hace | Presenta menos de 100 o más 200 palabras no | Presenta menos de 100 o más 200 palabras | Presenta entre 100 y 200 palabras expresando | |

| | | | | | |
|---------------------------------|---|--|---|---|--|
| | referencias al trabajo realizado | presenta incoherencias y poca claridad | expresando adecuadamente de que trata el informe respectivo | adecuadamente de que trata el informe respectivo | |
| Marco Teórico | Representa de manera incorrecta los conceptos científicos esenciales del laboratorio y no hace referencias bibliográficas | Presenta un conocimiento limitado de los conceptos científicos vistos en el laboratorio, hace referencias bibliográficas | Presenta un entendimiento preciso en la mayoría de los conceptos vistos en laboratorio y teóricos, hace referencias bibliográficas | Presenta un entendimiento correcto de todos los conceptos vistos en laboratorio y teóricos, hace referencias bibliográficas. | |
| Objetivos | Presenta un objetivo central que no tiene mayor relación con la experiencia de laboratorio | Presenta un objetivo central y no presenta objetivos específicos | Presenta un objetivo central y solo un objetivo específico que se relaciona con la experiencia de laboratorio | Presenta objetivo central y objetivos específicos de la experiencia | |
| Materiales, equipos y Reactivos | No presenta materiales, equipos y reactivos utilizados durante la experiencia de laboratorio | Presenta parte de los materiales, equipos y reactivos utilizados en la experiencia, no hay orden ni prolijidad en la presentación | Presenta la mayoría de los materiales, equipos y reactivos utilizados en la experiencia de laboratorio, pero la expone de manera desordenada | Presenta todos los materiales, equipos y reactivos de manera ordenada y prolija | |
| Procedimiento Experimental | Nombra solo algunos pasos, se salta etapas del procedimiento, no existe un orden a seguir y no se apoya de imágenes de la experiencia | Nombra solo algunos pasos, se salta etapas del procedimiento, no existe un orden a seguir, sin embargo, se apoya de imágenes de la experiencia | Nombra gran parte de los pasos realizados durante la experiencia de laboratorio, sin embargo, presenta un desorden en la estructura, se apoya de imágenes | Nombra todos los pasos realizados durante la experiencia de manera clara y sencilla de seguir, se apoya de imágenes. | |
| Resultados y discusión | Presenta cálculos matemáticos de la experiencia, pero no muestra espectros de absorción, no presenta | Se muestra parte de los cálculos matemáticos y espectros de absorción realizados de la experiencia y no presenta discusiones | Se muestra gran parte de los cálculos matemáticos y espectros de absorción realizados en experiencia y presenta discusiones críticas en base a los | Se muestran todos los cálculos matemáticos y espectros de absorción realizados en experiencia y presenta discusiones críticas en base a los | |

| | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|
| | discusiones coherentes, tampoco orden. | coherentes en base a los resultados obtenidos. No presenta un orden que permita comprender los cálculos matemáticos. | resultados obtenidos. No presenta un orden que permita comprender los cálculos matemáticos. | resultados obtenidos. Presenta un orden que permite comprender cada cálculo matemático. | |
| Conclusión | No presenta conclusiones coherentes con la temática abordada | Presenta 1 o 2 conclusiones que coinciden con el cumplimiento de objetivos de la experiencia, no presenta conclusiones de elaboración personal. | Presenta varias conclusiones que coinciden con el cumplimiento de objetivos de la experiencia, no presenta conclusiones de elaboración personal. | Presenta varias conclusiones que coinciden con el cumplimiento de objetivos de la experiencia y otras de elaboración personal que tratan de la temática tratada de manera coherente | |
| Referencias | Carece de citas y/o referencias o No están integradas de forma adecuada en el texto. Las referencias NO se documentan con precisión en el formato solicitado (APA) o carecen de credibilidad | Se emplean citas o referencias, sin embargo, son NO integradas de forma adecuada en el texto. Las referencias NO se documentan con precisión en el formato solicitado o carecen de credibilidad. | Las citas o referencias son integradas de forma adecuada en el texto. Sin embargo, algunas referencias NO se documentan con precisión en el formato solicitado. Algunas fuentes carecen de credibilidad. | Las citas o referencias son integradas de forma adecuada en el texto. Todas las referencias se documentan con precisión en el formato solicitado (APA), tanto en el texto como en el listado de referencias. | |
| Ortografía, puntuación, redacción y gramática | Abundan los errores ortográficos y gramaticales. La sintaxis es pobre y poco clara | Hay faltas de ortografía, la redacción y el vocabulario son pobres | No hay faltas de ortografía. La redacción y la elección de vocabulario son mejorables, ya que no introducen ninguna idea propia | No hay faltas de ortografía. La redacción, la sintaxis y el vocabulario escogido son excelentes y originales | |