



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**Diseño, implementación y estructuración de un manual de prácticas para la
asignatura de Química General para la Licenciatura en Ciencia Forense**

(Tesis)

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

QUÍMICA

PRESENTA

NANCY ORTIZ MENDOZA



MÉXICO, D.F.

AÑO 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: **Profesor: Carlos Mauricio Castro Acuña**

VOCAL: **Profesor: Karla Mercedes Díaz Gutiérrez**

SECRETARIO: **Profesor: Ana María Sosa Reyes**

1er. SUPLENTE: **Profesor: Sonia Contreras García**

2° SUPLENTE: **Profesor: Silvia Mónica Manero Brito**

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

LICENCIATURA EN CIENCIA FORENSE, FACULTAD DE MEDICINA UNAM

ASESOR DEL TEMA:

Doctora Ana María Sosa Reyes

SUSTENTANTE:

Nancy Ortiz Mendoza

INDICE	PÁG.
1. JUSTIFICACIÓN.....	4
2. OBJETIVO.....	5
3. RESUMEN.....	6
4. INTRODUCCIÓN.....	8
5. METODOLOGÍA.....	22
6. RESULTADOS (MANUAL DE PRÁCTICAS EN SU VERSIÓN FINAL).....	78
6.1 BIENVENIDO AL LABORATORIO.....	80
6.2 DENSIDAD.....	98
6.3 CRISTALIZACIÓN.....	111
6.4 CROMATOGRAFÍA.....	124
6.5 MARCHA ANALÍTICA DE CATIONES.....	136
6.6 PRUEBAS PRESUNTIVAS.....	148
6.7 ELABORACIÓN, RESOLUCIÓN Y PRESENTACIÓN DE CASO...	156
7. EVIDENCIA DE RESULTADOS	169
8. CONCLUSIONES.....	180
9. PERSPECTIVA.....	182
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	183
11. ANEXOS	186

1. JUSTIFICACIÓN

La Facultad de Medicina de la UNAM puso en marcha la Licenciatura en Ciencia Forense (LCF) desde agosto de 2013. En el proyecto participan 6 facultades, entre ellas la de Química. El plan de estudios de esta licenciatura, que está basada en competencias, incluye en el área de química las asignaturas teórico-prácticas de Química General, Química Orgánica, Bioquímica, Química Forense, Química Forense Avanzada, Toxicología Forense y Toxicología Forense Avanzada.

Debido a que se trata de una licenciatura de reciente formación y de un área novedosa, el material de apoyo para las clases de química es escaso, particularmente en lo que corresponde al trabajo práctico. Es así que, mientras que en las instituciones que ofrecen este tipo de estudios a nivel técnico, prevalecen los materiales con un fundamento científico pobre; en las instituciones de nivel profesional se utilizan textos propios de materias avanzadas de las licenciaturas de química, como química analítica o toxicología. Los objetivos de aprendizaje, así como los antecedentes necesarios de estos materiales no coinciden con las competencias que indica el programa de estudio de Química General de esta licenciatura.

Por lo anterior resulta indispensable el diseño y la implementación de material didáctico que sea adecuado para la enseñanza de la Química General en la LCF.

2. OBJETIVOS

General:

- ☒ Contribuir en la formación de los estudiantes y los profesores de la licenciatura en Ciencia Forense de la UNAM elaborando material didáctico adecuado a los objetivos de aprendizaje y a las competencias por desarrollar que indica el programa de estudios de la asignatura de química general.

Particulares:

- ☒ Diseñar una serie de actividades prácticas para el laboratorio, contextualizadas en el tema de la Ciencia Forense para la asignatura de Química General del plan de estudios de la LCF de la UNAM.
- ☒ Implementar en el aula las actividades y las herramientas de evaluación diseñadas para una eventual adecuación final.
- ☒ Presentar el material generado a la comunidad académica interesada.

3. RESUMEN

El propósito de este trabajo es realizar un manual de prácticas adecuado a los objetivos de aprendizaje y a las competencias a desarrollar que indica el programa de estudios de la asignatura de Química General para la LCF.

El 25 de enero de 2013 el Consejo Universitario de la UNAM aprobó el plan de estudios de la LCF. El proyecto se generó en la Facultad de Medicina como respuesta a la necesidad nacional de contar con científicos formados en las diversas disciplinas que involucra la investigación de los hechos que son objeto de análisis policial, ministerial o judicial. En otras palabras, el sistema de procuración e impartición de justicia requiere de científicos capaces de lograr el más alto grado de certidumbre en las pruebas científicas.

En el plan de estudios convergen disciplinas científicas en áreas de la química, física, biología, medicina, entre otras; y sociales como ética, derecho y sociología. Con ello se busca formar profesionales calificados que reúnan las características científicas y los conocimientos jurídicos para la investigación de un hecho delictuoso.

Las asignaturas de Química tienen un papel relevante a todo lo largo de la carrera. En la formación básica se cursan las materias de Química General, Química Orgánica, Bioquímica, Química Forense y Toxicología Forense. Por su parte en la formación intermedia, los conocimientos de la etapa básica se aplican en diferentes disciplinas como criminalística, dactiloscopia, hematología y serología forense, entre otras. En la etapa avanzada el estudiante intensifica su formación al cursar asignaturas con un componente predominante de prácticas profesionales, entre estas materias están Toxicología Forense y Química Forense avanzadas.

Derivado de que se trata de una Licenciatura de reciente formación y de un área novedosa, el material didáctico para la enseñanza de la química que se ajuste al programa de la licenciatura es escaso, particularmente a lo que corresponde al

trabajo práctico. El poco material existente no coincide con las competencias que indica el programa de estudios de Química General de esta Licenciatura.

Atendiendo esta necesidad, la elaboración de un manual de prácticas adecuado para la asignatura de Química General, se realizó bajo el marco de un proyecto de investigación-acción, el cual consiste en una espiral de ciclos de investigación acción constituidos por las siguientes fases: planificar, actuar, observar y reflexionar. Acorde con el plan de estudios de la Licenciatura, dicho material se diseñó con un enfoque que está basado en competencias, lo cual requiere colocar al alumno ante diversas situaciones de estudio y trabajo similar a las que puede encontrar en la práctica de su profesión.

El grupo de profesores de Química General de la Licenciatura en Ciencia Forense, entre los que se encuentra la autora de esta tesis, se encargó de diseñar 7 actividades experimentales para el manual, la cuales se implementaron con los alumnos de la segunda generación durante el semestre 2015-1. Posteriormente se encargó de realizar una reflexión de los resultados buscando la reestructuración de dichas actividades para presentar en sí el manual de prácticas en su versión final.

4. INTRODUCCIÓN

La reforma constitucional en materia penal se publicó en el diario oficial de la federación en junio del 2008, con ella el procedimiento penal pasa de un sistema semi inquisitorio a uno acusatorio y oral. Entre las características que distinguen ambos sistemas penales se pueden señalar las siguientes:

En el modelo semi inquisitorio el acusado es detenido para investigarlo, lo que implica considerarlo culpable desde un inicio. Asimismo, se le juzga a través de escritos que van integrándose en un expediente, donde tienen más valor aquellos realizados por el ministerio público que los correspondientes al dictamen de un perito o experto en la materia. El expediente es valorado por personas no profesionales o no calificadas. Los escritos limitan el derecho a la defensa y a la participación de la víctima, además la confesión tiene valor probatorio.

En contraste, el modelo acusatorio se rige por un sistema de audiencias que se realizan en presencia de un juez y en donde ambas posturas se presentan verbalmente, excluyendo con esto las pruebas obtenidas ilícitamente. Además el proceso para la obtención de las pruebas es valorado directamente por el mismo juez. Hay 5 principios que rigen al nuevo modelo acusatorio y oral: publicidad, contradicción, concentración, continuidad e inmediación. Cada uno de estos principios tendrá diferentes implicaciones:

🔍 Principio de publicidad: Garantiza que no se cometan irregularidades durante la tramitación de los indicios¹.

¹ Huellas, vestigios y demás elementos físicos encontrados en el lugar de los hechos, o bien aquellos derivados de una revisión o examen corporal que, por sus características, indiquen que existe la probabilidad de que tengan alguna relación con el hecho señalado por la ley como delito.

- Ⓢ **Contradicción:** Con base en las pruebas periciales², nadie puede ser condenado sin haber sido oído y vencido en juicio.
- Ⓢ **Concentración:** Implica la reunión en el mismo acto procesal de todas las partes, los testigos y los peritos.
- Ⓢ **Continuidad:** La audiencia debe desarrollarse en forma continua.
- Ⓢ **Inmediación:** El juez debe guiar el proceso penal para reducir las posibilidades de que el juicio no se conduzca bajo las reglas y estándares del debido proceso penal. Tomado de *El nuevo sistema de justicia penal acusatorio, desde la perspectiva constitucional*, Consejo de la Judicatura Federal (2011).

Con las características del nuevo sistema de justicia penal se tendrá inmediatez, certeza y valoración en los procedimientos de impartición de justicia, **pues la prueba pericial será sometida a un régimen altamente técnico y científico**. Esto representa un verdadero cambio de paradigma, el cual deberá ser asumido con responsabilidad y compromiso por todos los actores que conforman un Estado Democrático de Derecho.

Ante este escenario nacional, el sistema actual de procuración y administración de justicia requiere de instrumentos, técnicas y métodos científicos y tecnológicos para combatir el delito de manera contundente. Sin embargo, no cuenta con suficientes profesionales calificados que reúnan las características científicas y los conocimientos jurídicos para la investigación de un hecho delictuoso. La carencia de estos profesionales conlleva a que la investigación del lugar de los hechos y del hallazgo sea deficiente. El rigor científico indispensable en esta actividad profesional la debe proporcionar la Ciencia Forense.

² Indicio que es incorporado por el ministerio público a la investigación, por considerarlo idóneo, pertinente y suficiente, para establecer que se ha cometido un hecho que la ley señale como delito ya su exista la probabilidad de que la persona acusada de un delito intervino en su comisión.

La Ciencia Forense se entiende como el conjunto estructurado y sistematizado de conocimientos, de carácter técnico y científico, generados por la investigación y análisis de los indicios de un hecho presuntamente delictuoso, con la finalidad de presentar esos resultados ante la autoridad jurídica correspondiente y coadyuvar en la prevención del delito y, en la procuración y administración de la justicia.

Bajo este marco la UNAM, cumpliendo con el compromiso que significa ser la máxima casa de estudios en México, creó en agosto del 2013 la Licenciatura en Ciencia Forense (LCF) que se encuentra adscrita a la Facultad de Medicina. Debido al carácter interdisciplinar de la carrera, además de Medicina que es la sede, participan seis facultades: Derecho, Psicología, Filosofía y Letras, Arte y diseño, Ciencias y Química, además el instituto de investigaciones antropológicas y tres instancias Jurídicas: Tribunal Superior de Justicia del Distrito Federal, Instituto de Estudios Judiciales del Tribunal Superior de Justicia del Distrito Federal y el Instituto de Ciencias Forenses.

El profesional egresado de esta carrera, tendrá la responsabilidad de integrar, desde el inicio de la investigación, los trabajos del equipo correspondiente para desarrollar y registrar la cadena de custodia por medio de la identificación, ubicación, fijación, levantamiento, embalaje, etiquetado y traslado del material sensible significativo al servicio o laboratorio forense indicado para su estudio y análisis. También habrá de procesar e interpretar los resultados adecuadamente, ya que éstos constituirán el fundamento para la emisión de los dictámenes y peritajes que se requieran y sean solicitados por la autoridad competente. Además en el ámbito privado, el Licenciado en Ciencia Forense tendrá la capacidad de coadyuvar en la defensa de un caso a solicitud de un abogado defensor y desarrollar la investigación correspondiente al hecho delictuoso. Es así que se prevé que el egresado de la licenciatura sea un investigador profesional y científico que coadyuve a la impartición de justicia y al combate de la impunidad en la sociedad mexicana, con una visión integral del trabajo que desarrolla la autoridad judicial en el contexto de la Ciencia Forense.

La presentación de los resultados de la investigación implica, por parte del científico forense, el dominio del lenguaje para la presentación de la materialización de las pruebas, el conocimiento básico de las leyes y el total de las bases científicas que fundamenten el dictamen o peritaje correspondiente.

“El plan de estudios de la Licenciatura en Ciencia Forense busca formar profesionales con conocimientos en disciplinas forenses y desarrollar en ellos las habilidades y destrezas requeridas para el estudio del lugar de los hechos y del material sensible significativo acorde a los estándares técnicos y científicos que garanticen su desempeño en diversas áreas laborales de índole jurídico, administrativo, educativo, asistencial, gubernamental y/o privado”. Tomado del plan de estudios de la licenciatura en Ciencia Forense, UNAM (2013).

Una vez que se han descrito los propósitos de esta licenciatura, corresponde hacer referencia a la estrategia pedagógica mediante la que se espera alcanzar dichos objetivos. Acorde con las últimas tendencias educativas y en correspondencia con un plan multidisciplinario y holístico, el plan de estudios de la LCF se ha planteado con un enfoque que está basado en el desarrollo de competencias.

Las competencias como modelo educativo

De acuerdo con Mario de Miguel Díaz de la universidad de Oviedo, España (2005), las competencias son un potencial de conductas adaptadas a una situación, es la capacidad que tiene un estudiante para afrontar con garantías situaciones problemáticas en un contexto académico o profesional determinado. De Miguel identifica cinco conductas: motivos, rasgos de personalidad, autoconcepto, conocimientos y habilidades. Los motivos son lo que llevan al estudiante a querer estudiar (reconocimiento, amistad, pertenencia a un grupo, etc.), los rasgos de personalidad son características del estudiante, entre ellos presentan diferentes grados de iniciativa, demandas que le plantea el profesor y sus compañeros, el autoconcepto refleja actitudes y valores, hay estudiantes que les gusta el liderazgo y

otros que prefieren pasar desapercibidos, los conocimientos es la información del plan de estudios con que cuenta el estudiante y las habilidades es la destreza con que cuenta para desarrollar una actividad física o mental. Las tres primeras características son la base de la personalidad. Las dos últimas son las superficiales y más fáciles de desarrollar.

El crecimiento de un estudiante en una competencia dada, es un proceso de naturaleza continua debido a las exigencias introducidas por el contexto, que cambia demandando nuevas respuestas.

La forma que adopte la competencia en el estudiante estará, entonces, condicionada por el contexto en el que se desplieguen sus conocimientos, habilidades, valores, etc. Estará condicionada por las propias situaciones de estudios o trabajo a las que se enfrente, con los requisitos y las limitaciones asociadas a un entorno académico o profesional.

“El crecimiento continuo de las características de la competencia establecidas en el perfil de egreso requiere colocar al estudiante ante diversas situaciones de estudio y trabajo similar a las que puede encontrar en la práctica de su profesión” (Mario de Miguel Díaz, 2005).

Para favorecer el desarrollo y el crecimiento del estudiante en las competencias consideradas en el perfil de egreso, deben tomarse las actuaciones profesionales como punto de partida, desarrollando la formación del estudiante como un todo en el que tienen cabida conocimientos, habilidades, actitudes y valores. Este hecho justifica que deba acudirse a diferentes modalidades y métodos de enseñanza.

Así, el aprendizaje de conocimientos y habilidades puede favorecerse desde el desempeño de una actividad docente sistemática apoyada en métodos como la

lección, la resolución de problemas, el estudio de casos, el método de proyectos, el aprendizaje cooperativo, etc.

Según se indica en el plan de estudios, el egresado de la Licenciatura en Ciencia Forense de la Facultad de Medicina de la UNAM contará con las siguientes 9 competencias:

1. Actuación con bases científicas y desarrollo del pensamiento crítico
2. Capacidad de recabar el material sensible significativo
3. Elaboración de protocolos de análisis
4. Procesamiento de los indicios
5. Verificación de la calidad de los peritajes
6. Integración de la información y emisión de dictámenes
7. Trabajo en equipo y ejercicio del liderazgo
8. Ejercicio profesional con sustento jurídico
9. Actuación con profesionalismo y ética

Dichas competencias habrán de desarrollarse en el marco de un plan de estudios preponderantemente interdisciplinario en el que coinciden materias como derecho, fotografía, odontología y química, entre otras, y en el que deben estudiarse casos forenses desde sus aspectos legal, social y científico.

Área de Química en la LCF

En su área de química, el plan de esta licenciatura incluye las asignaturas de Química General (primer semestre), Química Orgánica (Segundo semestre), Bioquímica (Tercer semestre), Química Forense (Tercer semestre), Toxicología Forense (Cuarto semestre), Química Forense Avanzada (Séptimo semestre) y Toxicología Forense Avanzada (Octavo semestre).

“Las asignaturas de Química tienen un papel relevante a todo lo largo de la carrera, en la formación básica, intermedia y avanzada. Durante la etapa de formación básica, que corresponde a los cuatro primeros semestres, los estudiantes adquieren los conocimientos de las disciplinas que conforman el fundamento científico y del derecho de la Ciencia Forense.” Tomado del plan de estudios de la Licenciatura en Ciencia Forense, UNAM (2013).

Por su parte, la etapa de formación intermedia, tiene como propósito que los alumnos reconozcan la aplicación de los conocimientos, la metodología científica y la argumentación en el proceso de investigación y procesamiento de un hecho delictuoso. En esta etapa los conocimientos de química de la etapa básica se aplican en las diferentes disciplinas forenses como criminalística, dactiloscopia, hematología y serología forense, métodos de investigación en los hechos ocasionados por proyectiles de arma de fuego, etc.

En la etapa avanzada que corresponde al cuarto año de la licenciatura, el estudiante intensifica su formación al cursar ocho asignaturas obligatorias con un componente predominante de prácticas profesionales. Entre estas materias están Toxicología y Química forense avanzadas.

Con este plan se pretende que los egresados tengan una formación robusta de bases químicas, sin embargo debido a la carga de las otras disciplinas, las asignaturas de química solo constituyen el 16% del total de créditos y solo dos de las asignaturas son de un semestre completo, mientras que las otras tienen una duración de ocho semanas. Es así que los conocimientos que se adquieren en la materia de Química General, con duración de un semestre, deben proporcionar las bases para las siguientes asignaturas, mucho más aplicadas.

Recursos didácticos

El material didáctico se constituye de los medios y recursos que facilitan la enseñanza y el aprendizaje, dentro de un contexto educativo, estimulando la función de los sentidos para acceder de manera fácil a la adquisición de conceptos, habilidades, actitudes o destrezas. El material didáctico debe contar con los elementos que posibiliten un cierto aprendizaje específico. Todo docente durante el proceso de planeación de una clase debe seleccionar los recursos y materiales didácticos porque constituyen herramientas fundamentales para el desarrollo y enriquecimiento del proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes.

Debido a que La LCF es de reciente formación tiene como problema la escasez de material didáctico que cumpla con las competencias que indica el plan de estudios.

Entre las competencias más importantes a desarrollar en la clase de Química General de la LCF se encuentran las habilidades de pensamiento científico (observación, planteamiento de hipótesis, diseño de experimentos, manejo y análisis de datos, etc.) así como la habilidad de argumentar conclusiones en un lenguaje que sea comprensible en una corte.

Los objetivos de aprendizaje así como los antecedentes necesarios para utilizar los materiales didácticos existentes, no coinciden con las competencias del plan de estudios de la LCF, en específico con las primeras 5 que son las que indica el programa de estudio de Química General de esta licenciatura.

Por lo anterior resulta indispensable el diseño y la implementación de material didáctico para la enseñanza de la Química General que sea adecuado, centrado en la resolución de problemas del ámbito forense y que se ajuste al programa de la asignatura. Es así que surgió el propósito de este trabajo de tesis: **generar un manual que incluya actividades centradas en la resolución de problemas, que promuevan el desarrollo de habilidades de pensamiento científico, que**

apliquen equipos modernos de análisis y en general las TIC como un recurso educativo, que contribuyan al desarrollo de las competencias que indica el programa de la asignatura y contextualizadas en el ámbito forense.

El material que se utiliza actualmente para asignaturas de Química en el área forense, son libros de Química ordinarios, con un breve caso de corte forense al final de cada capítulo, es decir, el material específico para un científico forense con un desarrollo basado en competencias no existe. El desarrollo de dichas competencias requiere de material didáctico ex profeso y debido a que se trata de una licenciatura de reciente formación y única en Latinoamérica, es indispensable que se genere este tipo de material, en particular el que está destinado a las actividades de laboratorio.

El trabajo en el laboratorio

Hasta los años cincuenta, las actividades de laboratorio se limitaban a ilustrar los conceptos científicos y confirmar conclusiones de relevancia histórica. Las diversas reformas curriculares subsecuentes han buscado ofrecer a los alumnos oportunidades genuinas de indagación como parte medular de las materias científicas. A diferencia del enfoque ilustrativo/confirmatorio, el indagatorio concibe al laboratorio como un espacio donde se deben poner a prueba ideas científicas, actuar como un científico y entender la naturaleza de la ciencia.

Sin embargo, implementar las reformas curriculares relativas al trabajo en el laboratorio es un reto difícil de superar: prevalecen las actividades mecanicistas (“recetas de cocina”) que, lejos de fomentar la indagación autónoma, persisten en la comprobación reiterativa de conocimiento científico ya establecido y al desarrollo de habilidades irreflexivas. En este contexto, los estudiantes rara vez disponen de la libertad y el tiempo necesarios para explorar, y hallarle sentido a los fenómenos estudiados.

A pesar de lo anterior, persiste la convicción de que el laboratorio representa un espacio único que ofrece oportunidades insustituibles para desarrollar cierta clase de habilidades manuales, construir conocimiento e inculcar valores y hábitos científicos. Siempre y cuando se realice una selección apropiada de actividades para

desarrollarse en el laboratorio. De acuerdo con Saunders (1992) una actividad de laboratorio adecuada es, aquella que *“invita a los alumnos a trabajar con sus mentes y con sus manos, a pensar en voz alta, desarrollar explicaciones alternativas, interpretar datos, participar en la argumentación constructiva acerca de los fenómenos, desarrollar hipótesis alternativas, diseñar experimentos con los cuales poner a prueba estas hipótesis y elegir hipótesis plausibles de entre las explicaciones en disputa”*.

Sin lugar a dudas las características descritas resultan deseables para cualquier clase de laboratorio, aún más para aquella que pretende contribuir al perfil de egreso del científico forense.

La evaluación en el laboratorio

Así como el laboratorio constituye un espacio único para la enseñanza/aprendizaje de la ciencia, también se ha dicho que hacer una evaluación adecuada en este entorno representa una oportunidad excepcional para evaluar la comprensión y el desempeño de los estudiantes (Lunetta *et al.*, 2007). Al respecto, Lunetta (1998) y Hofstein y Lunetta (2004) han trazado cuatro estrategias alternativas que, de ponerse en práctica, darían validez a la evaluación —oral y escrita— del trabajo de laboratorio: *exámenes prácticos, reportes de laboratorio, portafolios y evaluación continua (y la combinación de todas ellas)*. Dichas estrategias deben enfocarse, además, en cuatro aspectos esenciales de la dinámica por indagación: 1] *la planeación y el diseño*, que comprenden formular preguntas, predecir resultados, proponer hipótesis y diseñar experimentos para ponerlas a prueba; 2] *el desempeño*, que comprende conducir una investigación, manipular materiales y equipos, tomar decisiones y hacer, organizar y registrar observaciones; 3] *el análisis y la interpretación*, que comprenden procesar datos, encontrar y explicar relaciones, profundizar en los hallazgos, discutir la exactitud y limitaciones de los resultados y los procedimientos y formular nuevas preguntas; 4] *la aplicación*, que comprende hacer predicciones acerca de situaciones inéditas, proponer hipótesis a partir de los resultados de investigaciones previas, aplicar técnicas usadas con anterioridad a nuevas situaciones y justificar las conclusiones sacadas. En estas cuatro fases, el

alumno pone de manifiesto su conocimiento tanto procedimental como conceptual, entidades íntimamente relacionadas (Lunetta et al., 2007).

La incorporación de instrumentos que sirvan para realizar una evaluación adecuada en cada actividad del manual, resulta indispensable para alcanzar los objetivos planteados en este proyecto. En este sentido es importante señalar la importancia de que los objetivos en cada caso queden suficientemente claros, tanto para el profesor como para los estudiantes, de otro modo resulta imposible determinar efectivamente en qué grado se han alcanzado. Uno de los principales instrumentos de evaluación que se incorporaron al manual de prácticas son los diagramas ecológicos. Debido a los problemas de contaminación que representa la mala gestión de los residuos generados en los laboratorios de docencia, se decidió elaborar un diagrama ecológico en cada una de las prácticas.

La importancia del tratamiento de residuos

Las buenas prácticas de laboratorio deben reforzar el respeto al medio ambiente seguro y limpio. Se debe reducir y controlar la generación de residuos peligrosos, sean biológicos infecciosos, químicos o radioactivos.

De acuerdo con la legislación ambiental (Ley General para la prevención y gestión integral de los residuos basada en el Artículo 4 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y la ley general del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente) los residuos peligrosos son todas aquellas sustancias en cualquier estado físico que representan un peligro para el equilibrio ecológico o el medio ambiente, por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológico infecciosas o irritantes.

El problema ambiental está presente en los laboratorios de Químicas, la solución a ésto radica en que los involucrados en el trabajo de laboratorio conozcan los métodos adecuados de clasificación y almacenamiento de los residuos para disminuir sus efectos contaminantes. Además en concientizar que la disposición

correcta es responsabilidad de quien los genera. Para determinar la manera correcta de clasificar los residuos se emplean las siguientes normas mexicanas: NOM-052-SEMARNAT-2005 y NOM-053-SEMARNAT-1993, las cuales describen cómo identificar, almacenar, clasificar y tratar los residuos químicos.

La clasificación y separación previa de los diferentes tipos de sustancias generadas de acuerdo con sus propiedades específicas es de suma importancia para su futura eliminación en las clases de laboratorio. En esta labor, la participación de los alumnos es indispensable. Por ello se consideró para las prácticas el diseño y la elaboración de diagramas ecológicos.

Un diagrama ecológico es un complemento didáctico en el cual está incorporada la información referente a la identificación y clasificación de los residuos generados en las diferentes etapas de los experimentos de un laboratorio de enseñanza.

El diseño del diagrama ecológico parte de establecer la secuencia de cada una de las actividades realizadas, indicando las materias primas y productos de cada una de ellas, así como los residuos generados.

Se ha descrito el papel de las asignaturas del área de química de la LCF y la importancia que representa el contar con material didáctico adecuado al programa de estudios de esta licenciatura. Para poder elaborar un manual de prácticas acorde con las características del plan de estudios de Química General se trabajó bajo el marco de un proyecto de investigación-acción.

Investigación-acción como una metodología para generar material didáctico y como formación docente

El diseño, la implementación y la estructuración del manual de prácticas de Química General, producto de este trabajo, se realizó bajo el marco de un proyecto de investigación-acción, estrategia que ha demostrado ser exitosa tanto para mejorar la calidad del aprendizaje como un medio de formación docente.

De acuerdo con Antonio Latorre (2005): La enseñanza y la investigación educativa han coexistido como dos actividades separadas, como ha ocurrido con la teoría y la práctica en las clases. La separación de la investigación educativa y la práctica docente ha sido costosa y ha retrasado la mejora de la calidad de la educación.

Por una parte la investigación educativa se concibe como un proceso racional y metódico, dirigido a lograr un conocimiento objetivo y verdadero sobre la educación. La enseñanza, además de ser un proceso racional es un proceso tecnológico de búsqueda de la eficacia docente y de la efectividad de la escuela para lograr los objetivos educativos definidos institucionalmente.

La enseñanza debe dejar de ser un fenómeno natural para constituirse en un fenómeno social y cultural, debe dejar de ser una técnica, un saber de la teoría, para constituirse en un proceso reflexivo sobre la propia práctica que lleva a una mayor comprensión de las prácticas y contextos institucionales.

Esta propuesta del profesorado investigador aporta nuevos elementos al proceso educativo. Se brinda al profesorado la posibilidad de identificar problemas o dificultades en su práctica docente, indagarlos, reflexionar sobre los mismos y, sobre la base de la reflexión, proponer acciones de intervención, comprensión y posible mejora de las prácticas educativas propias de las instituciones educativas.

Las cuestiones de investigación surgen de la experiencia cotidiana, de las discrepancias entre lo que se pretende y lo que ocurre en clase. La investigación en el aula es, quizás, la estrategia metodológica más adecuada para hacer realidad esta nueva concepción del profesorado investigador y de la enseñanza como actividad investigadora.

La investigación-acción es un espiral de ciclos de investigación y acción constituidos por las siguientes fases: planificar, actuar, observar y reflexionar. En la sección

dedicada a la metodología, se describe este ciclo de forma particular para este trabajo.

En la espiral de la investigación-acción, un grupo de profesores:

- ☒ Desarrolla un plan de acción informado críticamente para mejorar la práctica actual. El plan debe ser flexible, de modo que permita la adaptación a efectos imprevistos.
- ☒ Actúa para implementar el plan, que debe ser deliberado y controlado.
- ☒ Observa la acción para recoger evidencias que permitan evaluarla. La observación debe planificarse, y llevar un diario para registrar los propósitos. El proceso de la acción y sus efectos deben observarse y controlarse individual o colectivamente.
- ☒ Reflexiona sobre la acción registrada durante la observación, ayudada por la discusión entre los miembros del grupo. La reflexión del grupo puede conducir a la reconstrucción del significado de la situación social y proveer la base para una nueva planificación y continuar otro ciclo.

Hasta aquí se ha descrito la estrategia pedagógica mediante la que se trabajó para alcanzar los objetivos descritos en la página 5.

5. METODOLOGÍA

El diseño, la implementación y la evaluación del manual de prácticas, se planteó en el marco de una experiencia de investigación-acción, por tratarse de una metodología efectiva para resolver problemas educativos; pero además, debido a que la actividad investigadora que se efectúa en este tipo de experiencias, ha sido reconocida como un elemento valioso para la formación profesional de los profesores (novatos y expertos).

El equipo de profesores participantes se encargó del diseño de las actividades y de los instrumentos de evaluación. Se encargó, también, de implementarlas en el aula y evaluar su efectividad para hacer las adecuaciones correspondientes. A continuación se describen, primero en una tabla (Ver tabla 1) y después en extenso, cada uno de los cuatro pasos que contempla la estrategia educativa de investigación-acción y que se siguieron en este trabajo: Planificar, actuar, observar y reflexionar.

	Etapa	Meta	Producto
P	Creación de un grupo de trabajo	Conformar el grupo de profesores y definir el plan de trabajo, la asignación de tareas y la calendarización.	Plan de trabajo
	Definición de los temas	Definir el título de las actividades que integrarán el manual.	Índice del manual
	Revisión bibliográfica	Generar un banco de información y material bibliográfico que facilite la contextualización de las actividades.	Banco de información
A	Diseño e implementación de las prácticas	Diseñar y aplicar las actividades que conformarán el manual	Primera versión del manual
O	Observación	Reunión con los profesores para discutir las modificaciones al manual con base en las observaciones de la implementación.	Modificaciones a la primera versión.
R	Estructuración y diseño del manual	Elaborar la versión final del manual	Manual de prácticas de QG para la LCF en formato digital
	Presentación del producto a la comunidad docente interesada	Dar a conocer el manual en diferentes foros	

Tabla 1. Etapas de la metodología de investigación acción aplicada a la elaboración del manual de prácticas de Química General de la LCF. (P: planificación, A: actuación, O: observación, R: reflexión)

Planificación (enero 2014-febrero 2014)

Integración de un grupo de trabajo

El equipo de trabajo se conformó por profesores de química. La función de este equipo fue conducir la investigación como una experiencia de investigación-acción en la que cada uno desempeñó el doble papel de investigador educativo y docente. Al asumir este doble papel, el docente se habilita para detectar problemas en su práctica, investigarlos, reflexionar sobre ellos y, con base en lo anterior, proponer acciones de intervención, comprensión y posible solución a las tareas académicas propias de su clase. La docencia y la investigación son funciones académicas íntimamente vinculadas, pues no hay una docencia de calidad que no se apoye en datos de investigación y, a su vez, ésta encuentra en la docencia el espacio para comunicar, analizar y discutir sus resultados de investigación. El grupo inició la investigación partiendo del problema central de este trabajo: elaborar una serie de actividades para el laboratorio de Química General contextualizadas en el área forense y que atiendan el desarrollo por competencias. Se elaboró un plan de trabajo, se asignaron las tareas y se hizo la calendarización.

El grupo de trabajo se integró por académicos de la Facultad de Química, la jefa de seguimiento curricular de la LCF y la sustentante de la presente tesis como profesora novata:

- Licenciado González Pérez Jesús
- Licenciada Nieto Callejas Elizabeth
- Maestro Pulido Bruno
- Doctora Sosa Reyes Ana María
- Doctor Ugalde Saldívar Víctor
- Pasante de la licenciatura en química Ortiz Mendoza Nancy

El grupo se reunió semanalmente durante todo el semestre previo al ingreso de la segunda generación de la LCF.

las sesiones del seminario “Naturaleza de la ciencia” y a las reuniones del colegio de profesores de Química de la LCF.

Seminario “Naturaleza de la ciencia”

El seminario “Naturaleza de la ciencia” se creó en la LCF con el objetivo de discutir temas como: la concepción de la ciencia que subyace a las clases de ciencia y el pensamiento científico como una habilidad a desarrollar en el CF. En el seminario que estuvo activo durante un año, participaron académicos de la UNAM y especialistas en el ámbito forense que pertenecen al cuerpo docente de la Licenciatura, reuniéndose mensualmente para llevar a cabo mesas redondas de discusión.

El científico forense es un generalista en el proceso penal, será capaz de vincular a diferentes especialistas que convergen en el área forense. Por ejemplo, podrá asesorar a un abogado en cuanto al manejo adecuado de un indicio, y su canalización con el especialista adecuado. Se podría decir que el científico forense es análogo con un médico general o familiar, el cual es capaz de canalizar al paciente con el especialista adecuado según la sintomatología, con esto, se evita que el paciente gaste recursos innecesariamente visitando diferentes especialistas sin una guía clara. Siguiendo con la analogía, el científico forense podrá también evitar que los indicios se sometan a análisis inadecuados, teniendo como consecuencia un proceso raudo y eficaz.

Tomando en cuenta que la carrera es de corte interdisciplinar, en dicho seminario se concluyó que en cada materia se necesitan transmitir al alumno los conocimientos aplicados al área laboral y entrelazar las materias, es decir, que los profesores deben estar en constante comunicación para poder asociar los temas de sus correspondientes asignaturas para que los alumnos logren abordar un mismo problema aplicando las diferentes disciplinas.

Las ideas discutidas en el seminario resultaron básicas en el fundamento teórico de este trabajo, específicamente en lo referente al desarrollo del pensamiento científico como parte del perfil del científico forense.

El colegio de profesores de Química y la determinación de los temas

El colegio de profesores de Química de la LCF se conformó con los docentes de las asignaturas de Química General (QG), Química Orgánica (QO), Bioquímica (BQ), Química Forense (QF) y Toxicología Forense (TF) con el propósito de mantener en contacto a los profesores del área para que analicen los programas y definan las prioridades y la profundidad de los contenidos, para que estas asignaturas contribuyan de forma más adecuada al perfil de egreso. De las asignaturas del área de Química en la LCF, las de mayor aplicación son QF y TF, las cuales requieren de los conocimientos fundamentales que se abordan en las materias antecedentes (QG, QO Y BQ).

De acuerdo al plan de estudios de la Licenciatura en Ciencia Forense, (UNAM 2013):

El objetivo de la asignatura de QF es proporcionar al alumno los conocimientos sobre las principales herramientas, técnicas, principios y aplicación del análisis instrumental en la química forense. Las herramientas y técnicas que se imparten en esta asignatura corresponden a las pruebas presuntivas para la identificación de analitos de interés y su relación con las técnicas instrumentales recurrentes en esa área: Espectroscopia UV-visible, Infrarroja, Absorción atómica, cromatografías de gases y de líquidos (Ver anexo I).

Por su parte, la TF se encarga de proporcionar al alumno los conocimientos de las principales sustancias causantes de intoxicaciones, sus mecanismos de acción y los efectos que ocasionan, así como las estrategias, metodologías y técnicas analíticas empleadas para su estudio. Dicha asignatura se encarga de impartir al alumno la clasificación y la exposición de diferentes fuentes de intoxicación, su mecanismo de acción en el organismo humano y cómo estos dependen en gran parte de las propiedades fisicoquímicas de la sustancia en cuestión, así como las pruebas

presuntivas y las técnicas analíticas para su detección, identificación, separación y cuantificación (Ver anexo II).

El programa de QG de la LCF se presenta en la tabla 3. Allí se han marcado en tonos más intensos los temas que los profesores del colegio identificaron como los de mayor relevancia, ya que son los que proporcionarán las bases para entender los principios teóricos y prácticos que fundamentan las técnicas señaladas.

Índice Temático			
Unidad	Tema	Objetivo temático	Subtema(s)
1	La materia y sus cambios	1.1 Conocer las principales propiedades de la materia y su asociación a su composición y manejo en el laboratorio.	1.1 .1 Composición de la materia (sustancias puras y mezclas. 1.1.2 Mezclas homogéneas y heterogéneas. 1.1.3 Cambios de estado: fusión, evaporación, condensación, sublimación, solidificación, deposición 1.1.4 Métodos de separación de mezclas: filtración, cristalización, destilación, cromatografía.
2	Clasificación periódica de los elementos	2.1 Conocer la composición del átomo y las características más relevantes de los elementos.	2.1.1 Familias y períodos. 2.1.2 Puntos de fusión y ebullición, volúmenes atómicos, electronegatividades. 2.1.3 Valencia y estados de oxidación. 2.1.4 Abundancia relativa y toxicidad de los elementos.
3	Nociones sobre el enlace químico	3.1 Conocer los factores que inciden en la formación de los enlaces químicos.	3.1.1 Nociones de termoquímica (energía de enlace). 3.1.2 Clasificación de las sustancias según sus propiedades (puntos de fusión, conductividad). 3.1.3 Enlace iónico, covalente y metálico. 3.1.4 Interacciones débiles: Fuerzas

			intermoleculares y enlace - puente de hidrógeno.
--	--	--	---

Índice Temático			
Unidad	Tema	Objetivo temático	Subtema(s)
4	Nomenclatura de los compuestos inorgánicos	<p>4.1 Conocer y nombrar Aprender a nombrar los principales compuestos químicos.</p> <p>4.2 Demostrar en forma práctica los conocimientos de los principales compuestos químicos.</p>	<p>4.1.1 Número de oxidación y valencia.</p> <p>4.1.2 Nomenclatura trivial y sistemática (IUPAC).</p> <p>4.1.3 Aniones y cationes monoatómicos.</p> <p>4.1.4 Compuestos binarios (óxidos, hidruros, hidrácidos y sales binarias). Oxiaciones, oxiácidos.</p>
5	Fundamentos de Estequiometría	<p>5.1 Conocer las bases de la Estequiometría de las reacciones químicas.</p> <p>5.2 Demostrar en forma práctica los conocimientos de las bases de la estequiometría de las reacciones químicas.</p>	<p>5.1.1 Leyes ponderales y volumétricas.</p> <p>5.1.2 Conceptos de masa molar y volumen molar.</p> <p>5.1.3 Principio de Avogadro.</p> <p>5.1.4 Unidad de cantidad de sustancia: mol.</p> <p>5.1.5 Composición porcentual y fórmulas mínima y molecular.</p>

Índice Temático			
Unidad	Tema	Objetivo temático	Subtema(s)
6	Reacción química	<p>6.1 Conocer los factores que influyen en las reacciones químicas y la predicción de estas últimas.</p> <p>6.2 Reconocer en forma práctica los factores que influyen en las reacciones químicas, así como su predicción.</p>	<p>6.1.1 Representación de las reacciones químicas.</p> <p>6.1.2 Simbología.</p> <p>6.1.3 Tipos de ecuaciones químicas: iónicas y moleculares.</p> <p>6.1.4 Operaciones con las ecuaciones químicas.</p> <p>6.1.5 Criterios de clasificación de reacciones: clasificación analítica, clasificación termodinámica, clasificación por la naturaleza de la reacción (síntesis, descomposición, sustitución simple y metátesis).</p> <p>6.1.6 Balanceo de ecuaciones. Balanceo por inspección. Concepto de oxidación, reducción, oxidante y reductor. Balanceo por el método de ion electrón.</p>
7	Estequiometría en reacciones	<p>7.1 Conocer las limitantes asociadas a una reacción química.</p> <p>7.2 Reconocer en forma práctica las limitantes asociadas a una reacción química.</p>	<p>7.1.1 Balances de materia: en la equivalencia y en la no equivalencia.</p> <p>7.1.2 Reactivo limitante.</p> <p>7.1.3 Rendimiento de una reacción.</p>

Índice Temático			
Unidad	Tema	Objetivo temático	Subtema(s)
8	Introducción al concepto de equilibrio químico	8.1 Conocer los factores implicados en el equilibrio químico. 8.2 Demostrar en forma práctica los conocimientos del equilibrio químico.	8.1.1 Reacciones cuantitativas y no cuantitativas; reversibilidad. 8.1.2 Origen cinético de la constante de equilibrio. Ley de acción de masas. Cociente de reacción y constante de equilibrio.
9	Equilibrios ácido base	9.1 Aprender y manejar los conceptos de acidez y basicidad. 9.2. Demostrar en forma práctica los conocimientos del equilibrio ácido-base.	9.1.1 Definición de acidez de Brönsted, pH. 9.1.2 Ácidos y bases fuertes y débiles. pKa. 9.1.3 Fuerza relativa de ácidos y bases en solución acuosa. 9.1.4 Soluciones amortiguadoras.
10	Equilibrios redox	10.1 Aprender a manejar las reacciones redox. 10.2. Demostrar en forma práctica los conocimientos de los equilibrios redox.	10.1.1 Fuerza relativa de los oxidantes y los reductores. 10.1.2 Predicción de las reacciones redox.

Tabla 3. Temario de la asignatura de QG de la LCF. Los temas se encuentran subrayados de menor a mayor intensidad, siendo los de mayor intensidad los de mayor relevancia.

Los temas que se reconocieron como de mayor relevancia junto con sus objetivos son:

- La materia y sus cambios: Conocer las principales propiedades de la materia y su asociación a su composición y manejo en el laboratorio.
- Clasificación periódica de los elementos: Conocer la abundancia relativa y toxicidad de los elementos.
- Fundamentos de estequiometria: Conocer las bases de la estequiometria de las reacciones químicas y demostrar en forma práctica los conocimientos de las bases de la estequiometría de las reacciones químicas.
- Reacción química: Conocer los factores que influyen en las reacciones químicas y la predicción de estas últimas y reconocer en forma práctica los factores que influyen en las reacciones químicas, así como su predicción.
- Equilibrio químico: Conocer los factores implicados en el equilibrio químico y demostrar en forma práctica los conocimientos del equilibrio químico.

En cuanto a la aplicación de dichos temas, en el colegio se enfatizó la importancia de abordar las pruebas presuntivas, pues constituyen una práctica común en el ámbito forense. Consisten en la presunta detección de una sustancia de interés mediante una reacción química y son pruebas que gozan de un peso legal y anteceden a pruebas más sofisticadas como la cromatografía de gases, IR, UV, etc. Frecuentemente en el ejercicio forense las pruebas presuntivas se llevan a cabo sin considerar las variables de las cuales dependen (pH, temperatura, pureza, entre otras), dando lugar a que resulten falsos positivos o falsos negativos, es decir, que se dé una reacción positiva aunque el analito de interés no esté presente o bien una reacción negativa estando presente el analito en cuestión. Lo anterior tiene gran relevancia pues de los resultados puede determinarse la culpabilidad o inocencia de una persona.

Para poder corroborar o reafirmar una prueba presuntiva es necesario complementarla con el análisis instrumental. El análisis instrumental permite la detección, identificación, separación y cuantificación de una sustancia de interés.

Es así que en los temas: ***fundamentos de estequiometría, reacción química y equilibrio químico***, se pueden comprender las variables de las cuales dependen las pruebas presuntivas ya que no son más que reacciones químicas que detectan un compuesto de interés mediante un cambio de color, la aparición de un gas o un precipitado durante el paso de reactivos a productos. Estas reacciones de identificación pueden ser de óxido reducción, precipitación y ácido base, mismas que están sujetas a parámetros como la concentración, la temperatura, la presión y el pH, entre otros.

El manejo de técnicas instrumentales no compete al curso de QG, pero sí el proporcionar las bases teóricas en que éstas se fundamentan, haciendo énfasis en el tema de ***métodos de identificación y separación***. Por ejemplo, los principios de la cromatografía se pueden comenzar a abordar con las técnicas más sencillas que son la de papel y la de capa fina, o bien, poner en práctica los ensayos a la flama e introducirlos al tema de la espectroscopia.

Para conocer qué método de identificación y separación es adecuado para una sustancia problema se tienen que conocer las principales propiedades de la materia y sus características fisicoquímicas, esto se refuerza con el tema de la ***materia y sus cambios***.

Asimismo, conocer ***la abundancia relativa y la toxicidad de los elementos***, así como las propiedades fisicoquímicas que los caracterizan, ayudará al alumno a entender cómo éstas determinan la interacción o el mecanismo de acción en el organismo, lo cual resulta indispensable para el curso de TF.

La definición de los contenidos temáticos que abordan las actividades se propusieron con base en la revisión del temario de la asignatura y el nivel de importancia de los temas, acordado por el Colegio de profesores de química. Así, los temas elegidos para elaborar las prácticas fueron:

- 📖 La materia y sus cambios
- 📖 Métodos de identificación y separación
- 📖 Fundamentos de estequiometría
- 📖 Reacción química
- 📖 Equilibrio Químico

Revisión bibliográfica

Después de realizar una búsqueda bibliográfica en bibliotecas de la UNAM, revistas electrónicas y sitios de internet, se eligieron para el diseño del manual de prácticas libros de texto de Química General, Química Forense, Ciencia Forense y Criminalística, trabajos monográficos de actualización, artículos de revistas electrónicas que proporcionan bases teóricas y otros que se refieren a actividades prácticas. Incluso contextualizados en el área forense. Entre estos destacan: *ChemMatters* y el *Journal of Chemical Education* ambos pertenecientes a la *American Chemical Society* además del *Journal of forensic Sciences* perteneciente a la librería online de Wiley. Además se consultaron sitios de internet de institutos forenses nacionales e internacionales y cursos impartidos por universidades extranjeras. En todo momento se tuvo como guía el plan de estudios de la LCF aprobado en 2013 por el consejo técnico de la Facultad de Medicina.

Las referencias bibliográficas se encuentran en el apartado correspondiente (Páginas 183-185)

Actuación, observación y reflexión. (Marzo 2014- noviembre 2015)

Teniendo como referencia los temas considerados como los de mayor relevancia y las lecturas del banco bibliográfico se diseñaron las siguientes 7 actividades experimentales para el manual de prácticas:

- 📖 Bienvenida al laboratorio
- 📖 Densidad
- 📖 Cristalización

- 📄 Cromatografía
- 📄 Marcha analítica de cationes
- 📄 Pruebas presuntivas
- 📄 Elaboración, resolución y presentación de un caso forense

Las siete actividades experimentales se plantearon considerando que la duración de cada una de las prácticas es de 4 horas, además se diseñaron con un formato libre, es decir, las hay de indagación y otras con metodología paso a paso y los instrumentos de evaluación son diferentes para cada una. En la tabla 4 se hace una descripción general de la estructura de las actividades.

Sección	Descripción
Carátula	Datos de la práctica, competencias a desarrollar
Material y reactivos	Lista de materiales y reactivos que se utilizarán durante el desarrollo de la práctica.
Introducción teórica y trabajo previo	Breve introducción teórica del tema a tratar en que se basa la actividad experimental, y trabajo previo para reforzar conceptos y planear metodología experimental.
Actividades de indagación y metodología paso a paso	Metodología a realizar para dar cumplimiento al objetivo planteado.
Documento de apoyo	Documento que contiene las bases teóricas de la actividad experimental así como su relación al ámbito forense

Tabla 4. Estructura general de la primera versión del Manual.

La primera implementación del manual se puso en marcha con los alumnos de la segunda generación de la LCF durante el semestre 2015-1, que abarcó del 11 de agosto al 28 de noviembre de 2014.

El trabajo previo a cada práctica así como la entrega de informes la realizaron los alumnos a través de un aula digital que se instaló para el curso en la plataforma gratuita “Edmodo”. Además a lo largo del semestre cada estudiante llevó una bitácora en la que se encuentran los resultados y las observaciones de cada práctica. Asimismo se tiene una bitácora personal por parte de los profesores que al estar presentes en todas las sesiones, registraron los aciertos y los problemas que se identificaron en cada una de las prácticas.

Diseño, implementación y observación

La metodología de investigación-acción somete a prueba las prácticas, las ideas y las suposiciones para realizar una reflexión de los resultados buscando la reestructuración de dichas prácticas, ideas y suposiciones para volver a someterlas a prueba, es decir, se trata de una espiral de ciclos.

Tomando en cuenta lo anterior, en esta sección la metodología se presenta como un conjunto en el cual se incluye el diseño, la implementación y algunos de los resultados obtenidos durante la puesta en práctica del manual con alumnos. Dichos resultados constituyeron la base para la reestructuración de las actividades. Más adelante, en la sección de resultados, se presenta en sí el manual de prácticas en su versión final.

📌 Práctica 1: Seguridad en el laboratorio

Diseño

Generalmente en la primera sesión de cualquier asignatura experimental, se tiene que mostrar al alumno las instalaciones donde trabajará y darle a conocer los reglamentos para trabajar higiénicamente y con seguridad. Considerando lo anterior se diseñaron cuatro actividades para esta práctica. En la primera se plantea la elaboración de un croquis con el propósito de que los alumnos conozcan las

instalaciones y la ubicación de elementos de seguridad en un laboratorio. Con ello los alumnos se aproximan al área laboral ya que parte del trabajo del científico forense es elaborar croquis de las escenas del crimen a las que asiste. Además, la actividad fomenta la observación, que es habilidad fundamental para el Científico Forense.

La segunda corresponde a la lectura del reglamento de higiene y seguridad. Debido a que, cuando se implementó esta actividad, el reglamento de higiene y seguridad de los laboratorios de la LCF aún no se aprobaba por la comisión de bioseguridad y el consejo técnico de la Facultad de Medicina, se utilizó una serie de normas elaboradas por el equipo de profesores de QG.

La tercera actividad consiste en que los alumnos planteen una breve situación de riesgo teniendo como base las consecuencias del no respetar el reglamento de seguridad e higiene. Con lo anterior se espera que los estudiantes refuercen los lineamientos del reglamento y que comiencen a plantearse situaciones de riesgo y propongan cómo resolverlas.

La cuarta actividad consiste en conocer todo el material de vidrio y algunas sustancias que se utilizan a lo largo del semestre. Previo a la sesión de laboratorio se entrega a los alumnos en formato electrónico a través del aula digital, un documento con la descripción de cada uno de los materiales de vidrio pero sin imágenes. Ya en el laboratorio, el material se dispone a lo largo de las mesas y los alumnos deben de identificar cada uno con base en la descripción del documento, fotografiarlo y completar el documento con las fotos correspondientes. Al final de la actividad se realiza una discusión grupal sobre la forma más adecuada para clasificar el material de vidrio y sobre el etiquetado de las sustancias, el cual ofrece información acerca de las propiedades.

La estructura de esta práctica surgió a partir de los comentarios en la reunión del colegio de profesores de Química de la LCF. Los alumnos de la primera generación, que en ese momento cursaban el tercer semestre, no identificaban tan rápidamente el material, lo confundían o bien no conocían la clasificación y lo utilizaban de igual

manera para calentar o medir. El fotografiar el material así como recibir los documentos de apoyo en formato electrónico, refuerza el uso de las tecnologías en clase.

Para la elaboración del informe, en este caso se pide que en formato electrónico entreguen las actividades desarrolladas durante la sesión.

Implementación

Al ingresar al laboratorio se pidió a los alumnos portar bata, guantes y lentes de seguridad, y se acordó que, a todo lo largo del curso, no podrían retirarse estos elementos en ningún momento a pesar de no estar manipulando material o sustancias. Esto debido a que, además de ser parte de los lineamientos de seguridad de la LCF, son medidas que debe tomar un CF al estar en su ambiente laboral, pues en todo momento está expuesto a contaminar evidencia o bien contaminarse con ella. Se comenzó con la primera actividad haciendo la lectura de forma ágil y reforzándola a lo largo de las demás actividades.

La segunda actividad se llevó a cabo muy bien, ya que los alumnos observaron con detalles los elementos de un laboratorio; equipo instrumental, almacén de sustancias, de material de virio, lavaojos, extintores, llaves de paso de agua, de gas, de vacío, conectores eléctricos, etc. Se mostraron muy entusiastas, preguntando por cada uno de estos elementos y su uso. Registraron en su bitácora el croquis, el cual elaboraron con colores, viñetas y acotaciones, entre otros. Un ejemplo se muestra en la *Imagen 1.1*

1. Raúl analiza en un laboratorio una muestra desconocida implicada en un suicidio, de forma descuidada deja la muestra líquida y muy similar al agua, en un tubo de ensaye junto con otro más que contienen agua y decide analizarla el día siguiente. Miguel, un químico forense ambiental, continua con el análisis de las muestras de agua recolectadas de un río que al parecer ha sido contaminado y se encuentra con que todas las muestras excepto una se encuentran libres de contaminantes, Miguel no está seguro y debe recolectar nuevamente muestras. SOLUCIÓN: Organizar y etiquetar las muestras de laboratorio con las que se están trabajando.
2. Hacer cosas imprudentes. Cuando no se está seguro de la sustancia con la que se trata, podemos someterla a procedimientos que pueden poner en riesgo la veracidad de la investigación, por lo que es importante siempre trabajar con alguien que pueda dar su opinión profesional, y no trabajar sin un método previamente especificado.
3. No contar con registros o antecedentes de casos similares. ¿Cómo evitarlo? Mantener un registro cronológico, ordenado de cada situación similar que se investiga, para contar con antecedentes previos en nuestra búsqueda.
4. Riesgo: No asegurar el área de tránsito del personal. ¿Cómo evitarlo? Restringiendo el acceso a personas no autorizadas en el lugar para que estas no interfieran o provoquen situaciones de peligro en el lugar.
5. Riesgo: no deshacerse de los residuos o sustancias toxicas correctamente. ¿Cómo evitarlo? de acuerdo a la peligrosidad de estos desechos deberán tomarse las medidas específicas para su manipulación y desecho, ya sea, incinerándolas o dejarlas en cuarentena.
6. Riesgo: Ingerir alimentos en el lugar o área de trabajo, ¿Cómo evitarlo? Abstenerse de estas prácticas, ya que, no es apropiado porque se pueden contaminar o alterar las evidencias de trabajo, además de que podemos adquirir una enfermedad por contaminación de los alimentos.

Imagen 1.2 Breves situaciones de riesgo planteadas por los alumnos en la 1er sesión experimental, realizada el 15 de agosto de 2014.

La cuarta actividad nos dejó a los profesores muy a gusto, observando que mientras se desarrollaba, los alumnos comentaban: *mira el Matraz Erlenmeyer, préstame la probeta, ¡Observa el picnómetro! ¿De verdad sirve para medir densidades?* Además se mostraron muy entusiasmados al tomar las fotografías de los materiales. Uno de los documentos de apoyo elaborados por los alumnos durante esta actividad se muestra en la *Imagen 1.3*.

El que emplearan los nombres correctos para hacer referencia al material de vidrio, y que comenzaran a ubicar para qué se utiliza, dio por cumplido el objetivo de esa actividad. Por su parte el comentar con los profesores sobre la correcta clasificación resultó un tanto repetitivo, por lo que se consideró modificar esta parte.

Los alumnos realizaron una lista en su bitácora de algunas de las sustancias que utilizarían durante el semestre, tales como ácidos, bases y algunos reactivos orgánicos. Se les pidió que anotaran el rombo de seguridad de cada una de ellas para discutir con el profesor cuál es la información que proporciona este etiquetado. Resultó motivador para el alumno conocer en qué emplearía las sustancias y cómo podía conocer rápidamente algunas de sus propiedades mediante el rombo de seguridad.

<p>Agitador de vidrio</p>	<p>Consiste en una varilla de vidrio con uno de sus extremos aplanado.</p> <p>La operación de agitar es frecuente en el laboratorio, para facilitar la disolución de una sustancia, para facilitar el contacto entre reactivos y favorecer la reacción.</p> <p>Si el proceso de agitación es largo se recurre a medios mecánicos como los agitadores magnéticos</p>	
<p>Balanza</p>	<p>Se utiliza para medir la masa de los cuerpos. Las hay de varios tipos: de doble platillo, de omóplato, digitales, etc.</p> <p>La balanza digital es la más cómoda en el laboratorio.</p> <p>Con ella se puede medir y leer en la pantalla el valor de la medida realizada, tocando previamente sobre el cero para su ajuste. Pulsando la "tara", también se ajusta a cero, aunque haya un objeto sobre el platillo. De esa forma no es necesario pesar antes el recipiente, si así se desea.</p>	
<p>Bureta</p>	<p>Consiste en un tubo de vidrio graduado en ml o en 0.1 ml dependiendo de su capacidad y se utilizan para la medida exacta de volúmenes. En su extremo inferior dispone de una llave o válvula que permite controlar la salida del líquido. Se puede verter el líquido mediante goteo o con caudal constante.</p> <p>Las buretas se usan fundamentalmente para realizar volumetrías.</p> <p>Existen diferentes tipos de buretas y de diferentes capacidades: buretas con depósito o con enrase automático, de 10, 25 y 50 ml.</p>	

<p>Capsula de porcelana</p>	<p>El empleo de las cápsulas se limita a los procesos en los que se requiere calentar líquidos o evaporarlos.</p> <p>Material de forma semiesférica con un pico en su costado.</p> <p>Su función principal es llevar a cabo preparaciones, además es muy útil para calentar algunas sustancias, o carbonizar a altas temperaturas.</p>	
<p>Codos</p>	<p>Los codos, o empalmes, son conducciones de vidrio de distintos tamaños, calibres y formas, que se utilizan para unir unos aparatos con otros mediante empalmes de goma.</p> <p>Su empleo es indispensable cuando se diseña un montaje para las operaciones químicas más complejas.</p>	
<p>Crisol</p>	<p>Son recipientes de pequeño tamaño, capaces de soportar altas temperaturas (1200 °C). Se usan frecuentemente para realizar calcinaciones.</p>	
<p>Cristalizador</p>	<p>Es un recipiente cilíndrico de pequeña altura y gran base.</p> <p>Se emplea fundamentalmente para cristalizar sustancias por evaporación del disolvente.</p> <p>Pueden encontrarse de distintas capacidades y tamaños.</p>	

Desecador	<p>Se utiliza para secar sustancias con productos deshidratantes o que absorban los disolventes que se quieren eliminar.</p> <p>En el interior, y sobre una repisa horadada, se sitúa la sustancia que se quiere secar, sobre un recipiente adecuado, y en la parte inferior se sitúa el producto desecante.</p>		
Embudos	<p>Es un aparato de forma cónica que tiene en su extremo una prolongación tubular, terminada a bisel, para facilitar el vertido del líquido.</p> <p>Se emplean en las operaciones de filtración, o para trasvasar líquidos de un recipiente a otro.</p> <p>a) Embudo de decantación: se utilizan cuando lo que se pretende es separar dos líquidos no miscibles. Tiene forma cónica con boca estrecha, en su parte superior, provista de tapón, y en su extremo inferior con prolongación cilíndrica más estrecha, y con llave para facilitar la separación,</p> <p>b) Embudo de adición: es un recipiente de forma cilíndrica con boca más estrecha y presenta en el otro extremo una prolongación de menor diámetro, con una llave que permite controlar el flujo de líquido que vierte. Pueden ser graduados y de distintas capacidades.</p> <p>c) Embudo Buchner: está fabricado en porcelana e incluyen una placa de vidrio sinterizado o una base de porcelana perforada. Estos se utilizan en la filtración a baja presión con un matraz de Büchner o kitasato, conectados a una bomba de vacío.</p>	a)	
		b)	
		c)	
Espátula	<p>Se utiliza para tomar pequeñas cantidades de productos sólidos.</p>		

Imagen 1.3. Reconocimiento de material de vidrio realizado por los alumnos en la 1ra sesión experimental, realizada el 15 de agosto de 2014.

Observación

Con base en los resultados obtenidos en la primera implementación, los cambios que se realizaron a la Práctica 1 fueron los siguientes:

- ❏ Cambiar el reglamento de higiene y seguridad provisional, por el aprobado por el comité de bioseguridad y el consejo técnico de la Facultad de Medicina.
- ❏ Proporcionar el documento de apoyo de la actividad cuatro en el momento en que se llevará a cabo y no antes, para evitar que el alumno lea y realice una investigación previa.
- ❏ Se omitió la discusión con el profesor sobre la clasificación del material de vidrio y se pidió al alumno entregar como parte de su reporte, una clasificación del mismo utilizando las fotografías tomadas. Esto con la finalidad de tener más tiempo para que los alumnos desarrollen la actividad 4, y no resulte repetitiva con la explicación del profesor.

La versión final de la práctica 1 se encuentra en las páginas 80-97.

❏ Práctica 2: Densidad

Diseño

De acuerdo con el temario de QG, como parte del tema *la materia y sus cambios* es importante, para la formación del científico forense, hacer énfasis en las propiedades de las sustancias y en las formas de clasificarlas. En particular se hace referencia a la clasificación en propiedades extensivas e intensivas y a estas últimas como las que permiten identificar a las sustancias e incluso determinar qué métodos de identificación y separación son de utilidad para su análisis. Lo anterior está muy relacionado con el procesamiento de los indicios; con la caracterización de los diversos análisis a los que son sometidos los indicios; para sustentarlos como evidencia y en, identificar los mejores métodos, procesos y limitaciones de las

diferentes formas de procesar los indicios. Es decir, gran parte de la labor del CF es la identificación de los métodos más adecuados para el análisis de la evidencia física (vidrio, fibras, metales, pelo, tintas, plásticos, cerámicas, etc). Con base en esto se decidió dedicar tres sesiones experimentales a las propiedades intensivas de la materia: densidad, solubilidad y la polaridad que a su vez está relacionada con solubilidad, punto de fusión, punto de ebullición y fuerzas intermoleculares.

La primera actividad consiste en conocer diferentes métodos para medir la densidad: con una probeta, por el método de Arquímedes, haciendo la medición de las dimensiones, y empleando un picnómetro. Así en la actividad 1 se le proporcionan al alumno muestras de vidrio de diferentes tamaños, desde el tamaño de la palma de la mano hasta en polvo, y de diferentes fuentes: ventanas de carro, material de vidrio de laboratorio y botellas de bebidas. El objetivo es conocer qué método es adecuado para medir la densidad dependiendo de la presentación del material, partiendo de la premisa de que la densidad es una propiedad intensiva y por lo tanto no depende del tamaño o forma de la muestra.

Esta actividad se plantea con el objetivo de que los alumnos se familiaricen con algunos de los métodos que existen para medir la densidad, con los parámetros que afectan a esta medición y que comiencen a realizar cálculos de error en la medición. Toda la información teórica que necesitan para efectuar la práctica se encuentra en un documento de apoyo anexo a la práctica de laboratorio.

La segunda actividad de esta práctica consiste en medir la densidad con el método elegido en la actividad uno y corroborar la coincidencia entre tres muestras que proporciona el profesor.

Estas muestras se encuentran en diferentes presentaciones mientras que la fuente es la misma, es decir el valor de la densidad en las tres muestras es en principio la misma. En esta actividad se espera que el alumno verifique, mediante sus mediciones y cálculos estadísticos, que el método que eligió es el adecuado, al

confirmar la coincidencia en el valor de la densidad. En este caso también se introduce al alumno en el tema del error en las mediciones, el cual puede ser intrínseco o puede estar ligado al experimentador.

La tercera actividad consiste en buscar la coincidencia (o match) entre tres muestras de vidrio con presentación y tamaño similares. Se espera que el alumno reconozca que la densidad, al ser una propiedad intensiva, no depende del tamaño de las muestras proporcionadas por el profesor. Independientemente del tamaño del trozo, la densidad debería ser la misma y, las diferencias dependen, en todo caso de que se elija aquel método que ofrezca mayor exactitud y precisión.

La cuarta actividad consiste en proporcionarle al alumno diferentes muestras de vidrio, fibras, metales y plásticos para determinar la densidad y realizar la comparación con medidas de densidad reportadas en la literatura.

Se plantea con el objetivo de reforzar el manejo del material de laboratorio involucrado en la medición de la densidad y en enfatizar que se trata de una propiedad intensiva.

Se anexa un documento de autoevaluación para el alumno. Para conocer qué tanto conoce los conceptos antes y después de la práctica.

Para la entrega de reporte final se piden las tablas con los valores de la densidad, así como fotografías tomadas durante la experimentación.

Implementación

Al comenzar la práctica se le proporcionan al alumno muestras de vidrio en diferentes tamaños. Lo primero que hicieron los alumnos fue preguntarse al interior del equipo cuál sería la metodología más adecuada, y para saberlo, decidieron medir las diferentes muestras aplicando todos los métodos. En el caso del método en que se determinan las dimensiones de la muestra, algunos equipos expresaron la

dificultad para trabajar con muestras amorfas mientras que otros optaron por hacer una estimación usando papel milimétrico.

Para el método del picnómetro los alumnos decidieron medir sólo aquellos trozos que cabían en dicho recipiente. Para el método de Arquímedes midieron sólo los trozos y utilizaron vasos de precipitado de diferente capacidad, según fuera el tamaño de la muestra. De igual manera, para el método de la probeta, algunos equipos pidieron probetas de diferente capacidad, 10 mL, 50 mL, 100 mL, dependiendo el tamaño de la muestra. En comparación con otros equipos que utilizaron solo una probeta de 50 mL para medir la densidad de trozos pequeños (aproximadamente del tamaño de una moneda de 10 centavos) y de trozos grandes (del tamaño de la palma de la mano).

El objetivo de esta actividad se cumplió: los alumnos se familiarizaron con diferentes métodos para medir la densidad y reconocieron algunos de los parámetros que afectan la medición, tales como: las dimensiones de la muestra, la densidad del agua que se utiliza en las mediciones, la limpieza del material de laboratorio, el correcto uso de las balanzas para registrar el peso, el número de determinaciones que hacen, las dimensiones del material que utilizan, la temperatura, etc.

La segunda actividad resultó interesante, debido a que los alumnos eligieron el método basándose en la facilidad para realizarlo, otros en la precisión y exactitud que puede obtenerse y otros por las dimensiones de la muestra proporcionada. Se entregaron tres muestras con la misma densidad, sin embargo al medirla algunos que utilizaron el método de la probeta, no obtuvieron el mismo valor, ya que la capacidad de la probeta que utilizaron no fue el adecuado al tamaño de la muestra. Con esto se dieron cuenta de que las dimensiones y graduación del material a utilizar influyen en una correcta determinación.

Ningún equipo optó por la medición de dimensiones, ya que consideraron que es adecuada sólo para materiales con forma regular. Los equipos que optaron por el

principio de Arquímedes obtuvieron resultados muy parecidos para las tres muestras, pero les pareció inadecuado debido a que hay que utilizar una cuerda para suspender la muestra en el agua, y la cuerda genera cierto error. Los equipos que optaron por el método del picnómetro obtuvieron resultados casi idénticos para todas las muestras, al compartir la idea con los demás equipos, expresaron que podían alterar el tamaño de la muestra sin que se alterara el valor de la densidad, y que el picnómetro al ser un material volumétrico les daría una medición más exacta y precisa. Lo anterior se discutió con los profesores, y los alumnos entendieron mejor las consecuencias de que la densidad sea una propiedad intensiva así como los pros y contras de cada método.

En la tercera actividad que es realizar una coincidencia o *match* entre tres muestras, los alumnos solo eligieron uno de dos métodos: el picnómetro o la probeta. En este caso sí eligieron una probeta de capacidad adecuada para el tamaño de la muestra o incluso se animaron a alterar el tamaño de la misma.

Los estudiantes tuvieron mucho cuidado en la limpieza del material, en la correcta lectura de los valores, en tomar primero la temperatura del agua que emplearían, y midieron la densidad del agua a utilizar. La actividad resultó muy pertinente para contextualizar y destacar la importancia de este tipo de mediciones en el área forense y en la identificación de evidencia física. Además permitió hacer énfasis sobre las comparaciones o *match* que realizarán en el área laborar, es decir en el trabajo forense frecuentemente se debe tener algo con qué comparar la evidencia y decir si el trozo de vidrio encontrado en la ropa del presunto culpable, coincide con el vidrio hallado en la escena del crimen. Algunos de los resultados y conclusiones de los alumnos se pueden ver en la *Imagen 2.1 e Imagen 2.2*, respectivamente. No quedo tiempo para realizar la cuarta actividad; que consiste en proporcionarle al alumno diferentes muestras para determinarle la densidad y comparar este valor con los reportados en la literatura. Por lo que se suspendió.

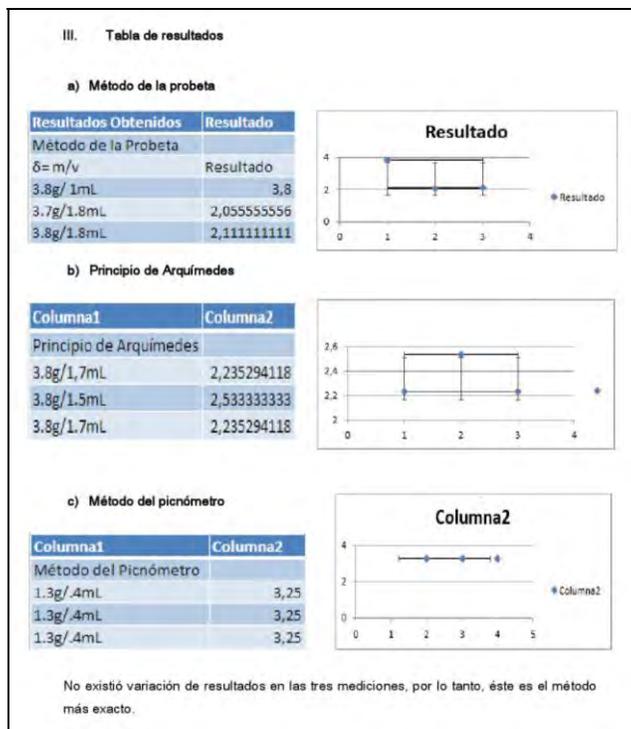


Imagen 2.1. Resultados de medición de densidad realizadas por los alumnos.

• Conclusiones:

Al saber que la densidad es una propiedad intensiva que caracteriza a las sustancias, podemos determinar que si se utiliza una misma muestra con diferentes tamaños y/o formas, la densidad de la sustancia será la misma porque corresponde a la misma muestra dada, en este caso los trozos de vidrio. La densidad corresponderá a la masa de la muestra entre su volumen (m/V). Al ser una propiedad intensiva su determinación es independiente del tamaño de la muestra con la que se trabaja, lo importante es la composición del material.

Ahora en nuestros resultados claro que habrá diferencias respecto a los diversos factores que influyeron en la medición de la densidad. Con el método de la probeta nos dimos cuenta que la medición exacta tendrá un margen de error el cual viene marcado en la misma. Nuestro equipo utilizó una probeta de 50mL y su margen de error marcado era de más menos 10. También hay que ser exactos a la hora de observar el menisco que existe al medir un líquido. Hay que observarlo a la altura de nuestros ojos y en una superficie plana. También influye el haber utilizado la de 50mL y no la de 10mL ya que habrá menos error en ella.

A nosotras nos pareció que el mejor método que utilizamos y en el cual obtuvimos un resultado muy parecido en la diferentes mediciones y uno más acercado al valor teórico de la densidad del vidrio, que es de $\rho=2.5g/m^3$, fue el método de la probeta; aunque tiene un pequeño margen de error nos pareció que fue el que más se acercaba y a pesar de que no pudimos terminar de realizar el método del picnómetro creemos que ese tenía que haber sido el más exacto, ya que el picnómetro es un instrumento de medición de densidad que nos daría un valor más exacto.

En definitiva, el método más inexacto fue el que hicimos midiendo las dimensiones de los trozos de vidrio, ya que debido a que éstos eran con formas irregulares, el margen de error en las mediciones era bastante alto, y en nuestros resultados, la densidad variaba con grandes cantidades.

Imagen 2.2. Conclusiones de los alumnos para la práctica de Densidad

Observación

Los cambios que se realizaron a la práctica 1 fueron los siguientes:

Se complementó el documento de apoyo con una explicación más detallada sobre los conceptos de precisión, exactitud, y desviación estándar como una medida de la precisión para enfatizar la importancia de los cálculos estadísticos, los cuales serán un tema constante en toda la carrera del CF. Lo anterior debido a que en la autoevaluación de los alumnos en esta primera implementación se observó que dichos conceptos no estaban claros. La *Imagen 2.3* muestra algunos ejemplos de autoevaluaciones de los alumnos.

Viernes 21 de agosto del 2014.

Práctica 2: "Densidad"

⇒ Autoevaluación

Concepto	Grado de conocimiento.		
	Estudio previo	Antes	Después
• Propiedad intensiva	2	2	3
• Densidad	2	2	3
• Propiedad extensiva	2	2	3
• Principio de Arquímedes	2	2	3
• Precisión	1	1	2
• Exactitud	1	1	2
• Error en la medición	1	1	1

Concepto	Estudio previo	Grado de conocimiento	
		Antes de la práctica	Después de ...
Propiedad intensiva	2	3	3
Propiedad extensiva	2	3	3
Densidad	2	2	3
Principio de Arquímedes	2	3	3
Precisión	1	1	2
Exactitud	1	1	2
Error en la medición	1	1	2

Imagen 2.3. Autoevaluaciones de los alumnos para la práctica de densidad.

En la actividad cuatro, en lugar de medir experimentalmente la densidad como se propuso al inicio, en la versión modificada se pide al alumno que observando diferentes muestras (vidrio, fibras, perdigones, etc.) indique en una tabla el método que es más adecuado para medir su densidad.

La versión con los cambios realizados se pueden observar en las páginas 98-110.

Práctica 3: Cristalización

Diseño

La primera actividad de esta práctica consiste en observar al microscopio una serie de sustancias: unas cristalinas y otras amorfas.

Se planteó con base en una de las técnicas más populares en el ámbito forense, la cual se conoce como “técnica de microcristales” y está fundamentada en las reacciones de precipitación o en la formación de compuestos sólidos insolubles y en la observación y clasificación del sólido obtenido (cristal) por su forma vista al microscopio. Los forenses identifican de forma presuntiva, el sólido obtenido mediante una lista que describe la estructura que adoptan diferentes sustancias de interés como son algunas drogas y venenos.

El objetivo de esta actividad es que el alumno conozca los principios que están detrás de esta técnica y se cuestione qué tan efectivo resulta el reconocer una sustancia por su forma cristalina.

La segunda actividad consiste en que realicen una separación por cristalización fraccionada y que monitoreen la separación de los cristales con ayuda del microscopio. A partir del análisis de la gráfica de solubilidad de dos sales que les es proporcionada (*Imagen 3.2*), se pide a los alumnos que escriban una metodología paso a paso para realizar su separación. Tras implementar en el laboratorio su

metodología, como parte de la tercera actividad se le pide al alumno que pruebe la separación de las sales con la metodología paso a paso que le proporciona el profesor, esto con la finalidad de comparar cuál de las dos técnicas es más efectiva.

La cuarta actividad consiste en realizar dos reacciones que pertenecen a la técnica de microcristales, con el objetivo de que el alumno conozca las dificultades que suelen presentarse para obtener un cristal, y que reflexione sobre la efectividad de este método.

Para el reporte final, se piden al alumno las fotos de los cristales junto con una descripción de la estructura observada y una breve reflexión acerca de la efectividad de la identificación de sustancias a partir de su forma cristalina. Además en el reporte deben plasmar la metodología que propusieron para separar las sales y describir cuáles fueron las ventajas y desventajas además de realizar una comparación con la metodología propuesta por el profesor; ¿Cuál consideran que es mejor y por qué?

Implementación

La actividad 1 de esta práctica despertó la curiosidad de los alumnos, quienes se plantearon preguntas como; ¿Todas las sustancias pueden ser cristalinas? , ¿Cómo se forma un cristal? ¿Por qué tienen esos colores? , ¿Por qué una sustancia puede presentar dentro de sí misma diferentes estructuras? ¿Por qué algunas al tomar la muestra de envase se ven definidas y rápidamente comienzan a “derretirse”? y ¿Por qué dos sustancias que tienen fórmulas moleculares distintas pueden presentar estructuras similares? Con base en estos cuestionamientos, se hizo la reflexión grupal sobre la efectividad del método de identificar una sustancia por su forma cristalina. En sus bitácoras los alumnos realizaron una tabla, en donde escribieron la fórmula molecular de cada uno de los compuestos que se les proporcionaron y una descripción de lo observado al microscopio. De esta forma los alumnos concluyeron que no era confiable la identificación de una sustancia por su forma cristalina, pues a pesar de tener formas moleculares distintas, la forma puede ser en algunos casos

muy parecida y considerando que existe una gran cantidad de sustancias, la confiabilidad es pequeña. Se considera que el objetivo de la práctica se cumplió, pues los alumnos reconocieron que las técnicas forenses existentes son para realizar un *match* o coincidencia entre muestras, y que en este caso la técnica de microcristales, es algo presuntivo, es decir, necesita de otros análisis complementarios.

Para realizar la segunda actividad, los alumnos pidieron un poco de las sales de cloruro de sodio y nitrato de potasio, que son las sales que deben separar por recristalización, para observarlas al microscopio. Esto con la finalidad de saber qué estructura esperarían ver al separar su mezcla. Los alumnos discutieron en equipos cómo podían separar la mezcla de sales. Se obtuvieron dos metodologías, la primera fue enfriar su mezcla para que precipitara el nitrato de potasio, realizar una filtración y proceder a evaporar el agua de la mezcla restante para obtener el cloruro de sodio. La segunda propuesta fue calentar hasta saturar la mezcla, filtrar el cloruro de sodio y después enfriar la parte restante para obtener los cristales de nitrato de potasio. La efectividad de su separación, la monitorearon observando los cristales obtenidos en el microscopio.

Los alumnos compartieron sus metodologías propuestas y llegaron a la conclusión de que la primera metodología es menos efectiva que la segunda. Esto debido a que al observar en el microscopio en las sales separadas se apreciaban estructuras diferentes, tanto de cubo como de aguja (estructuras que corresponden al cloruro de sodio y al nitrato de potasio respectivamente), es decir, las sales seguían mezcladas. Para explicarse dichos resultados, los alumnos analizaron mejor la gráfica y se percataron de detalles como la diferencia que hay entre la solubilidad a temperaturas bajas y temperaturas altas, y entendieron que mientras mayor sea la diferencia mejor será la separación. Al observar al microscopio las sales separadas con el segundo método, se detectó una menor contaminación, es decir una cantidad menor pero apreciable de cloruro de sodio seguía en la muestra de nitrato de potasio y viceversa. Entonces los alumnos se cuestionaron si aplicando nuevamente el procedimiento a

las sustancias ya separadas aumentaría la pureza. Probaron dicha hipótesis y obtuvieron una mejor separación.

Algunos equipos no lograron realizar la separación y al analizar la fuente del posible error se concluyó que la cantidad de agua que emplearon fue mayor de lo necesario para la cantidad de sales que tenían. Por lo anterior se les pidió que realizaran los cálculos correspondientes utilizando el valor de solubilidad y que determinaran el volumen de agua necesario para disolver una cantidad determinada de muestra y que procedieran a separarlas.

Una de las ideas erróneas que propusieron algunos alumnos, fue que una de las sales sublimaría y que podrían obtener los cristales sobre un vidrio de reloj con hielos. Fue así que se aprovechó la confusión para reforzar los conceptos asociados a las propiedades fisicoquímicas de las sustancias.

En la tercera actividad de esta práctica los alumnos siguieron la metodología propuesta por el profesor para realizar la recristalización y al finalizar compararon los resultados con los del método propuesto por su equipo. Algunos de los puntos señalados por los alumnos fueron los siguientes;

- La adecuada elección del material de vidrio es un factor que afecta la eficacia de la separación.
- Aplicar varias veces el procedimiento ayuda a obtener una mejor separación.
- La cantidad de sustancia empleada es otro de los factores que afecta la separación.
- Es recomendable realizar una investigación previa para conocer las propiedades de las sustancias.
- Es importante coordinarse como equipo en la preparación e instalación del material de vidrio, para que el tiempo destinado a la actividad sea suficiente.

Para realizar la cuarta actividad que consiste en que los alumnos realicen dos reacciones que pertenecen a la técnica de microcristales, y que reflexionen sobre la efectividad de este método, no quedó tiempo, por lo que tuvo que ser cancelada.

Observación

Con base en los resultados descritos durante la implementación de la práctica 3, se decidió llevar a cabo los siguientes cambios:

Se elaboró una introducción que explica el término de solubilidad, los parámetros de los cuales depende y su aplicación en las técnicas de cristalización, con la finalidad de aclarar este concepto y que el alumno lo emplee en la planeación de su metodología.

Como trabajo previo en la versión modificada se pide al alumno que elabore una metodología para separar una mezcla de cloruro de sodio y nitrato de potasio, enfatizando que debe de realizar una búsqueda bibliográfica y considerar las propiedades de las sustancias a separar.

Para evitar que los alumnos se basen en la metodología propuesta por el profesor, ésta se les proporciona hasta el momento de comenzar la actividad a través del aula digital.

Asimismo para que realicen una mejor descripción y clasificación en la actividad 1, sobre el reconocimiento de los cristales al microscopio, se les proporciona la tabla que se utiliza en el trabajo forense, que se puede visualizar en el documento anexo de la práctica de cristalización en su versión final (página 119).

En la introducción diseñada para la versión modificada se explican 2 diferentes métodos para obtener cristales: por la evaporación del disolvente en una solución saturada y aprovechando la sublimación de algunas sustancias. Con base en lo

anterior se diseñó la segunda actividad de esta práctica que consiste en obtener cristales de sulfato de cobre y cristales de yodo. Lo anterior se diseñó con el objetivo de que los alumnos reconozcan que dependiendo de las propiedades fisicoquímicas de las sustancias se elige la técnica más adecuada para cristalizarlas.

La versión con los cambios realizados se pueden observar en las páginas 111-123.

📄 Práctica 4: Cromatografía

Diseño

La práctica de cromatografía se diseñó tomando en cuenta que se trata de una de las técnicas más utilizadas en el ámbito forense, desde su versión más sencilla como es la técnica en papel o en capa fina, hasta las más sofisticadas como la de gases y la de líquidos. En el ámbito forense, la técnica de cromatografía en capa fina, se utiliza en la comparación de tintas impresas en diversos documentos, en la comparación de muestras de sangre, en combinación con pruebas presuntivas, en la detección de analitos de interés en orina o sangre, es decir: la cromatografía tiene un gran campo de aplicación en el área forense.

Al respecto, en la reunión del colegio de profesores de química de la LCF se discutió la relevancia que tiene la cromatografía a lo largo de todas las asignaturas de química y se decidió que cada asignatura trataría la actividad experimental empleando un tipo diferente de mezcla a separar. En QG se decidió separar tinta de bolígrafos por la aplicación que tiene en áreas de la criminalística, disciplina que coadyuva con la ciencia forense, sin embargo, se acordó emplear otras mezclas como el extracto de algunas plantas y colorantes artificiales, para hacer más vistosas las separaciones.

Por su parte, en el curso de QO se emplean mezclas de medicamentos para separar mediante cromatografía en capa fina y en las asignaturas de QF y TF se trabaja con pesticidas y drogas de abuso empleando la cromatografía de gases y de líquidos.

Para el caso de QG se diseñó una práctica en la que los alumnos comenzaran a familiarizarse con el lenguaje y los fundamentos empleados en la cromatografía, además de conocer una de las especialidades más conocidas en el ámbito forense: la documentoscopia. Se trata de una disciplina del área forense que se encarga del estudio y análisis de los documentos modernos, públicos o privados, utilizando distintos métodos y técnicas como la cromatografía, a fin de establecer su autenticidad.

En la primera actividad de esta práctica se les pide a los alumnos que elaboren una metodología para encontrar las mejores condiciones para la separación de tres analitos: extracto de bugambilia, azul de metileno/Ácido Benzoico y tinta de bolígrafo. Para ello se les proporcionan tres tipos de fases estacionarias: placas de silica gel, papel filtro y columnas de silica gel, además 4 fases móviles: etanol, hidróxido de amonio, ácido acético y butanol. Al final de esta actividad deben elaborar un cuadro en donde resumen las mejores condiciones para la separación de cada muestra y la justificación de esta elección. Para desarrollar cada una de las técnicas se anexa un documento de apoyo en donde se explica cómo emplearlas.

El objetivo es que los alumnos reconozcan que la elución de una sustancia en cromatografía, depende de la fase móvil y de la fase estacionaria o bien de las condiciones a las que se someta y que es una técnica que, a través de la comparación, ayuda a identificar una muestra problema.

La segunda tarea que tienen los alumnos, es experimentar con una de las técnicas cromatográficas que utilizan los especialistas en documentoscopia para comparar la tinta de documentos y verificar si coinciden entre sí. Aprovechando que en la primera actividad de esta práctica ya llegaron a la conclusión de qué fase móvil y estacionaria son más adecuadas para separar la tinta de bolígrafo, ahora las compararán con las que propone la técnica que utilizan los especialistas y realizarán una observación sobre cuál es más eficiente.

Como parte de la evaluación final, los alumnos deben entregar un resumen sobre las mejores condiciones (fase móvil y fase estacionaria) para separar el extracto de

bugambilia, el azul de metileno/Ácido Benzoico y la tinta de bolígrafo y justificar el porqué de la elección de dichas fases. Además deben describir los problemas a los que se enfrentaron para desarrollar cada una de las técnicas. Finalmente deben de analizar la comparación de los resultados al separar tinta de bolígrafo utilizando la técnica empleada en documentoscopia y la propuesta por ellos con base en la primera actividad.

Implementación

En la primera actividad de esta práctica, la mayoría de los equipos emplearon combinaciones azarosas de las fases (móvil y estacionaria) y las muestras a separar, mientras que solo algunos definieron un plan de trabajo delimitando las fases móviles que utilizarían. Sin embargo, ninguno de ellos consideró los principios teóricos revisados en clase ni las tareas asignadas al tema de cromatografía. Por lo cual se puede decir que el objetivo de esta actividad se cumplió parcialmente, ya que, pese a que los alumnos aprendieron la manipulación del material implicado en el desarrollo de la cromatografía, no reflexionaron sobre las mejores condiciones para realizar una separación mediante esta técnica.

Por otra parte, el hecho de que la mayoría de los alumnos realizaran combinaciones azarosas durante esta primera actividad, los dejó sin tiempo para realizar el resto de la práctica. Mientras que aquellos equipos que fueron más selectivos al plantear su metodología, sí pudieron desarrollar la segunda actividad. Posteriormente, se planeó una discusión grupal con el profesor para que estos equipos compartieran sus resultados y se aclararan puntos importantes que los alumnos debieron considerar para plantear su metodología.

A pesar de que trabajaron sin una metodología fundamentada, durante la discusión los alumnos cayeron en cuenta de que no hay una receta para realizar una buena cromatografía, sino que dependiendo de la muestra a separar se elige la fase móvil y la fase estacionaria. Lo anterior se complementó con los resultados que compartieron los equipos que realizaron la segunda actividad; las condiciones que dicta la

documentoscopia para extraer y eluir la tinta de documentos no es efectiva, pues algunas tintas no se lograron extraer del documento y algunas no se separaron.

Finalmente se llegó a la conclusión general de que no existen condiciones estándar para realizar una cromatografía, sino que estas dependerán de las características de la muestra a separar.

Observación

En este caso los resultados de la puesta en práctica de las actividades llevaron a los siguientes cambios:

Para minimizar el gasto de material y el tiempo destinado a la primera actividad, en la versión final se decidió trabajar sólo con tintas de bolígrafos.

Asimismo la práctica se complementó con la solicitud de un trabajo previo consistente en:

- La lectura de un artículo en donde se explican los términos y los principios de la cromatografía.
- Búsqueda bibliográfica de las estructuras moleculares de las fases (móvil y estacionaria) y de los componentes de la tinta de bolígrafos que emplearán en el desarrollo experimental.
- Clasificación de las estructuras moleculares en polares y no polares.
- Planear una metodología basándose en los resultados del trabajo previo, para encontrar las mejores condiciones para separar la tinta de bolígrafo.

Dichas modificaciones se encuentran integradas en la versión final del manual que se presenta en la sección de resultados.

La versión con los cambios realizados se pueden observar en las páginas 124-135.

Práctica 5: Marcha analítica de cationes

Diseño

En el trabajo forense es muy común encontrar técnicas que se emplean en la identificación de cationes metálicos, por ejemplo: en aguas residuales contaminadas, residuos de deflagración de armas de fuego, en la composición de la tierra encontrada en diferentes escenas del crimen, vestigios en tejidos biológicos, etc. Las principales técnicas para detectarlos e identificarlos son de tipo instrumental, sin embargo, a toda prueba instrumental antecede una prueba presuntiva, es decir una reacción química que detecta un catión metálico de interés mediante un cambio de color o cambio de estado de agregación. Pese a que estas pruebas gozan de peso legal en el trabajo forense muchas veces no se consideran las condiciones que se requieren para tener un resultado confiable.

Considerando lo anterior se decidió incluir en el manual una marcha analítica de cationes. Dicha técnica consiste en la separación e identificación cualitativa de los iones que se encuentran en una muestra dada. Involucra una serie de pasos basados en reacciones químicas en donde los iones se separan en grupos que poseen características comunes, como la solubilidad de sus respectivos hidróxidos a un determinado pH. Luego estos grupos de iones pueden ser tratados con un reactivo, en las condiciones químicas adecuadas, para identificarlos mediante la formación de un complejo coloreado o la formación de un precipitado.

En este caso los componentes de la mezcla a separar son 4 cationes recurrentes en problemas de contaminación ambiental: Pb, Hg, Ni y Cd. Para minimizar el impacto ecológico de esta actividad, la mezcla que se les proporciona a los alumnos es de apenas 3 mL. Con el propósito de agilizar y hacer más eficiente la actividad se elaboró un diagrama de flujo, el cual se explica paso a paso antes de empezar la clase junto con las medidas de higiene y seguridad así como la correcta disposición de residuos.

Otra de las técnicas que se utilizan para el análisis cualitativo de cationes metálicos es el ensayo a la flama, el cual reconoce su presencia por el color que aparece al exponerlos a la flama de un mechero. Implementando este ejercicio se pretende introducir al alumno al tema de la espectroscopia, un tema recurrente en la asignatura de QF. Además de iniciar al alumno en este tema, se pretende que reconozca las ventajas y desventajas que tiene esta herramienta.

Para la evaluación final de esta práctica los alumnos deben entregar un diagrama de flujo comentado, es decir, en cada paso del diagrama deben explicar el equilibrio químico presente, las condiciones a las que se somete el sistema (pH, concentración y temperatura) y describir los problemas a los que se enfrentaron al realizar la práctica. Adicionalmente deben realizar una tabla con las fotografías tomadas de cada ensayo a la flama, describir el color observado, así como las ventajas y desventajas de la técnica y realizar una investigación bibliográfica sobre los principios teóricos en que se fundamenta.

Implementación

La primera actividad de esta práctica resultó un reto para los alumnos, pues se enfrentaron al minucioso trabajo que representa manipular pequeñas cantidades de muestra. Lo anterior tuvo como consecuencia que algunos equipos no terminaran de separar los cationes por la pérdida de muestra durante la experimentación. Las causas de perder la muestra pueden ser: la falta de experiencia en el manejo del material y equipo que se emplean en este tipo de metodologías y/o la falta de comprensión del diagrama de flujo.

Por otra parte, a lo largo de la experimentación surgieron muchas preguntas sobre la razón por la que se tiene que fijar el pH, la cantidad de reactivo que se debe añadir y la causa de los colores tan llamativos que generan algunos de los productos. Estas interrogantes se contestaron al alumno a lo largo de la práctica, enfatizando sobre

cómo seguir al pie de la letra las indicaciones del diagrama y sobre el equilibrio químico presente en cada paso.

En este caso el objetivo se cumplió parcialmente pues los alumnos conocieron de forma práctica algunos de los equilibrios químicos existentes y los factores implicados en los mismos, sin embargo, el tiempo no fue suficiente para desarrollar la segunda actividad, por lo que se decidió cancelarla.

Observación

Una vez que se hizo un análisis sobre los resultados obtenidos en la implementación de esta práctica, se decidió elaborar un documento de apoyo en donde se explican tres propiedades químicas que se utilizan para la identificación de iones: color de la flama (ensayo a la llama), capacidad para formar sales insolubles (precipitación) y capacidad para formar complejos solubles en solución acuosa (pruebas colorimétricas). Lo anterior con el objetivo de que el alumno refuerce antes de la práctica, los principios teóricos de la marcha analítica de cationes y del ensayo a la flama.

Para que el alumno repase y pueda agilizar su trabajo en el laboratorio, se entrega previo a la sesión el diagrama de flujo que explica paso a paso cómo se realiza la separación de los cationes.

La versión con los cambios realizados se pueden observar en las páginas 136-147.

📄 Práctica 6: Pruebas presuntivas

Diseño

En la fase de planeación del manual, se discutió con los profesores la relevancia que tienen las pruebas presuntivas en el trabajo forense y la importancia de hacer reflexionar al alumno sobre el peso legal de que gozan dichas pruebas, pese a que

muchas veces se efectúan sin considerar los factores que las afectan como el pH, la concentración y la temperatura, o bien, sin contemplar los falsos positivos.

Por ejemplo, actualmente para detectar si una persona tiene residuos de deflagración de armas de fuego en sus manos, específicamente Pb^{2+} y Ba^{2+} , se frota la piel de sus manos con un hisopo remojado en ácido clorhídrico al 5%. Posteriormente el hisopo se remoja en agua acidificada, misma que se hace reaccionar con una solución saturada de rodizonato de sodio ($Na_2C_6O_6$) a un pH específico de 2.8 para detectar Ba^{2+} y a un pH superior para detectar Pb^{2+} , virando en presencia de éstos a rosa y morado respectivamente.

Las características o cambios observados en los que se fundamenta dicha prueba pueden verse afectados por los siguientes factores: el tiempo transcurrido desde la ocurrencia del hecho hasta la realización de la prueba, el estado del rodizonato de sodio (se comienza a descomponer en 4 horas), el pH de la solución buffer, la correcta aplicación de la técnica, las condiciones de las manos que se someterán a la prueba (si se ha mojado o transpirado podría perderse los residuos), el material con que se extrae la muestra (cinta con adhesivo, hisopos o telas de algodón), el armamento que se utilizó para el disparo; la cantidad de disparos efectuados, la cadena de custodia desde que se recolectó el material hasta que se somete a análisis, etc. Pese a todos los factores que intervienen en esta técnica, actualmente el resultado que se obtiene es legalmente determinante y frecuentemente utilizado para sentenciar al individuo en cuestión.

Considerando lo anterior, la presente práctica se diseñó eligiendo algunas pruebas presuntivas recurrentes en el trabajo forense con el objetivos de que los alumnos, a través de una búsqueda bibliográfica, entiendan la importancia, el uso y las variables implicadas en estas. Además, que conozcan las condiciones bajo las cuales deben efectuarse estas pruebas para tener un resultado confiable y para que evalúen su efectividad en presencia de muestras que ocasionan falsos positivos y cuando se modifican variables como pH, temperatura y concentración.

A continuación se describen las pruebas presuntivas que se eligieron para incluirse en esta práctica:

Detección de saliva: El Yodo disuelto en una solución de yoduro de potasio reacciona con el almidón produciendo un color púrpura intenso. Al adicionar saliva, la cual contiene amilasa, el almidón se descompone en unidades más pequeñas de carbohidrato y el color púrpura intenso desaparece. Esta prueba es para detectar amilasa, una enzima producida principalmente por las glándulas salivales.

Rodizonato de sodio: Sirve para detectar los residuos de las sales nitrato de plomo y nitrato de bario, que quedan en las manos de una persona que ha disparado un arma de fuego. El color que se observa al adicionar rodizonato de sodio a la mezcla de nitrato de bario y plomo es rojo escarlata. Pero al adicionar una solución amortiguadora a la mezcla se observa únicamente el color morado característico del Ba^{2+} . Fijando el valor de pH a 2.8 con una disolución buffer el rodizonato de sodio es muy afín al Ba^{2+} , siendo el color morado el que predomina. Al adicionar suficiente ácido clorhídrico la acción fijadora de la solución buffer se rompe ocasionando el aumento del pH, revelando un color azul que confirma la presencia de Pb^{+2} .

Técnica de Griess: Es útil para identificar iones nitritos (NO_2^-) que han quedado como residuo en personas o zonas cercanas al lugar donde se ha disparado un arma de fuego. La reacción que se efectúa en la identificación de nitritos es llamada de diazotación. La amina presente en el ácido sulfanílico reacciona con los nitritos para formar una sal de diazonio, esta reacción debe llevarse a cabo en medio muy ácido para conseguir la formación de la sal de diazonio. La etapa siguiente es hacerla reaccionar con la alfa-naftilamina para producir un compuesto colorido. Las sales de diazonio se descomponen con facilidad si no se enfría el sistema, por lo que para efectuar la diazotación generalmente es necesario mantener la temperatura de reacción normalmente entre 0 y 5°C.

Técnica de Adler: El grupo hemo de la hemoglobina puede descomponer el peróxido de hidrógeno en oxígeno y agua. El oxígeno a su vez oxida a la bencidina formando

un compuesto intensamente azul. Dicho cambio permite detectar la presencia de sangre, al menos de manera presuntiva.

Las pruebas presuntivas que se eligieron, como sucede con la mayoría de las reacciones, son dependientes de factores como pH, la temperatura y la concentración.

La primer parte de esta práctica consiste en recrear las pruebas presuntivas, con el propósito de que el alumno se familiarice con los reactivos utilizados, con la sustancia que se pretende detectar (objetivo), el orden en que se adicionan los reactivos y que sea capaz de identificar algunos factores que afectan la reacción.

Para desarrollar la segunda parte, se proporcionan a los alumnos muestras que dan falsos positivos de cada prueba o bien muestras que se sabe darán una respuesta positiva porque contiene una sustancia que actúa parecido al analito a identificar. Los estudiantes deben desarrollar las pruebas en presencia de estos falsos positivos. Los falsos positivos se pueden encontrar deliberadamente o no en una escena del crimen y alterar los resultados de una prueba presuntiva. El objetivo de la segunda parte de esta práctica es que los alumnos conozcan que las reacciones químicas no son completamente selectivas y pueden reaccionar con sustancias que actúan similar al analito de interés.

Como parte de la evaluación final los alumnos deben entregar un resumen de cada una de las pruebas presuntivas realizadas, destacando las ventajas, desventajas y observaciones. Además hacen un breve análisis de los principales factores que las afectan (pH, temperatura y concentración) así como de las condiciones que dan lugar a los falsos positivos que interfieren en su respuesta.

Implementación

Los alumnos trabajaron con gran entusiasmo en esta práctica, debido a que les resulta clara la relación y aplicación que tiene en su carrera. Al realizar cada una de las pruebas observaron que todas tienen condiciones especiales para llevarlas a cabo. Se mostraron asombrados al caer en cuenta que estas pruebas, siendo tan susceptibles, son las que se emplean actualmente en el trabajo forense, y que los resultados obtenidos así, pueden ser un elemento para determinar la culpabilidad o inocencia de una persona.

Al realizar la prueba de serología observamos que es una prueba prolongada, pues la saliva no actúa tan rápido para destruir el almidón y decolorar la mezcla de reacción. Si la solución de yodo/almidón está muy concentrada, el color azul es muy intenso y difícilmente una poca cantidad de saliva ocasionará un cambio de color considerable. Para ver el grado de decoloración los alumnos reflexionaron sobre la importancia de tener un blanco, es decir, una muestra que contenga todos los reactivos y disolventes usados en la prueba pero sin la sustancia a identificar. Esto con el propósito de descartar que el cambio de color o precipitación suceda en ausencia del analito de interés. Además, propusieron diluir el indicador de yodo/almidón para que con la poca cantidad de saliva que tenían se apreciara un cambio de color considerable.

Al desarrollar la prueba del rodizonato de sodio comenzaron a reflexionar sobre la importancia de fijar adecuadamente el pH y se les explicó la importancia de las disoluciones amortiguadoras para este fin. Al desarrollar la prueba, algunos equipos obtuvieron resultados confusos, los colores de los productos no eran tan claros e incluso se confundían con el color del rodizonato de sodio (anaranjado) que al estar saturado no permitía ver con claridad el color de los productos. Repitiendo la prueba varias veces, observaron que lo importante es fijar el pH en cada paso, es decir, colocar la cantidad de buffer que se indica en la metodología, lo más exacto posible pues de ello depende que el color de la sustancia de interés predomine. Por otra

parte, para evitar que predominara el color del rodizonato, los alumnos propusieron diluirlo y tener un blanco.

Cuando realizaron la técnica de Griess, se percataron de que el color que indica la presencia de nitritos es muy parecido al color de uno de los reactivos que se usa para identificarlos, destacando una vez más la importancia del blanco. Notaron la importancia del control de la temperatura y que el orden en que se colocan los reactivos influye: si no enfriaban adecuadamente el material a utilizar y los reactivos, la reacción no daba una respuesta positiva aún en presencia de nitritos. Reflexionaron sobre la importancia de conocer la reacción para colocar los reactivos en el orden adecuado.

En cuanto a los falsos positivos, examinaron que hay pruebas que son más selectivas que otras, por ejemplo, la prueba de rodizonato de sodio es susceptible a diferentes cationes metálicos, sin embargo, el color resultante es diferente. En contraste, pruebas como la de Adler reaccionan con oxidantes fuertes como el hipoclorito de sodio y con algunos vegetales como el rábano o la papa, dando una respuesta muy similar a la que sucede con sangre, incluso pueden llegar a confundirse. Con esto, los alumnos entendieron que las reacciones químicas no son completamente selectivas, y que los resultados obtenidos así deben ser confirmados con técnicas instrumentales. Además reafirmaron la importancia de conocer el fundamento de la reacción involucrada en una prueba presuntiva, pues así reconocen qué sustancias pueden interferir en los resultados.

El objetivo se cumplió, pues los alumnos entendieron la importancia, el uso y las variables implicadas en las pruebas presuntivas o reacciones químicas. Identificaron las condiciones bajo las cuales se efectúan para tener un resultado confiable y evaluaron la efectividad de las pruebas presuntivas en presencia de muestras que ocasionan falsos positivos. Lo que, en el ejercicio de su profesión, les permitirá tener una actitud crítica y actuar riguroso.

Observación

En este caso tras la implementación y observación de los resultados se decidió hacer los siguientes cambios:

Los alumnos reafirmaron a lo largo de la experimentación la importancia de conocer el fundamento de la reacción química que ponen a prueba, para poder considerar qué sustancias pueden interferir en sus resultados (falsos positivos), a que condiciones de pH, concentración y temperatura debe desarrollarse y en qué orden deben colocarse los reactivos. Considerando lo anterior, en la versión final se decidió incluir una breve explicación del fundamento químico de cada una.

Asimismo, para complementar esta práctica, se diseñó la actividad tres. Consiste en que los alumnos elijan una prueba presuntiva de las desarrolladas en esta práctica y diseñen una metodología para someter las condiciones a las que se desarrolla a cambios de pH, temperatura y concentración.

La versión con los cambios realizados se pueden observar en las páginas 148-155.

📄 Práctica 7: Elaboración, resolución y presentación de un caso forense

Diseño

Esta actividad se diseñó con el objetivo de reforzar las actividades experimentales vistas a lo largo del curso, contextualizándolas con un caso forense planteado por los alumnos. Asimismo se promovió que se tratara de un caso interdisciplinario, es decir, que los alumnos emplearan conocimientos adquiridos en las diferentes asignaturas que cursan en el primer semestre.

La actividad consta de tres partes: En la primera los alumnos describen un caso forense que pueden retomar de algunas revistas, libros, artículos de divulgación o bien inventarlo ellos mismos. Además deben preparar una serie de indicios que se

analicen mediante la aplicación de algunas de las metodologías aprendidas hasta el momento en la clase de química (**cristalización, cromatografía, densidad, pruebas presuntivas, prueba a la flama, etc.**). Junto a la descripción del caso deben preparar fotografías y un croquis de la presunta escena del crimen.

La inclusión de fotografías y el croquis favorecen que los alumnos apliquen temas vistos en la asignatura de fotografía forense, tales como el control de la exposición fotográfica y las normas fotográficas en el desarrollo de la investigación de un presunto hecho delictivo.

Unas de las principales herramientas del trabajo forense son las solicitudes de peritaje y la cadena de custodia. La cadena de custodia es un sistema de control y registro que se aplica al indicio, desde su localización, descubrimiento o aportación, en el lugar de intervención, hasta que la autoridad competente ordena su conclusión. Por su parte la solicitud de peritaje es una petición de un informe técnico que realiza un especialista tras analizar el indicio. Durante el mismo semestre en que cursan QG, los alumnos abordan estos temas en las asignaturas de Nociones de derecho e Introducción a la ciencia forense, por lo que se les pide que acompañen cada indicio tanto con los formatos de cadena de custodia como con una solicitud de peritaje. Como parte de la cadena de custodia, ellos deben realizar una búsqueda bibliográfica para embalar y etiquetar correctamente los indicios.

Posteriormente los alumnos tienen una sesión de laboratorio para preparar y embalar los indicios con sus respectivos formatos de cadena de custodia y orden de peritaje. Para hacerlo es indispensable que una semana antes de la sesión de preparación, entreguen al profesor una lista con el material que requieren para preparar los indicios. Junto con la lista de material y reactivos, entregan un diagrama ecológico para poder clasificar adecuadamente sus residuos.

En la segunda parte cada caso diseñado, junto con los documentos y los indicios, será asignado a otro equipo para que lo resuelva. En el momento de la entrega los equipos deben revisar que los formatos de cadena de custodia estén adecuadamente requisitados y los indicios bien etiquetados y embalados.

Al recibir el caso asignado, los equipos tienen una semana para planear los análisis que llevarán a cabo y entregar la lista de material que requieren para trabajar en el laboratorio. Posteriormente realizan los análisis correspondientes para responder las preguntas planteadas en la solicitud de peritaje. Además deben sugerir y hacer (si hay tiempo y las condiciones) otras pruebas que puedan ayudar a resolver el caso de forma contundente.

Como se explicó anteriormente, una labor fundamental del científico forense es estar presente a lo largo del proceso penal aconsejando a los diferentes actores participantes (juez, abogado, perito, criminalista, etc.) sobre los análisis pertinentes a los que se puede someter un indicio, por lo cual deben desarrollar, entre otras cosas, el pensamiento crítico.

Para la tercera parte de esta actividad, los alumnos deben entregar en formato electrónico la descripción de las metodologías aplicadas, los resultados obtenidos y su análisis. Además deben preparar una presentación de no más de 10 minutos, en la que se describan el caso a resolver, la metodología que siguieron y la respuesta a las solicitudes de peritaje. En la última sesión de laboratorio se exponen los casos ante el grupo y los profesores, de tal manera que todos sean partícipes de las observaciones críticas a cada trabajo.

Implementación

La actividad se desarrolló con mucho entusiasmo por parte de los alumnos, quienes estuvieron constantemente asesorándose con los profesores para elaborar un mejor caso. La mayoría de los equipos inventaron su caso mientras que los menos se basaron en artículos de divulgación que se presentaron a lo largo de las clases teóricas de QG. Para poder preparar los indicios, los alumnos elaboraron un informe solicitando el material de vidrio, la cantidad de reactivo que utilizarían para preparar sus indicios y diseñaron un diagrama ecológico para disponer adecuadamente los residuos que generarían.

En la sesión experimental destinada a preparar los indicios, además de prepararlos, los alumnos se aseguraron de que la respuesta a la pregunta planteada en la solicitud de peritaje se pudiera obtener adecuadamente aplicando una de las técnicas vistas. Los indicios que prepararon consistieron principalmente en: objetos impregnados con sangre o cationes metálicos, muestras de vidrio con huellas dactilares, documentos supuestamente falsificados, mezclas de sales o medicamentos, hisopos contaminados con el lavado de las manos de un individuo sospechoso para someterlo a pruebas presuntivas, entre otros. Además, incluyeron algunos elementos como maquillajes, bolsas, zapatos, joyería y notas para complementar su caso.

Realizaron una búsqueda bibliográfica completa, pues junto con sus indicios bien embalados y etiquetados, elaboraron adecuadamente sus solicitudes de peritaje y requisitaron bien los formatos de cadena de custodia.

En la segunda parte que consiste en intercambiar los casos para darle resolución, los alumnos anotaron en sus bitácoras aquellos errores (cuando los había) en el embalaje, etiquetado y llenado de los formatos de cadena de custodia.

En su mayoría, las solicitudes de peritaje pedían comprobar si dos muestras coincidían: Comparar el vidrio de la escena del crimen con el encontrado en la ropa del sospechoso, las tintas del documento con la tinta de la pluma que utiliza el individuo sospechoso, etc. En cambio otras solo requerían que se dijera si una determinada muestra era sangre, plomo, bario, etc. Los primeros obtuvieron buenas respuestas e incluso propusieron una recreación de los hechos ocurridos, en cambio los segundos se limitaron a buscar valores en la literatura para poder identificar las muestras que recibieron. Con lo anterior, los alumnos entendieron que la mayoría del trabajo forense consiste en comparar si dos muestras coinciden; ya sea porque tienen dos o más para someterlas a análisis y corroborar su coincidencia o bien analizar solo una para compararla con una base de datos.

Para resolver los casos emplearon todas las técnicas vistas en el laboratorio: determinación de densidad, cromatografía, cristalización, ensayos a la flama, pruebas presuntivas y marcha analítica de cationes. Además a partir de la investigación bibliográfica previa incluyeron metodologías como la medición de punto de fusión, la recolección de huellas dactilares con yodo, elución de labiales con cromatografía en capa fina, medición de densidad de líquidos y algunas pruebas presuntivas para detectar cationes metálicos.

Para presentar los casos, prepararon exposiciones que contenían la descripción del caso, de los indicios, las preguntas de la solicitud de peritaje, hipótesis, metodología para resolver el caso y las conclusiones. Esta tercera parte resultó de mucho provecho ya que a lo largo de las presentaciones, los alumnos se mostraron muy críticos con las metodologías que siguieron sus compañeros para dar respuesta a la solicitud de peritaje. Retomaron las reflexiones que hicieron a lo largo de las prácticas, sobre la eficacia de los métodos y con base en esto cuestionaron los trabajos hechos.

Otra de las reflexiones que hicieron los alumnos fue sobre la importancia que tienen sus asignaturas posteriores como QO, BQ, QF y TF para seguir proporcionándoles fundamentos teóricos y el manejo de las herramientas instrumentales para complementar el correcto tratamiento a un indicio.

El objetivo de esta práctica se cumplió, pues los alumnos desarrollaron el pensamiento crítico, desarrollaron protocolos de análisis y reflexionaron sobre cuestiones importantes en el trabajo forense como la Cadena de Custodia, el procesamiento de los indicios y la calidad de los peritajes

Observación

Después de la puesta en práctica se consideró que el objetivo de la práctica se cumplió exitosamente, de esta manera, los cambios que se realizaron solo fueron

para mejorar el formato, es decir: inclusión de imágenes y de referencias bibliográficas para guiar al alumno a lo largo de su propuesta. La práctica en su versión final se encuentra en las páginas 156-168.

Hasta aquí se ha descrito el proceso de planificación, actuación, observación, y reflexión que se siguió para la elaboración del manual de prácticas en su versión final, el cual se muestra a partir de la página 80. A continuación se expone los instrumentos de evaluación que se emplearon para monitorear la eficacia de cada una de las actividades. Se dedica una sección exclusiva por considerarse que la información obtenida con ellos resultó fundamental para la adecuación de las actividades.

Instrumentos de evaluación

Buena parte de las modificaciones realizadas a las prácticas estuvieron fundamentadas en los resultados obtenidos mediante la aplicación de los instrumentos de evaluación. Por lo anterior dichas herramientas seguirán formando parte del manual y seguirán siendo guías para futuras modificaciones, así continuará la espiral de ciclos del modelo de investigación-acción.

El tipo de instrumentos de evaluación que se incluyó en las actividades son: actividades de indagación, cuestionarios previos, autoevaluaciones, rubricas y los diagramas ecológicos.

En las actividades de indagación los alumnos tienen la libertad y el tiempo para explorar, y hallar sentido a los fenómenos estudiados. Con este tipo de actividades los alumnos reflexionan sobre las complicaciones que surgen en cada paso de la metodología que proponen y piensan cómo complementarla, es decir, los alumnos se enfrentan a problemas y tienen que decidir en ese momento cómo resolverlos. Con base en esto, durante la puesta en práctica del manual, se decidió dar más tiempo a este tipo de actividades, por ejemplo en el caso forense las sesiones se extendieron

para que los alumnos tuvieran más tiempo para poner a prueba y mejorar las metodologías propuestas.

Las autoevaluaciones se entregaron a los alumnos en formato electrónico mediante el aula digital Edmodo junto con las prácticas y debían contestarlas en sus bitácoras como parte de su trabajo previo. Estas consisten en que los alumnos valoren el grado de conocimiento que tienen de un concepto antes y después de la práctica. Un ejemplo es la autoevaluación anexada en la práctica de densidad, la cual se muestra a continuación. (Ver tabla 5)

Autoevaluación para el alumno

Estudio previo	Sobre el grado de conocimiento que tienes sobre cada concepto
Si no has estudiado el tema antes:1	Si no lo conoces:1
Si has estudiado el tema antes: 2	Si lo conoces poco:2
	Si lo conoces bastante bien:3
	Si podrías explicarlo a otra persona:4

Concepto	Estudio previo	Grado de conocimiento	
		Antes de la practica	Después de la practica
Propiedad intensiva			
Propiedad extensiva			
Densidad			
Principio de Arquímedes			
Precisión			
Exactitud			
Error en la medición			

Tabla 5. Autoevaluación para los alumnos anexada en la práctica 2 *Densidad*.

Estos conceptos son importantes para alcanzar el objetivo de la práctica. Que el alumno reconozca que una de las formas de clasificar las propiedades de las sustancias es en extensivas e intensivas y que estas últimas permiten caracterizarlas; tal es el caso de la densidad. También que desarrolle algunas de las

técnicas para medirla en diferentes materiales según sus características e introducirlos al concepto de error en la medición. Aquellos términos que los alumnos valoraron bajo o igual, antes y después de la práctica se reforzaron en los documentos de apoyo.

A través del aula digital Edmodo se realizó la entrega de tareas, reportes de laboratorio, se realizaron los exámenes y cuestionarios previos. Contar con esta herramienta nos dio la posibilidad de organizar los trabajos de los alumnos, calificarlos y mantener la comunicación en horas extra clase. Sobre todo fue posible ofrecer retroalimentación a la mayoría de las tareas, lo cual resulta fundamental para que los alumnos reconozcan sus fallas así como sus aciertos. La retroalimentación es característica de la llamada evaluación formativa, pues favorece la regulación y toma del control por parte de los estudiantes en el proceso de enseñanza aprendizaje. Por su parte los cuestionarios previos a una sesión de laboratorio consistían en preguntas derivadas de la metodología de las actividades o sobre fundamentos que se debían investigar como parte del trabajo previo. Con los resultados obtenidos se apreciaba el grado en que los alumnos preparaban dichas tareas. Lo anterior permitió desarrollar a detalle cómo se guiaría al alumno para preparar un trabajo previo completo y en qué actividades sería necesario diseñar diagramas de flujo o documentos con metodologías paso a paso.

Al final del curso de QG se elaboró una práctica sobre el tema de equilibrios ácido base, la cual contiene una rúbrica en donde se enlistan las secciones, graficas, imágenes, cuestionarios, tablas, etc. que debe contener el informe final. Los elementos que forman parte de éste se piden con el objetivo de que el alumno reflexione sobre la relevancia que tiene cada actividad en el desarrollo de su ejercicio profesional. Con esta guía los alumnos entregaron informes muy bien preparados, incluso aquellos que a lo largo del semestre mostraron un bajo desempeño. Por lo anterior se decidió incluir una rúbrica para la elaboración del informe final en cada una de las prácticas.

La inclusión de los diagramas ecológicos en todas las prácticas, permitió al alumno ver de manera clara y ordenada la adecuada disposición de los residuos y entender que absolutamente todo lo que se genere tiene una manera de desecharse. A lo largo del curso los alumnos adquirieron el hábito de clasificar sus residuos y si alguno no se encontraba en el diagrama ecológico preguntaban al profesor dónde colocarlos.

Con los alcances derivados de la implementación, la observación y los instrumentos de evaluación se realizaron las modificaciones para tener el manual en su versión final, principal producto de esta tesis.

6. RESULTADOS

En la sección anterior, correspondiente a la metodología, se han descrito las fases de investigación-acción que se siguieron para tener la versión final del manual.

Con los resultados de la implementación, la observación y los instrumentos de evaluación se realizaron las modificaciones para tener el manual en su versión final. En general las principales modificaciones que se realizaron al manual son;

- Mejorar el formato incluyendo caratulas, ligas de internet, tablas y figuras.
- Incluir una descripción más detallada de la planeación de las actividades de indagación, en el caso de ser metodologías paso a paso se ilustraron con diagramas de flujo.
- Agregar documentos de apoyo, los cuales contienen la teoría que respalda las actividades experimentales y su relación con el ámbito forense.
- Incluir la guía de elaboración del informe en todas las prácticas, con lo que los alumnos mostraron un mejor desempeño en la entrega de reporte.
- Diagrama ecológico para la disposición correcta de residuos.

Con ello se alcanzó el objetivo final que es contribuir en la formación de los estudiantes y los profesores de la LCF elaborando material didáctico adecuado a los objetivos de aprendizaje y a las competencias por desarrollar que indica el programa de estudios de la asignatura de química general. Se presenta ahora la versión final de manual, es decir, con las modificaciones derivadas de los resultados de la implementación y la observación.

La descripción de cada una de las secciones que se modificaron se resume en la siguiente tabla (Ver tabla 6):

Sección	Descripción
1. Carátula	Datos de la práctica, competencias a desarrollar y objetivos de aprendizaje.
2. Material y reactivos	Lista de materiales y reactivos que se utilizarán durante el desarrollo de la práctica.
3. Introducción teórica y trabajo previo	Breve introducción teórica del tema a tratar en la actividad experimental, y trabajo previo para reforzar conceptos y planear metodología experimental.
4. Actividades de indagación y metodología paso a paso	Metodología a realizar para dar cumplimiento al objetivo planteado.
5. Documento de apoyo	Documento que contiene las bases teóricas de la actividad experimental así como su relación al ámbito forense
6. Entrega de informe	Guía para la elaboración de entrega de resultados.
7. Diagrama ecológico	Información sobre la disposición de residuos generados.

Tabla 6. Estructura general de la versión final del manual

6.1 BIENVENIDO AL LABORATORIO



Facultad de Medicina
Licenciatura en Ciencia Forense
Laboratorio de Química General

PRÁCTICA UNO “Presentación de laboratorio”

Competencias a desarrollar

- ☑ Actuación con bases científicas y desarrollo del pensamiento crítico.
 - Identifica las características de calidad científica de los laboratorios forenses.

Objetivos

Que el alumno conozca:

- ☑ El reglamento de laboratorio, de préstamo de material, de seguridad y de clasificación de residuos.
- ☑ El material de vidrio implicado en el desarrollo de las prácticas de la asignatura de Química General.

1. BIENVENIDO AL LABORATORIO

El laboratorio de química es un lugar interdisciplinario donde se tiene que usar el ingenio y el conocimiento de otras ciencias como la física y la biología con el fin de abordar y resolver problemas. Un laboratorio es un área especial de trabajo que requiere un conocimiento técnico y teórico que permita llevar a cabo experimentos inteligentes que deriven en conclusiones claras.

Algunas veces tendrás que seguir protocolos y normas precisas que te indican las pruebas que tienes que hacer y cómo hacerlas; otras veces te enfrentarás a situaciones nuevas que carecen de guías o manuales y será necesario que seas capaz de plantear una metodología coherente.

Para cualquiera de las dos situaciones mencionadas debes saber moverte en el laboratorio, conocer el material de trabajo (cristalería, equipos, reactivos) y saber utilizarlo. Tener un conocimiento suficiente de hábitos de seguridad así como prevención y manejo de situaciones de emergencia.

En tu desarrollo profesional como científico forense las conclusiones a las que llegues en el laboratorio tendrán consecuencias importantes en la resolución de un crimen y por tanto en determinar la inocencia o culpa de alguna persona. Por esta razón es importante que protejas tu integridad profesional con un registro detallado de los procedimientos y resultados que obtienes, este registro detallado conocido como bitácora es tu herramienta y defensa contra cualquier acusación, más adelante discutiremos con detalle cómo llevar una bitácora adecuada.

2. SEGURIDAD

Conociendo el laboratorio

La seguridad es un aspecto muy importante en el laboratorio y para tenerla en cuenta el primer paso es conocer el área de trabajo. La observación y la descripción es una habilidad muy importante por desarrollar en un científico forense, en tu futuro laboral tendrás que describir el lugar que es sujeto a la investigación forense, saber discernir entre los elementos importantes en la investigación y los que no lo son. Camina por el laboratorio, y dibuja un croquis, señala la ubicación de las salidas, los extintores, las tuberías y llaves de gas, e interruptores eléctricos, campanas de extracción, ventiladores. Pregunta qué hay en el interior de las gavetas y el nombre de los equipos que se encuentran sobre las mesas.

Actividad 1. En tu bitácora realiza un croquis del laboratorio de Química. Utiliza código de colores, numeradores y abreviaciones entre otros señaladores. Dibuja en el croquis todo lo que consideres relevante para tu trabajo en el laboratorio de Química: salidas de emergencia, regaderas, lavaojos, extintores, botiquín, desechos, campanas de extracción, área de técnicos, almacenes, área de balanzas, etc.

Lineamientos de seguridad

El laboratorio de química es posiblemente uno de los laboratorios más peligrosos para un estudiante de licenciatura. Esta es la razón por la que se deben seguir cuidadosamente un conjunto de reglas y normas de seguridad. Es una buena idea poner especial atención a estas reglas, por la simple razón de que las consecuencias son muy reales.

Desobedecer las reglas de seguridad no es como saltarse cualquier otra regla. Puedes salir severamente lastimado, sin apelaciones o negociaciones.

En el Apéndice A se encuentra el reglamento que contiene los lineamientos generales para el desarrollo de actividades experimentales en los laboratorios de docencia de la LCF de la Facultad de Medicina UNAM.

Actividad 2. Después de leerlo en laboratorio, imprime el reglamento y pégalo al inicio de tu bitácora de laboratorio.

Actividad 3. Ahora que has leído cuidadosamente los lineamientos de seguridad y elaborado un croquis del laboratorio, plantea un breve caso forense utilizando el croquis para situarlo. Puedes plantear una situación en la cual no se respeten los lineamientos de seguridad.

Actividad 4. En las mesas de laboratorio hay material muy diverso que será muy importante en la realización de tus próximas prácticas. Con la lista que se te proporciona a continuación (Ver tabla 1.1), identifícalo. Toma una foto del material y anéxalo a la tabla.

<p>Agitador de vidrio</p>	<p>Consiste en una varilla de vidrio con uno de sus extremos aplanado.</p> <p>La operación de agitar es frecuente en el laboratorio, para facilitar la solución de una sustancia, para promover el contacto entre reactivos y favorecer la reacción. Si el proceso de agitación es largo se recurre a medios mecánicos como los agitadores magnéticos.</p>
<p>Agitador magnético</p>	<p>Un agitador magnético consiste en una pequeña barra magnética (llamada barra de agitación) la cual está normalmente cubierta por una capa de plástico (usualmente Teflón) y una placa debajo de la cual se tiene un magneto rotatorio o una serie de electro magnetos dispuestos en forma circular a fin de crear un campo magnético rotatorio.</p>
<p>Balanza</p>	<p>Se utiliza para medir la masa de los cuerpos. Las hay de varios tipos: de doble platillo, granataria, digitales, etc.</p> <p>La balanza digital es la más cómoda en el laboratorio. Con ella se puede medir y leer en la pantalla el valor de la medida realizada, tocando previamente sobre el cero para su ajuste. Pulsando la "tara", también se ajusta a cero, aunque haya un objeto sobre el platillo. De esa forma no es necesario pesar antes el recipiente, si así se desea.</p>
<p>Bureta</p>	<p>Consiste en un tubo de vidrio graduado en mL o en 0.1 mL dependiendo de su capacidad y se utilizan para la medida exacta de volúmenes. En su extremo inferior dispone de una llave o válvula que permite controlar la salida del líquido. Se puede verter el líquido mediante goteo o con caudal constante.</p> <p>Existen diferentes tipos de buretas y de diferentes capacidades.</p>
<p>Cápsula de porcelana</p>	<p>El empleo de las cápsulas se limita a los procesos en los que se requiere calentar líquidos o evaporarlos.</p> <p>Material de forma semiesférica con un pico en su costado. Su función principal es llevar a cabo preparaciones, además es muy útil para calentar algunas sustancias, o carbonizar a altas temperaturas.</p>
<p>Codos</p>	<p>Los codos, o empalmes, son conducciones de vidrio de distintos tamaños, calibres y formas, que se utilizan para unir unos aparatos con otros mediante empalmes de goma. Su empleo es indispensable cuando se diseña un montaje para las operaciones químicas más complejas.</p>

Crisol	Son recipientes de pequeño tamaño, capaces de soportar altas temperaturas (1200 °C). Se usan frecuentemente para realizar calcinaciones.
Cristalizador	Es un recipiente cilíndrico de <i>pequeña altura y gran base</i> . Se emplea fundamentalmente para cristalizar sustancias por evaporación del disolvente. Pueden encontrarse de distintas capacidades y tamaños.
Desecador	Se utiliza para secar sustancias con productos deshidratantes o que absorban los disolventes que se quieren eliminar. En el interior, y <i>sobre una repisa horadada</i> , se sitúa la sustancia que se quiere secar, sobre un recipiente adecuado, y en la <i>parte inferior se sitúa el producto desecante</i> .
Embudos	Es un aparato de forma cónica que tiene en su extremo una prolongación tubular, terminada a bisel, para facilitar el vertido del líquido. Se emplean en las operaciones de filtración, o para trasvasar líquidos de un recipiente a otro. Embudo de decantación: se utilizan cuando lo que se pretende es separar dos líquidos no miscibles. Tiene forma cónica con boca estrecha, en su parte superior, provista de tapón, y en su extremo inferior con prolongación cilíndrica más estrecha, y con llave para facilitar la separación. Embudo de adición: es un recipiente de forma cilíndrica con boca más estrecha y presenta en el otro extremo una prolongación de menor diámetro, con una llave que permite controlar el flujo de líquido que vierte. Pueden ser graduados y de distintas capacidades Embudo Buchner: está fabricado en porcelana e incluyen una placa de vidrio sinterizado o <i>una base de porcelana perforada</i> . Estos se utilizan en la filtración a baja presión con un matraz de Büchner o kitasato, conectados a una bomba de vacío.
Espátula	Se utiliza para tomar pequeñas cantidades de productos sólidos.
Frascos	Son recipientes de uso común en un laboratorio. Sirven para guardar disoluciones o reactivos. <i>Siempre deberán ir etiquetados para identificar el</i>

	<p><i>reactivo que contienen</i>. Si se guarda en él una solución que se ha preparado, además de indicar su concentración, se debe de indicar la fecha de preparación.</p> <p>Existen frascos transparentes y opacos. Estos últimos se utilizan cuando el reactivo o la solución es fotosensible.</p> <p>Se presentan con tapones esmerilados, con tapones a rosca o con cuentagotas, y de distintas capacidades.</p>
Gradilla	La gradilla sirve como soporte para los tubos de ensayo, pipetas y otros materiales.
Matraces	<p>Son recipientes de forma esférica con cuello; no presentan graduación aunque sí indican la capacidad aproximada de volumen. Hay matraces de fondo plano o redondo, y de cuello alto o corto con diámetros variables.</p> <p>En el laboratorio se emplean fundamentalmente para calentar líquido.</p> <p>Matraces reactores: Se emplean como reactores de reacciones químicas, <i>tienen varias bocas</i> para facilitar la adición de reactivos, la agitación o control de la temperatura.</p> <p>Matraz de destilación: Se emplea para hervir líquidos que van a destilarse, es de una base esférica, un cuello y un brazo conector cilíndrico. La parte superior del cuello del matraz se suele sellada con un corcho o tapón de goma. A medida que el cambio a gases ocurre, ellos se elevan a través del brazo lateral cilíndrico que está conectado al matraz.</p>
Matraz Erlenmeyer	Es un recipiente de forma troncocónica con una boca en la parte superior. Presenta graduación para la medida aproximada del líquido que contiene. Se utiliza para volumetrías fundamentalmente, por su facilidad para ser agitado sin derramar líquido. También se emplea para recoger líquidos provenientes de destilaciones.
Matraz Kitazato	Tiene la misma forma que el Matraz Erlenmeyer, pero en su cuello se ha diseñado un orificio y se le ha incluido un tramo de tubo de vidrio, llamado vástago, para permitir su conexión a diferentes dispositivos.
Matraz volumétrico	<p>Es un recipiente en forma de pera, de fondo plano y cuello alto con tapón. Es un instrumento de contenido y permite medir de forma exacta volúmenes de líquidos.</p> <p>En la parte del cuello presenta una marca o enrase, que indica la altura que</p>

	<p>debe alcanzar el líquido para que el matraz contenga la capacidad que indica. Los de uso más frecuente son de capacidades 50, 100, 250, 500 y 1000 mL.</p> <p>Se utilizan para preparar soluciones de concentración conocida y en la solución de muestras en un volumen determinado.</p> <p>Como todo el material de medida exacta no debe calentarse, y en ningún caso tampoco introducir sólidos en su interior.</p>
Mortero con pistilo	<p>Es un utensilio compuesto por una semiesfera hueca y un mango.</p> <p>Mortero de vidrio: Se utiliza para moler o pulverizar sustancias o muestras relativamente duras, antes de disolverlas o fundirlas.</p> <p>Mortero de porcelana: Se utiliza cuando se requiere moler o pulverizar sustancias que no son muy duras.</p>
Nuez	<p>Una nuez es parte del material de metal utilizado en un laboratorio para sujetar otros materiales, como pueden ser aros, agarraderas, pinzas etc. Es una pieza que posee dos agujeros con dos tornillos opuestos. Uno de los agujeros se utiliza para ajustar la nuez, mientras que en la otra se coloca y ajusta la pieza a sujetar.</p>
Nave para pesar	<p>Recipiente de vidrio en forma de globo cilíndrico con uno de sus extremos recortados para poder pesar líquidos o polvos finos y canalizarlos a contenedores con aberturas reducidas.</p>
Pinzas	<p>Las pinzas de laboratorio son un material de sujeción ajustable, generalmente de metal, mediante la cual se pueden sujetar diferentes objetos de vidrio.</p> <p>Ejemplos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pinzas para tubo de ensaye • Pinzas para crisol • Pinzas para capsula de porcelana • Pinzas para bureta • Pinzas de sujeción o para refrigerante
Pipetas	<p>Son materiales de medida exacta de volúmenes de líquidos. Las pipetas de uso frecuente pueden ser graduadas o aforadas.</p> <p>La pipeta graduada es un tubo de vidrio de sección uniforme, con un</p>

	<p>estrechamiento en su parte inferior. Presentan una graduación, o escala de divisiones, en 1.0 mL, 0.1 mL o 0.01 mL dependiendo de la capacidad de la pipeta. Las capacidades más frecuentes son: 5, 10, 25 y 50 mL. Es un instrumento de vertido.</p> <p>La pipeta volumétrica consiste en un tubo de vidrio que presenta un abultamiento en su parte central y un estrechamiento en su extremo inferior. Si tiene una marca o aforo, por encima del ensanchamiento, nos indica el nivel que debe alcanzar el líquido para que al vaciarla, vierta el volumen que indica su capacidad.</p>
Probetas	<p>Es un tubo de vidrio con base. Presentan graduación y se utilizan para medidas aproximadas de volúmenes.</p> <p>Es un instrumento de vertido, y debe mantenerse en la posición de vaciado hasta dejar caer la gota que siempre queda adherida en el pico.</p> <p>Se fabrican con o sin tapón y las capacidades más frecuentes son: 10, 25, 50, 100, 500 y 1000 mL.</p>
Refrigerantes	<p>Estos instrumentos se utilizan en operaciones de destilación, para condensar vapores.</p> <p>Consta fundamentalmente de dos partes: un tubo recto, ondulado o en forma de serpentín, por donde circula el gas que va a condensarse, dispuesto concéntricamente con otro tubo que presenta dos vástagos, uno en el extremo superior por donde sale el líquido refrigerante, y otro en el extremo inferior por donde entra dicho líquido que generalmente es agua.</p>
Soporte universal	<p>Se emplean para sujetar y soportar recipientes como matraces de fondo redondo, matraces reactores, etc.</p> <p>En operaciones que requieren el calentamiento del recipiente que soportan, se suelen utilizar aros que tienen un revestimiento de amianto, o bien se utilizan con una rejilla de amianto o asbesto.</p> <p>También hay soportes de sobremesa, unos con forma trípode y otros con una base metálica y una barra que son los llamados soportes de barra.</p>
Tubo de ensaye	<p>Es un recipiente de forma cilíndrica y fondo redondo. Se utilizan para realizar ensayos o pruebas cualitativas de reacciones con pequeñas cantidades. Existen tubos de ensayo graduados o no, con o sin tapón, de distintas capacidades y</p>

	calidades: para resistir temperaturas elevadas, para centrífugas, etc.
Vasos de precipitado	<p>Es un recipiente cilíndrico con base plana, y en la parte superior un pico que facilita el vertido de líquidos. Generalmente presentan graduación y distintos tamaños o capacidades: 10, 50, 100, 250, 500, 1000 y 2000 mL.</p> <p>Su uso en el laboratorio es muy variado, quizás el más frecuente es para preparar disoluciones.</p>
Vidrio de reloj	<p>Es un recipiente en forma de casquete esférico. Existen distintos tamaños.</p> <p>Se emplea fundamentalmente para pesar sustancias, o para evaporar pequeñas cantidades de líquidos.</p>
Mechero Bunsen	<p>Son utensilios metálicos que permiten calentar sustancias.</p> <p>Presentan una base, un tubo, una chimenea, un collarín y un vástago.</p> <p>Con ayuda del collarín se regula la entrada de aire. Para lograr calentamientos adecuados hay que regular la flama del mechero a modo tal que ésta se observe bien oxigenada (flama azul).</p>
Cucharilla de combustión	Es un utensilio que tiene una varilla de 50 cm de largo con un diámetro de 4 mm y una cucharilla de 20 mm. Se utiliza para realizar pequeñas combustiones de sustancias, para observar el tipo de flama, reacción, etc.
Anillo de Hierro	Se fabrican de hierro colado y se utilizan para sostener recipientes que van a calentarse a fuego directo.
Picnómetro	Es un pequeño envase de vidrio que tiene <i>una tapa biselada en el cual se encuentra un capilar</i> . El Picnómetro se le utiliza para medir las densidades de los líquidos y de sólidos.
Propipeta	<p>Una propipeta es un instrumento de laboratorio que se utiliza junto con la pipeta para transvasar líquidos de un recipiente a otro evitando succionar con la boca.</p> <p>Este material tiene forma de bombillo mide de 3 cm a 5 cm de diámetro y suele ser de goma.</p> <p>También se le denomina pera de goma de 3 vías o bulbo de succión.</p>
Piseta o frasco	Es un frasco cilíndrico de plástico o vidrio con pico largo para contener algún solvente, por lo general agua destilada o desmineralizada, o solventes

lavador	orgánicos como etanol, metanol, hexano, etc.
Placa calefactora	<p>Las placas calefactoras son un instrumento de laboratorio el cual posee una estructura de excelente resistencia a ataques químicos y mecánicos, así como a la corrosión en general.</p> <p>La placa calefactora es un pequeño aparato de sobremesa, portátil y autónomo, que posee uno o más elementos de calefacción eléctrica, y que se emplea para calentar recipientes con líquidos, de forma controlada.</p>
Placa de toques	Placa de porcelana que contiene diferentes cavidades donde se pueden realizar reacción químicas a nivel de gota. Por lo general contiene 12 cavidades en una matriz de 3x4.
Tripié	Es un aparato de tres patas y parte superior circular, se utiliza como apoyo en el calentamiento de las sustancias con el mechero de Bunsen.

Tabla 1.1. Descripción de material de laboratorio.

Elaboración de informe:

- 📌 Carátula con los datos de los integrantes del equipo y de la práctica.
- 📌 Descripción de las actividades realizadas:
 - Escanea el croquis del laboratorio que elaboraste
 - Anexa el caso forense que se te pidió elaborar en la actividad 3
 - Crea un formato adecuado para la tabla 1 en donde se visualice nombre del material, descripción y foto. Puedes utilizar Word, Power Point, Excel, etc.
- 📌 Busca en la literatura las diferentes maneras de clasificar el material de laboratorio y elije una para clasificar las fotos que tomaste del mismo.
- 📌 Anexa correctamente la bibliografía consultada.

Apéndice A. Lineamientos generales para el desarrollo de actividades experimentales en los laboratorios de docencia de la Licenciatura en Ciencia Forense.

1. De la observación de reglamentos y garantía de seguridad

1.1. Es responsabilidad del Profesor asegurar el cumplimiento de los reglamentos aplicables al laboratorio y comunicar cualquier irregularidad al Responsable del mismo.

1.2. Cada laboratorio cuenta con una bitácora en la que se debe registrar la actividad o práctica realizada, incluyendo el título y una breve descripción de la misma, así como cualquier otro comentario que se considere pertinente; arreglos, ensayos previos, toma de datos, etc.

1.3. Los reglamentos se darán a conocer a todos los alumnos y profesores al inicio del semestre lectivo y se recabarán firmas de enterado en la lista localizada en el syllabus del Profesor de la asignatura.

1.4. Para trabajar en los laboratorios es obligatorio el uso de equipo de protección (alumnos y profesores); bata (cerrada) y en caso de ser necesario, lentes de seguridad, guantes y cubrebocas; es responsabilidad del usuario contar con el equipo mencionado, de otra forma no se podrá ingresar al laboratorio. El uso de equipo de protección será aplicable también para cualquier persona que no realice prácticas en el laboratorio pero que permanezca en el mismo. Queda prohibido el uso de lentes de contacto, cabello suelto y zapatos abiertos en caso de que la asignatura así lo requiera.

1.5. Los alumnos NO podrán realizar actividades en el laboratorio ni permanecer en el mismo, dentro o fuera de su horario de clase SIN la presencia de al menos un Profesor. Los Profesores serán los primeros en ingresar y los últimos en salir de los laboratorios.

1.6. Está estrictamente prohibido consumir alimentos o bebidas dentro de los laboratorios.

1.7. Los Profesores o Responsables de la asignatura, en caso de requerirlo tendrán acceso a las fichas de información médica actualizada de los alumnos a través de la jefatura de Docencia.

2. De la programación de actividades

2.1. Son responsabilidades del Profesor

2.1.1. Solicitar a los Responsables de los laboratorios, un semestre previo a la impartición de la asignatura, los insumos y materiales a utilizar durante el semestre. Se les notificará con antelación para llenar los formatos correspondientes, los cuales deberán llenarse electrónicamente e incluir la descripción completa del insumo y sugerencia de proveedor con número de catálogo. **No se realizarán compras extemporáneas ni de solicitudes incompletas.**

2.1.2. Entregar a la jefatura de Docencia y al Responsable del laboratorio donde se imparte su asignatura, la calendarización de las sesiones prácticas a realizar. Esperar de la unidad de Docencia la confirmación de que sus sesiones prácticas pueden realizarse según su calendarización. La entrega del calendario tendrá que realizarse durante el periodo intersemestral, previo a la impartición de la asignatura. El calendario debe incluir un listado estimando la cantidad y características CRETIB (corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable y biológico-infeccioso) de los residuos que se generarán, a fin de solicitar los envases adecuados para su disposición.

2.1.3. Respetar el horario establecido para el desarrollo de las prácticas para no interferir con el trabajo de otros Profesores.

2.1.4. Notificar, al menos 24 horas antes, al Responsable del laboratorio las fechas y horarios en los que se presentará al laboratorio para realizar actividades extra-clase (por ejemplo para preparar soluciones) en un horario distinto al programado. Este tipo de actividades será necesario que se registren en la bitácora del laboratorio.

2.1.5. Notificar al Responsable del laboratorio sobre el almacén temporal de sustancias, soluciones, amortiguadores. El Profesor deberá etiquetar los frascos con los siguientes datos: Nombre del elaborador, fecha de preparación, contenido DETALLADO y asignatura. Cualquier incumplimiento se sancionará con la suspensión de las prácticas.

2.1.6. Entregar al laboratorista una lista del material que requerirá (por equipo de alumnos) para sus prácticas, con al menos 24 horas de anticipación, a fin de que se

agilice el proceso de entrega de material. Las prácticas que NO hayan sido planeadas previamente (solicitud de material un día antes) serán SUSPENDIDAS.

2.2. Son responsabilidades del Responsable del laboratorio:

2.2.1. Realizar la solicitud del material requerido por los profesores a la Unidad de Investigación, en los tiempos establecidos.

3. Del manejo de residuos

3.1. Son responsabilidades del Profesor:

3.1.1. Llenar los formatos de residuos correspondientes de acuerdo con lo dispuesto en el reglamento para el manejo, tratamiento y minimización de residuos (anexo), y entregarlo al Responsable del laboratorio al final de cada práctica.

3.1.2. Asegurar que los desechos como guantes, batas, cofias, hisopos, cubrebocas sean colocados en una bolsa ROJA, así como, cualquier material que haya tenido contacto con algún agente biológico infeccioso.

3.1.3. Asegurar que los desechos como residuos patológicos sólidos, sean colocados en una bolsa AMARILLA.

3.1.4. Asegurar que los contenedores de residuos estén debidamente etiquetados conforme a lo establecido en el reglamento para el manejo, tratamiento y minimización de residuos y que su llenado no exceda el 80% de su capacidad. Las etiquetas correspondientes estarán disponibles en el laboratorio.

3.1.5. Asegurar que las áreas del laboratorio donde se realizaron actividades queden limpias y que la basura esté depositada en los contenedores correspondientes.

3.2. Son responsabilidades del Responsable del laboratorio:

3.2.1. Entregar los residuos perfectamente identificados al responsable de higiene y seguridad en las fechas establecidas, junto con los formatos de residuos correspondientes de acuerdo con lo dispuesto en el reglamento para el manejo, tratamiento y minimización de residuos.

4. De la introducción de material o equipo al laboratorio

4.1. Cuando para la realización de prácticas se requieran materiales, equipos, instrumentos o reactivos que no se encuentren en existencia en los laboratorios, éstos podrán ingresar bajo las siguientes categorías:

- a) Préstamo externo: para material o equipo que tendrá residencia temporal (máximo un semestre) en el laboratorio.
- b) Donación: para el material o equipo que no será devuelto

Ambas modalidades ingresarán al correspondiente laboratorio a través del siguiente procedimiento:

- I. Notificación de entrada a través de oficio dirigido a la Coordinación de la Licenciatura y con copia para la Jefatura de Unidad de Investigación, a la Unidad Administrativa y al Responsable del laboratorio, especificando la naturaleza del ingreso, descripción del material y tiempo estimado de residencia.
- II. Programación de ingreso y salida de material con el Responsable del laboratorio y Unidad Administrativa, informando a la Jefatura de Unidad de Investigación.
- III. Registro de ingreso de material externo en la bitácora del laboratorio.
- IV. Notificación de salida de material (en caso de préstamos externos) mediante oficio dirigido a la Coordinación de la Licenciatura con copia para la Jefatura de Unidad de Investigación, a la Unidad Administrativa y al Responsable del laboratorio.
- V. Registro de salida de material externo en la bitácora del laboratorio.

5. Del préstamo y reposición de material en el laboratorio

5.1. Para solicitar material o equipos portátiles, los alumnos deberán llenar A MANO el formato oficial de préstamo (papeleta) y dejar una identificación oficial. No se aceptarán formatos distintos.

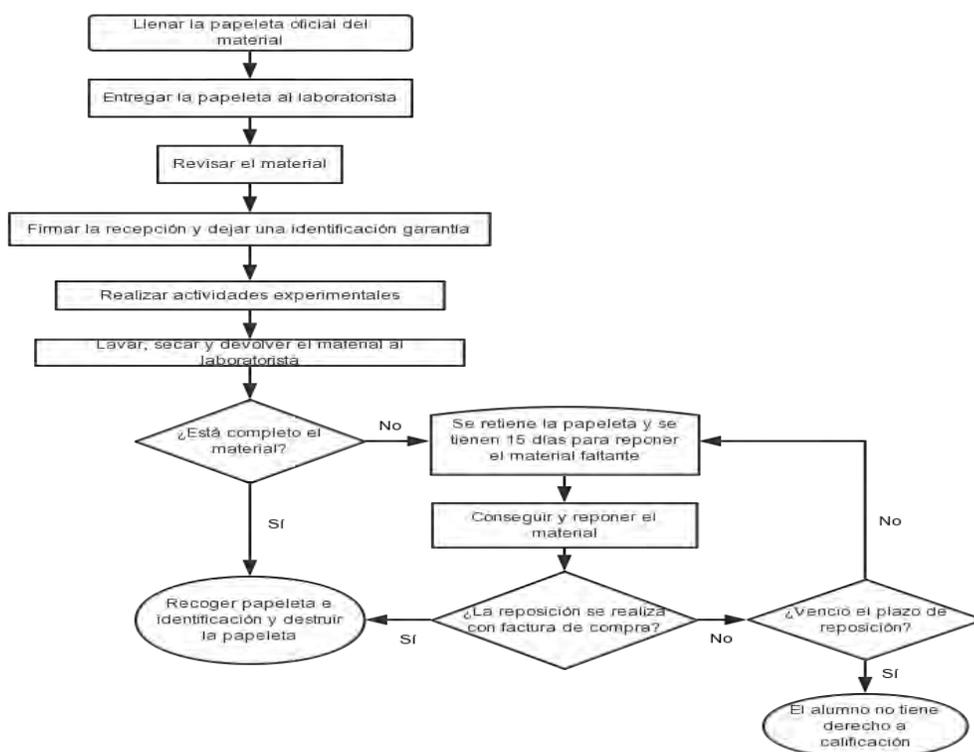
5.2. Es responsabilidad del alumno devolver el material limpio, seco y en las mismas condiciones en las que se le prestó. Al realizarse la devolución completa, el alumno recibirá su credencial y el formato de préstamo de material o equipo firmado por el laboratorista.

5.3. En caso de que no se devuelva el material completo se conservará el formato, indicando el adeudo. El alumno será responsable de reponer el material con las mismas características (marca, volumen, especificaciones, etc.) en un plazo máximo de 15 días naturales. Sólo se aceptará material con la respectiva factura o nota de compra.

5.4. Cuando se trate de un material o equipo cuya reposición pueda tomar más tiempo al establecido en el punto anterior, el Responsable del laboratorio establecerá el nuevo plazo para la devolución y sugerirá un proveedor cuando sea pertinente.

5.5. Si al final del semestre existen adeudos de material, el alumno no tendrá derecho al examen ordinario.

La dinámica para préstamo de material para alumnos se resume en el siguiente diagrama de flujo:



6. Del préstamo de material o equipo entre laboratorios de la licenciatura

6.1. Cuando se requieran materiales, equipos, aparatos, instrumentos o reactivos propios de otro laboratorio de la licenciatura, el Profesor deberá llenar el respectivo formato de préstamo (papeleta) y gestionarlo a través del Responsable del laboratorio.

6.2. El préstamo de material entre laboratorios deberá gestionarse con 24 horas de anticipación a las prácticas, de lo contrario **NO** se realizará.

6.3. Es responsabilidad del Profesor revisar el material que se le proporcionó en otro laboratorio y devolverlo en las mismas condiciones en las que se le entregó, en un plazo máximo de 24 horas. Así mismo, deberá registrarlo de manera detallada en la bitácora de ambos laboratorios involucrados.

7. Del uso de equipos y aparatos

7.1. Es responsabilidad del Profesor supervisar el llenado de las bitácoras por parte de los usuarios cuando se utilicen equipos o aparatos. Esta información es indispensable para asegurar el buen funcionamiento de equipos y solicitar el mantenimiento cuando sea pertinente.

7.2. Es responsabilidad del Profesor notificar al Responsable del laboratorio cualquier irregularidad en el funcionamiento de los equipos.

8. Del uso de bitácoras para alumnos en las asignaturas que así lo requieran

8.1. Tomando en cuenta la relevancia de la bitácora en el trabajo de laboratorio pero sobre todo su importancia legal en el quehacer forense, se sugiere el uso de bitácoras como práctica común a todas las asignaturas que usan el laboratorio. La bitácora será un cuaderno destinado para uso exclusivo del alumno, de encuadernación permanente (cosido) y preferentemente de pasta dura.

8.2. Las primeras dos hojas se destinarán al uso de portada (en el que se indicarán, como mínimo, la asignatura y el nombre del alumno) y tabla de contenidos o prácticas realizadas (a fin de facilitar la localización de los registros cuando se revisen las bitácoras).

8.3. Las hojas deberán estar foliadas, preferentemente en la esquina superior derecha.

8.4. Para toda actividad experimental deberá registrarse la fecha.

8.5. Todo el contenido deberá escribirse en tinta. No debe usarse lápiz o corrector. En caso de un error debe cancelarse el contenido (con una línea diagonal) y colocarse una firma y fecha junto a la corrección.

8.6. El profesor indicará el contenido de la bitácora de acuerdo con las actividades a realizar, como puede ser: título de la práctica, objetivos de la práctica, materiales, equipos y reactivos o sistemas biológicos a utilizar, información de seguridad de reactivos (por ejemplo toxicidad, inflamabilidad o incompatibilidad con otros reactivos, características de la cepa, etc.), cálculos para la preparación de disoluciones, conocimientos previos, reacciones químicas, procedimientos realizados y/o diagrama de flujo, identificación y tratamiento de residuos, recolección de datos, cálculos para obtener resultados, observaciones, resultados, análisis, conclusiones puntuales, referencias consultadas, etc.

8.7. En caso de anexarse gráficos o figuras, éstas deberán pegarse a las hojas de la bitácora. Asimismo, se deberá colocar una firma que abarque parte del margen de la hoja pegada y parte de la bitácora y posteriormente se deberá cubrir con cinta adhesiva transparente.

8.8. Todo espacio no ocupado deberá cancelarse. No deberán dejarse hojas en blanco.

9. De la evaluación del estado del laboratorio al término del semestre

9.1. Es responsabilidad del Responsable de laboratorio:

9.1.1. Mantener actualizado el inventario del laboratorio con revisiones periódicas en el transcurso y al final del semestre.

9.1.2. Notificar al profesor antes de iniciar una asignatura, el estado general del laboratorio, haciendo énfasis en el equipo especializado que será utilizado para impartir su clase, estableciendo que durante el desarrollo de la misma él es responsable del buen manejo de los equipos y material con el que cuenta el laboratorio.

9.1.3. Entregar a la jefatura de Investigación un reporte al final del semestre de las anomalías, desperfectos, mejoras y cambios sugeridos para el correcto funcionamiento del laboratorio

6.2 DENSIDAD



Facultad de Medicina
Licenciatura en Ciencia Forense
Laboratorio de Química General

Práctica 2

"Densidad"

Competencias a desarrollar:

Elaboración de planes de análisis

- Aplica el método científico y utiliza la estadística y la informática para elaborar hipótesis.
- Describe los pasos metodológicos para el procesamiento de los indicios.

Procesamiento de los indicios

- Caracteriza los diversos análisis, a los que fueron sometidos los indicios, para sustentarlos como evidencia.
- Verificación de la calidad de los peritajes.
- Verifica la calidad del estudio de los indicios que le corresponden.

Objetivos:

Que los estudiantes:

-  Apliquen diferentes técnicas para la determinación de la densidad de sólidos y líquidos.
-  Reconozcan a la densidad como una propiedad útil para identificar materiales.

- S Determinen de forma experimental el método más adecuado para medir la densidad, partiendo de la premisa de que la densidad es una propiedad intensiva.

- S Desarrollen con los datos de la densidad la estadística correspondiente.

Material, equipo y reactivos

Cantidad	Material
1	Calibrador Vernier
1	Probeta de 50 mL
1	Probeta de 10 mL
1	Vidrio de reloj
1	Vaso de precipitado de 100 mL
1	Vaso de precipitado de 50 mL
1	Espátula de acero inoxidable
1	Piseta
1	Soporte universal
1	Anillo metálico
1	Picnómetro de 25 mL
	Reactivos
10 mL	Acetona
50 mL	Agua destilada
	Equipo
1	Balanza Digital
1	Balanza analítica

Hipótesis:

Ya revisado el documento de apoyo en donde se describen las diferentes técnicas para determinar la densidad y el error asociado a las determinaciones, elabora una hipótesis sobre cuál es la mejor técnica para determinar la densidad, con base en las características de la muestra problema. Esta hipótesis debes escribirla en tu bitácora.

Desarrollo Experimental

Problema 1

Comprueba de manera experimental **qué método es más adecuado** para determinar la densidad de un vidrio o polímero cuyas muestras se encuentra en 3 diferentes presentaciones (trozos, trozos más pequeños y polvo). Parte de la premisa de que la **densidad es una propiedad intensiva**. Es importante que pruebes con todos los métodos propuestos en el documento de apoyo. Durante toda la práctica toma fotografías para evidenciar tus experimentos, estas fotos se anexarán en tu reporte.

Problema 2

Partiendo de la misma premisa, corrobora que el método que elegiste es el mejor para determinar la densidad en este tipo de materiales, comprobando la coincidencia en las tres muestras que te proporcione tu profesor. Las muestras que te proporciona tu profesor tienen el mismo origen solo que se encuentran en diferentes tamaños. Realiza por quintuplicado las mediciones y determina la desviación estándar.

Problema 3

Para finalizar esta etapa tu profesor te proporcionará una muestra conocida y dos muestras problema, sólo una de éstas coincide con la primera, determina cuál es.

Problema 4

Determinación de la densidad de diferentes tipos de muestras.

Observa la apariencia de la muestra de materiales que te proporcionará tu profesor y comenta con tus compañeros de equipo cómo podrían determinar con precisión la densidad de las muestras. Revisen la información del documento de apoyo que describe diferentes técnicas para la determinación de la densidad y elijan la que les parezca más adecuada para cada caso. Determinen las densidades y anoten sus resultados en la tabla 2.1. Busca en la literatura la densidad reportada para las diferentes muestras y anótala en la misma tabla.

Muestra(número o descripción)	Técnica elegida para determinar su densidad	Densidad(g/mL)		Argumento sobre la elección
		Reportada en la literatura	Determinación experimental	

Tabla 2.1 Densidad de diferentes tipos de vidrio

Residuos generados en la práctica

El residuo generado en la práctica es vidrio, de acuerdo a la norma oficial NOM-052-SEMARNAT-2005 la disposición del mismo es:

- Tipo de residuo: Objeto punzocortante
- Estado físico: sólido
- Envasado: Recipientes rígidos de polipropileno Color: rojo

Documento de apoyo

Propiedades intensivas y extensivas

Las propiedades de la materia se pueden clasificar en: extensivas e intensivas. Las propiedades extensivas se relacionan con la estructura química externa; es decir, aquellas que podemos medir con mayor facilidad y que dependen de la cantidad y forma de la materia. Por ejemplo: peso, volumen, longitud, energía potencial, etcétera. Las propiedades intensivas, en cambio, tienen que ver más con la estructura química interna de la materia, como la temperatura, punto de fusión, punto de ebullición, calor específico o concentración, índice de refracción, entre otros. Las propiedades intensivas pueden servir para identificar y caracterizar una sustancia pura.

La densidad

Es una propiedad que caracteriza a cada material, se define como el cociente de la masa entre el volumen de la muestra. Al ser una propiedad intensiva su determinación es independiente del tamaño de la muestra con la que se trabaja, lo importante es la composición del material.

Numerosos problemas forenses implican determinar si la muestra de un material que se encuentra en la escena del crimen coincide con los restos encontrados en los zapatos, el auto o la ropa de un sospechoso *¿se trata exactamente del mismo material o simplemente es algo parecido?* Ofrecer una respuesta contundente, confiable y reproducible es muy importante para que se imparta adecuadamente la justicia, mientras que no hacerlo puede llevar a una persona inocente a pasar el resto de su vida en la cárcel.

Métodos para la determinación de la densidad

A.- Determinación de la densidad de líquidos

El valor comercial de algunos líquidos y también su autenticidad se pueden estimar por su densidad. Esto se hace cotidianamente en la industria con disoluciones de

alcohol, azúcar, ácido sulfúrico y leche, entre otros. En general la densidad de un líquido se puede determinar simplemente pesando y midiendo el volumen de la muestra.

B.- Determinación de la densidad de sólidos

B.1. Determinación de la densidad por medición de dimensiones

Consiste en pesar el sólido (w_s) y medir sus dimensiones (si tiene una forma geométrica regular). Si se trata de un paralelepípedo, el volumen corresponde al producto:

$$V = A * B * C$$

Para obtener la densidad de dicho sólido se divide el peso W_s entre el volumen del mismo.

$$d \text{ (g/ mL)} = W_s / V$$

B.2. Determinación de la densidad por el método de la probeta

El sólido se sumerge con cuidado y completamente en una probeta que contiene un volumen exacto de agua (V_o). Una vez sumergido se lee cuidadosamente el volumen final (V_f). El volumen del sólido corresponde a la diferencia:

$$V = V_f - V_o$$

Para obtener la densidad se toma el peso del sólido W_s y se divide entre el volumen (V).

$$d \text{ (g/mL)} = W_s / V$$

B.3. Determinación de la densidad por el principio de Arquímedes

Se coloca un vaso de precipitados parcialmente lleno de agua en una balanza y se tara el peso. Luego se ata el sólido con un hilo delgado, se sumerge y se suspende en el recipiente con agua sin tocar el fondo, tal como se ilustra en la figura 2.2.

Además hay que asegurarse de que el sólido no toque las paredes del vaso. Se obtiene el peso del sistema y se anota como w_T .

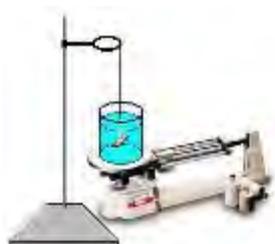


Imagen 2.1 Principio de Arquímedes

La cuerda sostiene el peso del sólido pero no anula el empuje, de tal manera que w_T corresponde al peso del volumen de agua desplazada por el objeto. Finalmente se determina la densidad con la siguiente ecuación

$$d = (\text{peso del objeto (g)} / \text{Peso por volumen desplazado } W_T \text{ (g)}) * d_{\text{agua}} \text{ (g/mL)}$$

C. Determinación de la densidad por picnómetro

El picnómetro es un frasco de vidrio de cuello angosto y esmerilado con un tapón que tiene una horadación con diámetro capilar, por lo que es importante revisar que esté perfectamente limpio sin incrustaciones de suciedad que le impidan utilizarlo adecuadamente. La capacidad de los picnómetros va desde 10 mL a 50 mL, y se utilizan de acuerdo a la viscosidad de la sustancia de prueba: entre más viscosa sea la sustancia de prueba se tendrá que utilizar un picnómetro de mayor capacidad. En el caso de los sólidos, el tamaño de la muestra problema tendrá que ser adecuado para introducirse en el picnómetro. Para comenzar a medir la densidad de líquidos, asegúrate de que el picnómetro este perfectamente lleno. El volumen del líquido en el picnómetro puede variar debido a los cambios de temperatura. Es importante que al vaciar el líquido en el picnómetro evite la formación de burbujas.

Para manejar el picnómetro, utiliza pinzas, pues al utilizar las manos directamente introduces errores en las determinaciones. Lava el picnómetro con agua y acetona.

-C.1 Uso del picnómetro para determinar la densidad de líquidos:

Se lava y seca perfectamente el picnómetro y se pesa vacío, en la balanza analítica (m1). Con una pipeta se llena con la muestra problema y se pesa (m2).

La capacidad del picnómetro será el volumen (V). La densidad se obtiene con la siguiente relación:

$$d \text{ (g/mL)} = (m2 \text{ (g)} - m1 \text{ (g)}) / V \text{ (mL)}$$

-C.2 Uso del picnómetro para determinar la densidad de sólidos:

Lava y seca perfectamente el sólido problema y pésalo (m1). Llena el picnómetro con agua destilada utilizando una pipeta, colócalo en la balanza y aun lado coloca también el sólido y pésalos juntos (m2), Ver imagen 2.2. Enseguida adiciona el material sólido dentro del picnómetro, seca perfectamente el agua desalojada por la adición del sólido, y pésalo (m3). Determina la densidad con la siguiente expresión:

$$d \text{ (g/mL)} = m1 \text{ (g)} / V \text{ (g/mL)}$$

$$V \text{ (g/mL)} = m2 \text{ (g)} - m3 \text{ (g)} / d \text{ agua (mL)}$$

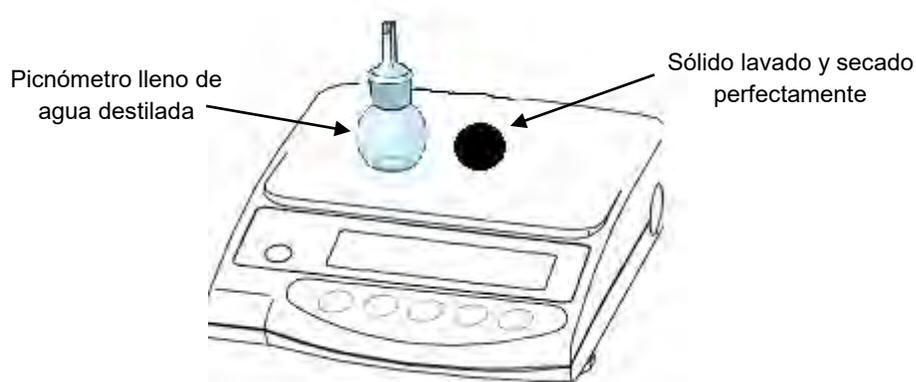


Imagen 2.2 Medición de la densidad de sólidos con picnómetro.

Recuerda que la densidad del agua líquida es muy estable y varía poco con los cambios de temperatura y presión, por ejemplo a presión de 1 atmósfera y temperatura de 3,9 °C la densidad del agua líquida es de 0.999974 g / mL y a 20°C la densidad es de 0.998206 g / mL. Considera que el agua destilada que utilizas durante la experimentación está sometida a condiciones de temperatura y presión especiales, además de estar completamente pura. Considerando lo anterior es recomendable que midas la densidad del agua destilada con el picnómetro (Ver procedimiento C.1)

Incertidumbre en las mediciones

Desde la perspectiva de Brown (2009:20-21), en el trabajo científico encontramos dos tipos de números: los números exactos (aquellos cuyos valores se conocen con exactitud), y los números inexactos (aquellos cuyos valores tienen cierta incertidumbre). La mayoría de los números exactos que encontraremos en este curso tienen valores definidos. Por ejemplo, en una docena de huevos hay exactamente 12 huevos, en un kilogramo hay exactamente 1000 g, en una pulgada hay exactamente 2.54 cm. El número 1 de cualquier factor de conversión entre unidades, como en $1\text{ m} = 100\text{ cm}$ o $1\text{ Kg} = 2.2046\text{ lb}$, también es un número exacto. Los números exactos también pueden resultar del conteo de objetos. Por ejemplo, podemos contar el número exacto de canicas en un bote, o el número exacto de personas en un salón de clases.

Los números que se obtienen por mediciones siempre son inexactos. El equipo utilizado para medir cantidades siempre tiene limitaciones inherentes (errores de equipo), y hay diferencias en la forma en que las personas realizan la misma medición (errores humanos). Suponga que a 10 estudiantes con 10 balanzas se les da la misma moneda para que determinen su masa. Es probable que las 10 mediciones varíen un poco entre sí por diversas razones. Las balanzas pueden estar calibradas de manera ligeramente distinta, y puede haber diferencias en la manera en que cada estudiante lee la masa de la balanza. Recuerda: *siempre existe incertidumbre en las cantidades medidas*. También el contar grandes cantidades de objetos, por lo general tiene algún error asociado. Por ejemplo, considera la dificultad

para obtener la información exacta de un censo en una ciudad, o el conteo de votos de una elección.

Precisión y exactitud: Los términos precisión y exactitud con frecuencia se utilizan para explicar la incertidumbre de los valores medidos. La precisión es la medida de qué tanto coinciden las mediciones individuales entre sí. La exactitud se refiere a qué tanto coinciden las mediciones individuales con el valor correcto, o “verdadero”. La figura 2.2 ilustra la diferencia entre estos dos conceptos.

En el laboratorio a menudo realizamos varios “ensayos” del mismo experimento y promediamos los resultados. La precisión de las mediciones con frecuencia se expresa en términos de lo que llamamos la *desviación estándar*, la cual refleja qué tanto difieren las mediciones individuales del promedio. Si cada vez obtenemos casi el mismo valor, ganamos confianza en nuestras mediciones, es decir, si la desviación estándar es pequeña. Sin embargo, la *Imagen 2.3* nos recuerda que mediciones precisas podrían ser inexactas.

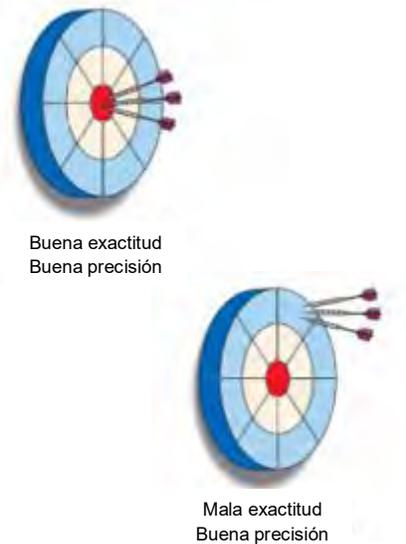


Imagen 2.3 Precisión y exactitud.

Por ejemplo, si una balanza muy sensible está mal calibrada, las masas que medimos podrían ser consistentemente grandes o pequeñas; serán inexactas aun cuando sean precisas.

La desviación estándar de la media, s , es un método común para describir la precisión. Definimos la desviación estándar de la siguiente forma:

$$\sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{(x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

Donde N es el número de mediciones, \bar{x} es el promedio (también llamado la media) y x_i representa las mediciones individuales. Un valor pequeño de s indica una mayor precisión, lo que significa que los datos están agrupados de una manera más compacta alrededor de la media.

Elaboración de informe

- 📌 Carátula con datos de equipo y práctica realizada.
- 📌 Anexa la hipótesis que elaboraste antes de iniciar la práctica.
- 📌 Resultados: Elabora un formato de tablas igual o similar al que se presenta a continuación y llénalas con los datos que obtuviste experimentalmente. Recuerda colocar título al pie de todas las tablas.

Problema 1. Resultados de la medición de densidad de vidrios empleando diferentes técnicas.

Técnica empleada para determinar la densidad: _____	Densidad g/mL		
	Trozo grande	Trozo mediano	Polvo
Medición 1			
Medición 2			
Medición 3			
$\bar{d} \pm s$			

Problema 2 Determinación de densidad de muestra problema.

Muestra entregada por el profesor: _____ Densidad reportada: _____

Técnica empleada para determinar la densidad: _____	Densidad g/mL		
	Trozo grande	Trozo mediano	Polvo
Medición 1			
Medición 2			
Medición 3			
$\bar{d} \pm s$			

Problema 3 Determinación de densidad de 3 muestras de vidrio para encontrar coincidencia entre 2 de ellas.

Técnica empleada para determinar la densidad: _____

Densidad (g/mL)	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Medición 1			
Medición 2			
Medición 3			
$\bar{d} \pm s$			

Muestras que coinciden: _____

- 📌 **Análisis de resultados:** Ventajas y desventajas de cada método, problemas presentados durante la experimentación, parámetros que modificarías para obtener mejores resultados.
- 📌 **Conclusiones:** Señala cuál consideras que es el mejor método para medir la densidad. Argumenta tu respuesta haciendo referencia a las ventajas así como a los parámetros que deben tenerse en cuenta al realizar las determinaciones.
- 📌 **Anexo**
 - Documento en donde se elaboraron los cálculos estadísticos
 - Fotografías tomadas durante el experimento

6.3 CRISTALIZACIÓN



Facultad de Medicina
Licenciatura en Ciencia Forense
Laboratorio de Química General

Práctica 3 “Cristalización”

Competencias a desarrollar:

- Elaboración de planes de análisis
 - Describe los pasos metodológicos aplicables en el estudio de los indicios.
- Procesamiento de los indicios
 - Actúa crítica, científica y éticamente en la búsqueda de los indicios y la evidencia.

Aprendizajes esperados:

- Entender la importancia que tiene la solubilidad y la precipitación en la separación y caracterización de muestras.
- Conocer las diversas formas que presentan los cristales y si se trata de una propiedad adecuada para la identificación de sustancias.
- Conocer algunas técnicas forenses que se basan en la solubilidad y conocer su efectividad.

Introducción

El término solubilidad, se define como la máxima cantidad de un soluto que se puede disolver en una cantidad determinada de disolvente, a una temperatura específica. Se expresa ordinariamente como los gramos de soluto contenidos en 100 gramos de disolvente. No todas las sustancias son solubles en las demás sustancias. Algunos solutos son más difíciles de disolver que otros, esto dependerá de algunos factores como: las propiedades del soluto y del disolvente, la temperatura y la presión. Según la definición de solubilidad se puede inferir que la temperatura afecta la solubilidad de la mayoría de las sustancias, este efecto debe determinarse de forma experimental.

La separación por cristalización o cristalización fraccionada es un método de separación de mezclas o purificación que depende del cambio de solubilidad de una sustancia debido a un cambio de temperatura. ***En la práctica cuando dos sustancias que se quieren separar tienen solubilidades considerablemente diferentes, este método puede resultar efectivo. ¿Se te ocurre algún ejemplo forense en el que sea útil separar una mezcla de sustancias o purificar alguna muestra aplicando este método?***

Asimismo la obtención de cristales es una técnica muy empleada en el ámbito forense, se conoce como técnica de microcristales. La cual se basa en las reacciones de precipitación o en la formación de compuestos sólidos insolubles y en la observación y clasificación del sólido obtenido (cristal) visto al microscopio.

En las reacciones de precipitación, generalmente se obtiene un sólido amorfo. Para poder obtener un cristal se emplean las siguientes técnicas:

1. Cristalización por vía húmeda en donde podemos seguir dos procedimientos:

I. Se prepara una solución *saturada* de cierto sólido que se desea cristalizar, por ejemplo la sal común (NaCl), y se deja reposar en recipientes cilíndricos de vidrio, anchos y bajos llamados cristalizadores. El disolvente, agua por ejemplo,

se evapora y el sólido disuelto cristaliza poco a poco. Esta operación se puede agilizar agregando un sólido inerte insoluble (soporte) o bien introduciendo en el cristizador una pequeña cantidad del sólido que se desea cristalizar (germen)

II: Se prepara una solución saturada en disolvente caliente, luego de dejar enfriar obteniéndose una solución sobresaturada en la que pronto aparecen los cristales. Este fenómeno ocurre debido a que la solubilidad del sólido a menor temperatura es menor; entonces el exceso que no puede disolverse en el disolvente frío se precipita en forma de sólido cristalino. El líquido en el cual se han formado los cristales se conoce como aguas madres.

2. Cristalización por vía seca en donde se pueden seguir también dos procedimientos:

I. Se funde el sólido a alta temperatura. Luego se enfría y al solidificarse se forman los cristales, así por ejemplo se obtiene el azufre cristalizado.

II. Ciertos sólidos que fácilmente subliman, en su estado de gas o vapor se pone en contacto con una superficie fría, y sobre ésta se forman los cristales. Así se cristaliza el yodo y el ácido Benzoico ($C_7H_6O_2$).

Trabajo previo

Después de haber leído la introducción y resolver tus dudas con una búsqueda bibliográfica o con tu profesor tienes que plantear una metodología para separar dos sales: cloruro de sodio y nitrato de potasio. Tu propuesta deberá estar basada en el comportamiento general de las dos sustancias en cuanto a su solubilidad y posible cristalización. Analiza la imagen 3.1, que muestra la dependencia de la solubilidad de estas dos sales con la temperatura. Escribe la metodología en tu bitácora y muéstrasela a tu profesor, una vez aprobada realiza las pruebas correspondientes en el laboratorio.

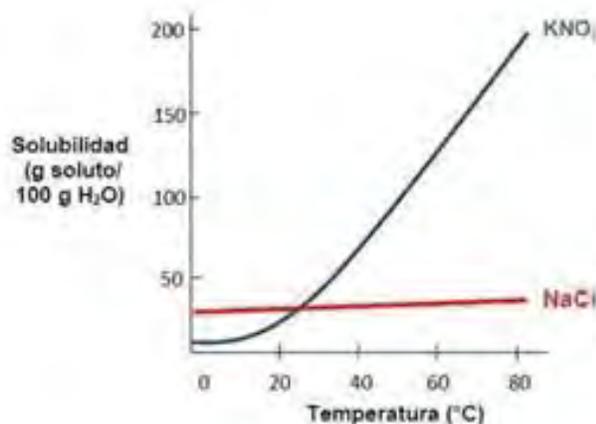


Imagen 3.1. Grafico que muestra la dependencia de la solubilidad en la temperatura correspondiente a las sales de cloruro de sodio y nitrato de potasio.

Material, equipo y reactivos

Cantidad	Material
3	Vasos de precipitado de 200 mL
1	Kitazato de 250 mL
1	Embudo Büchner de 42.5 mm de diámetro
1	Agitador de vidrio con gendarme
1	Piseta
1	Vidrio de reloj
1	Espátula de acero inoxidable
1	Manguera para filtración al vacío
4	Portaobjetos
1	Parrilla con agitación
3	Papel filtro de 10cm*10cm
	Equipo
1	Balanza analítica
1	Microscopio
	Reactivos
	Sulfato de cobre (CuSO ₄)
	Yodo (I ₂)
	Cloruro de sodio (NaCl)
	Nitrato de potasio (KNO ₃)
	Reactivo de Takayama
	Reactivo de Teichmann
	Hielo

Desarrollo experimental

Problema 1

Descripción de cristales.

Observa en el microscopio una serie de cristales que te proporcionará tu profesor. Describe las características que observas en cada cristal. Utiliza la imagen 3.2 de descripción de cristales que se encuentra en el documento anexo para realizar una descripción más completa de los cristales que observes.

Problema 2

Cristalización

En esta parte aplicarás dos técnicas para obtener cristales. La primera consiste en obtener cristales de sulfato de cobre (CuSO_4) de una solución *saturada* y la segunda cristales de yodo aprovechando su tendencia a sublimar.

Una solución saturada es la que contiene la mayor concentración de soluto posible en un volumen de disolvente dado y para cierta temperatura.

Ejemplo:

La solubilidad del cloruro de sodio (NaCl) en agua es de: 35.9 gramos por cada 100 mL. Entonces si se requiere preparar 10 mL de una solución saturada de cloruro de sodio se necesitan 3.59 gramos de la sal. Esto a una temperatura de 25°C .

Procedimiento

1.- Pesa en la balanza analítica 0.5 gramos de sulfato de cobre (CuSO_4) y obsérvalos al microscopio, toma una foto e inclúyela en tu reporte junto con un pie de figura que describa la forma de los cristales.

En un tubo de ensayo adiciona 3 mL de agua y disuelve el sulfato de cobre pesado. Deja reposar para que se evapore un poco del disolvente. A medida que se evapora el disolvente, el soluto (sulfato de cobre CuSO_4) con cada vez menos volumen de

agua para disolverse, comenzará a precipitarse. Con una espátula coloca algunos cristales al microscopio y observa si son diferentes a los que disolviste antes. Coloca los cristales en el contenedor de desechos D1.

2.-Pesa 0.5 gramos de yodo (I_2) y obsérvalos al microscopio, toma una foto e inclúyela en tu reporte junto con un pie de figura que describa la forma de los cristales. Coloca el yodo en un vaso de precipitado de 50 mL, tapa el vaso con un vidrio de reloj y coloca sobre éste un poco de hielo. Calienta ligeramente hasta que sublime por completo el yodo. Los cristales comenzarán a formarse en el vidrio de reloj, llévalos al microscopio y observa si sufrieron algún cambio. Después de obsérvalos, deposita los cristales en el contenedor de desecho D2.

Problema 3

Como trabajo previo analizaste la gráfica de la imagen 3.1 junto con tus compañeros de equipo y con base en la información que obtuviste de ésta propusiste un método experimental para separar una mezcla acuosa de cloruro de sodio y nitrato de potasio. Una vez que tengas la propuesta y tu profesor la haya aprobado realiza las pruebas correspondientes. Para hacerlo dispondrás de las sales, agua, hielos y equipo de medición. Una propuesta para separar estas sales se encuentra en el documento anexo. La cual debes revisar y comentar en tu reporte final. Cuando termines con la separación por cristalización fraccionada, deposita el cloruro de sodio en el contenedor de desechos D3 y el nitrato de potasio en el contenedor de desechos D4.

Preguntas

¿Qué evidencias tienes de que las sustancias se han separado?

¿Qué características deberán tener las sustancias en una mezcla para que se puedan separar por cristalización?

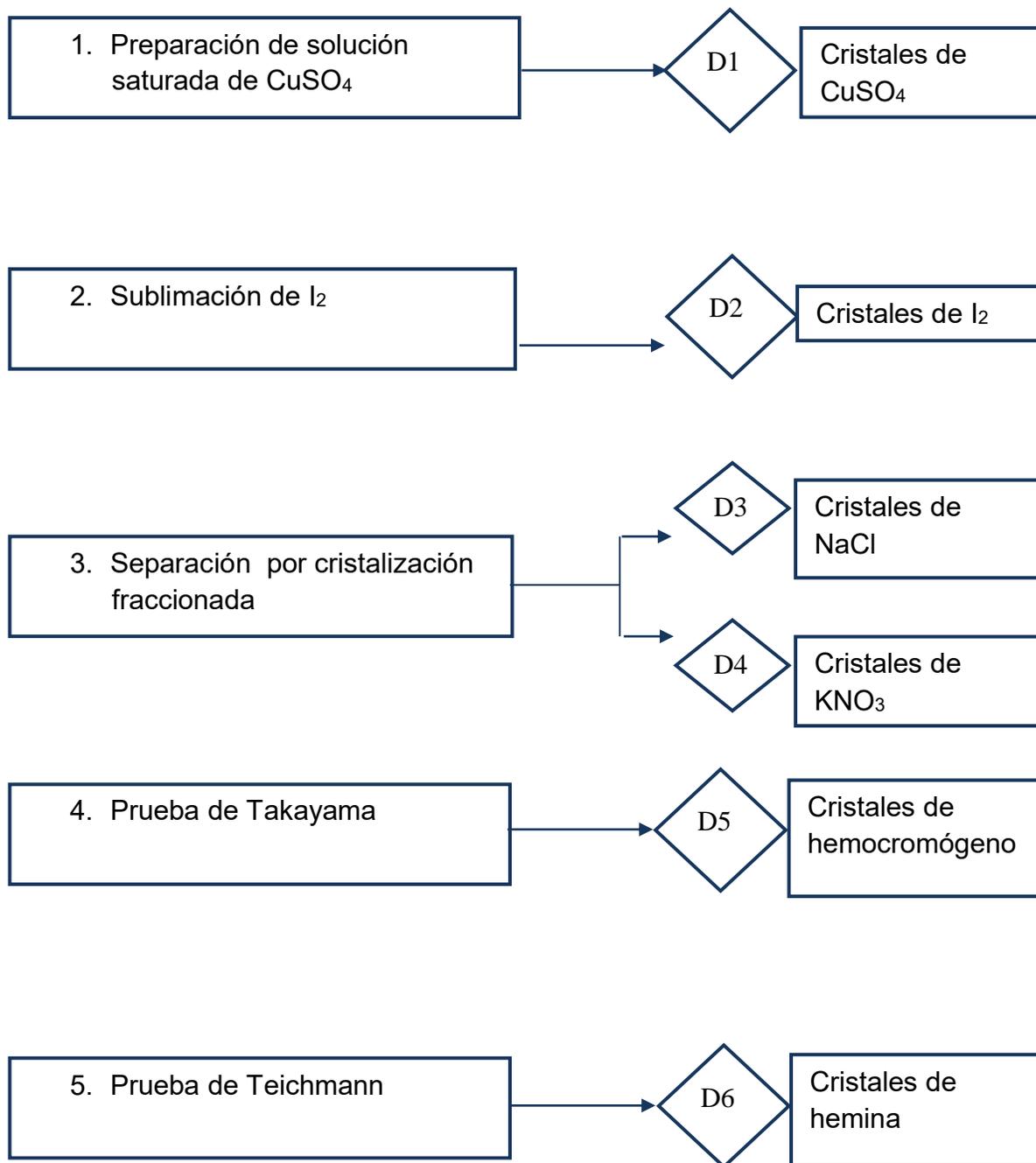
¿Qué cambios físicos y/o químicos suceden durante el proceso de separación de una mezcla por cristalización?

Problema 4

Para entrar en el contexto de la ciencia forense, se realizan las pruebas de confirmación de sangre: prueba de Takayama y de Teichman. La metodología para realizar estas pruebas se encuentra en el documento de apoyo.

Al terminar cada prueba obtendrás los cristales en un portaobjetos, límpialos con una espátula y deposítalos en el contenedor de desechos D5 los que resulten de la prueba de Takayama y en el D6 los que resulten de la prueba de Teichmann.

DIAGRAMA ECOLÓGICO



Documento anexo

Crystal	Shape	Description
Blade		Broad needle
Bunch/Bundle		Cluster with the majority of the crystals lying in one direction
Burr/Hedgehog		Rosette, which is so dense that only the tops of the needles show
Cluster		Loose complex of crystals
Cross		Single cruciform crystal
Dendrites		Multibrachiate branching crystals
Grains		Small lenticular crystals
Needles		Long thin crystals with pointed ends
Plates		Crystals with the length and width that are of the same magnitude
Prisms		Thick tablet
Rod		Long thin crystals with square cut ends
Rosette		Collection of crystals radiating from a single point
Sheaf		Double tuft
Splinters		Small irregular rods and needles
Star		Rosette with 4 or 6 components
Tablet		Plates with appreciable thickness
Tuff/Fan		Sector of a rosette

Imagen 3.2. Tabla de descripción de cristales

Metodología para la separación por cristalización fraccionada

Lee cuidadosamente las instrucciones para realizar la cristalización fraccionada y compara con el método propuesto por tu equipo. Escribe en tu bitácora las coincidencias y diferencias que encuentran entre ambas técnicas.

1. Coloca la muestra que contiene mezcladas las dos sustancias en un vaso de precipitados y agrega 20 mL de agua, calienta suavemente y agita constantemente con el agitador de vidrio.
2. Cuando la solución empiece a hervir, agrega poco a poco más agua. Continúa calentando y agitando hasta que todo el sólido esté disuelto. Aproximadamente 30 mL de agua serán suficientes para alcanzar la solución total. No agregues mucha más agua pues podrías evitar la precipitación de las sustancias.
3. Agrega dos o tres perlas de vidrio, cubre el vaso con un vidrio de reloj y calienta a ebullición hasta que la mitad del agua se haya evaporado. Pueden ocurrir algunas salpicaduras sin que esto afecte el resultado. Mientras el agua se evapora prepara la filtración al vacío y hazle pasar al papel filtro unos 20 mL de agua destilada caliente para que se humedezca.
4. Retira rápidamente el agua del Matraz Kitazato, filtra la mezcla del vaso y recibe el filtrado en un tubo limpio. Recupera el sólido que quede en el papel.
5. Coloca el tubo con el filtrado en un baño de hielo hasta que precipite el sólido.
6. Recupera el sólido en un papel filtro y sécalo con una toalla de papel.
7. Compara los dos sólidos obtenidos en el microscopio, el primero tiene principalmente cloruro de sodio y el segundo nitrato de potasio.
8. Si consideras que aún no tienes los cristales "puros":
9. En un vaso de precipitados vierte el contenido del tubo de ensayo y adiciona agua, repite el procedimiento a partir del paso 4. Observa los cristales al microscopio

10. Realiza este procedimiento hasta que consideres que tienes los cristales más "puros".

Técnicas de confirmación de presencia de sangre

Cristales de hemina o de Teichman

Fundamento químico: La hemoglobina, cuando es tratada con ácido acético, se desnaturaliza y el grupo hemo se separa. La oxidación del hierro del grupo hemo se efectúa más rápidamente en medio ácido que en medio alcalino. Si además está presente un halógeno inorgánico como el cloro, se formarán cristales insolubles de cloruro de ferriprotoporfirina o hemina que confirman que la muestra es o contiene sangre.

1.1 Preparación del reactivo: a) Cloruro de sodio 0.1 gr. b) Bromuro de potasio 0.1 gr. c) Ioduro de potasio 0.1 gr. d) Ácido acético 100 mL.

1.2 Procedimiento a) Colocar la muestra problema en el centro de una laminilla de vidrio y poner encima de ella un cubreobjetos. b) Deslizar entre lámina y laminilla por capilaridad, unas gotas del reactivo de Teichman. c) Calentar lentamente y a baja temperatura la laminilla hasta evaporación. d) Dejar enfriar y observar al microscopio. e) En caso positivo se observarán cristales romboidales de color café oscuro.

Prueba de Takayama

Fundamento químico: La hemoglobina tiene la propiedad de combinarse con otros compuestos nitrogenados. Tales compuestos incluyen otras proteínas, hidróxido de amonio, cianuro, nicotina y piridina. Los productos resultantes se llaman hemocromógenos. Los cristales pueden formarse tanto en medio ácido como alcalino; sin embargo, el reactivo de Takayama es de naturaleza alcalina.

Mecanismo de reacción: El hidróxido de sodio efectúa una hidrólisis alcalina, liberando el grupo hemo; el hierro del grupo hemo en este momento se encuentra como ión férrico (+3). La carga (+3) del fierro se neutraliza por el ión OH⁻.

Calentando el azúcar se reduce el ión férrico a ferroso (+2) y la piridina se combina con éste para formar un producto cristalino insoluble: el hemocromógeno. La prueba es más sensible y sencilla que la de los cristales de hemina y no se dan casos de falsas reacciones positivas.

Preparación del reactivo de Takayama.

Divide el volumen total de la solución en 5 partes:

2.1 a) Una parte es de solución saturada de glucosa. b) Una parte de solución de hidróxido de sodio al 10% c) Una parte de piridina. (PM: 79.1) d) Dos partes de agua destilada. Una vez preparada la mezcla se guarda en un frasco ámbar. La solución deberá ser preparada inmediatamente antes de utilizarse.

2.2 Procedimiento a) Colocar una pequeña cantidad de muestra problema entre una laminilla portaobjetos y un cubreobjetos. b) Deslizar por capilaridad unas gotas del reactivo entre lámina y laminilla. c) Calentar la laminilla a baja temperatura durante 30 segundos d) Observar al microscopio. En caso positivo de presencia de sangre se observarán cristales romboidales de color rosa alrededor de la muestra.

Entrega de Informe

- Carátula: Información de práctica e integrantes del equipo
- Hipótesis: ¿La observación de los cristales al microscopio, es efectiva para identificar una muestra? ¿El método de cristalización es efectivo para separar una muestra de cloruro de sodio y nitrato de potasio?
- Resultados: Realiza una tabla similar a la tabla 3.1 en donde se ilustren las características de todos los cristales observados al microscopio.

Fotografía del cristal	Cristal	Forma y descripción
	Prisma	Tableta gruesa

Tabla 3.1 Descripción de los cristales observados en el microscopio.

- Anexa el cuestionario del problema 3
- Anexa las fotografías de la cristalización del sulfato de cobre y del yodo, anotando tus observaciones. ¿Cuáles son las propiedades de este compuesto y este elemento que permiten su cristalización, por la técnica elegida? ¿Por qué el yodo no se puede cristalizar por preparación de solución saturada?
- Realiza un diagrama de flujo en donde ilustres la metodología que propusiste para separar el nitrato de potasio del cloruro de sodio.
- ¿Monitorear la separación con el microscopio resulta efectivo?
- ¿Qué pruebas químicas realizarías para ver si las sales están separadas?
- Anexa las fotografías de las técnicas de confirmación de sangre y anota tus observaciones.
- Respecto a las pruebas de Takayama y Teichman: ¿Crees que son unas técnicas adecuadas para confirmar la presencia de sangre? ¿Qué es lo que permite la precipitación de la sangre en cada técnica? ¿Qué variables pueden afectar a la precipitación de la sangre?

6.4 CROMATOGRAFÍA



Facultad de Medicina
Licenciatura en Ciencia Forense
Laboratorio de Química General

Práctica 4. Separación de mezclas

“Cromatografía”

Competencias a desarrollar

- Actuación con bases científicas y desarrollo del pensamiento crítico.
 - Caracteriza los diversos análisis, a los que fueron sometidos los indicios, para sustentarlos como evidencia.
- Procesamiento de los indicios.
 - Identifica los mejores métodos, procesos y limitaciones de las diferentes formas de procesar los indicios.
 - Verifica los indicios, en su caso, a través del estudio microscópico o químico de los mismos.

Aprendizajes esperados

Que el alumno:

- Conozca y entienda los principios de la cromatografía.
- Sea capaz de elegir el método de cromatografía como método de separación, e identificación sobre otras técnicas.
- Conozca las mejores condiciones para realizar una separación mediante la técnica de cromatografía.

Materiales, equipos y reactivos

Cantidad	Material
5	Placa para cromatografía en capa fina Silica gel/base de aluminio
3	Vasos de precipitado de 100 mL
3	Vidrio de reloj
1	Probeta 10 mL
4	Frasco para cromatografía
5	Pipeta Pasteur/ chupón
1	Piseta
1	Matraz enlermeyer de 125 mL con tapón de hule mono horadado
1	Gradilla
5	Pedazos de papel filtro de 10 cm x 10 cm
	Reactivos
	Butanol
	Ácido Acético
	Alcohol Etilico
	Piridina
	Agua destilada
	Silica gel
	Hexano

Introducción

La cromatografía constituye una de las técnicas más versátiles y poderosas utilizadas para separar sustancias con características similares en mezclas complejas. Aunque existen varios tipos de cromatografía, en general la mezcla se disuelve en una fase móvil que puede ser un líquido o un gas y se hace pasar por una fase estacionaria. *La diferente movilidad de cada sustancia que compone la mezcla permite que se lleve a cabo la separación.*

La cromatografía en capa fina puede emplearse en un laboratorio forense para detectar la presencia de sustancias prohibidas, identificar un tipo específico de tinta o comparar los componentes que dan color al maquillaje.

Con las actividades a desarrollar en esta práctica, se tiene como objetivo que conozcas el principio fundamental de la cromatografía y reconozcas su utilidad en la identificación y comparación de tintas. Para ello se te proporcionarán diferentes fases estacionarias, diferentes fases móviles y diferentes tintas de bolígrafo que son los analitos a separar. Con ellos tienes que proponer diferentes combinaciones y determinar cuál es la mejor para lograr una buena separación de la muestra problema y por lo tanto contar con un método de identificación efectiva.

Desarrollo Experimental

Trabajo previo:

- 1) En la siguiente dirección electrónica encontraras un artículo que te ayudará a que comprendas las bases de la cromatografía y te familiarices con la terminología empleada en esta técnica de separación.

<http://pubs.acs.org/action/doSearch?AllField=chromatography&type=within&publication=346464552>

- 2) Contesta el siguiente trabajo previo que te ayudará a desarrollar una mejor metodología para la separación de la tinta:

1.- Realiza una lista de los componentes de la tinta de plumas y dibuja su estructura química.

2. Clasifica los componentes de la tinta en polar o no polar.

3.- Las cromatoplacas están hechas de silica gel, ésta es la fase estacionaria. Investiga cuál es la composición química de esta fase y si se trata de una sustancia polar o no polar.

4.- Para desarrollar la metodología cuentas con 3 disolventes, investiga su estructura química y si son sustancias polares o no polares.

5.- Investiga y anota en tu bitácora el rombo de seguridad de los reactivos que utilizarás en la práctica.

Al conocer las composiciones de la fase estacionaria, la fase móvil y de la muestra a separar, podrás diseñar más adecuadamente qué disolvente o mezcla de disolventes emplearás en tu desarrollo experimental.

Problema 1

En el documento de apoyo encontrarás la metodología de diferentes técnicas cromatográficas, estúdialas y pide a tu profesor que aclare tus dudas.

Se te proporcionarán placas cromatográficas de silica gel y papel filtro como fase estacionaria, *3 fases móviles y dos o tres muestras de tinta de bolígrafo de diferente calidad*. Con base en lo que sabes acerca de cromatografía, debes proponer qué disolvente o mezcla de disolventes emplearás para realizar una buena separación. Una vez que tu profesor autorice el procedimiento propuesto, realiza las pruebas en el laboratorio. Al final tendrás como desecho la fase móvil y la estacionaria, deposita en el contenedor de residuos D1 las placas cromatográficas, en el D2 los disolventes y en la D3 el papel de filtro.

Puedes realizar tantas combinaciones como tu material te lo permita. Elabora una tabla como la que muestra la figura 4.1, para ordenar tus resultados.

Fase estacionaria	Fase Móvil	Analito a separar	Resultado (fotografía)

Tabla 4.1. Combinaciones para realizar cromatografía de tinta de bolígrafo

Problema 2

Cromatografía en microcolumna

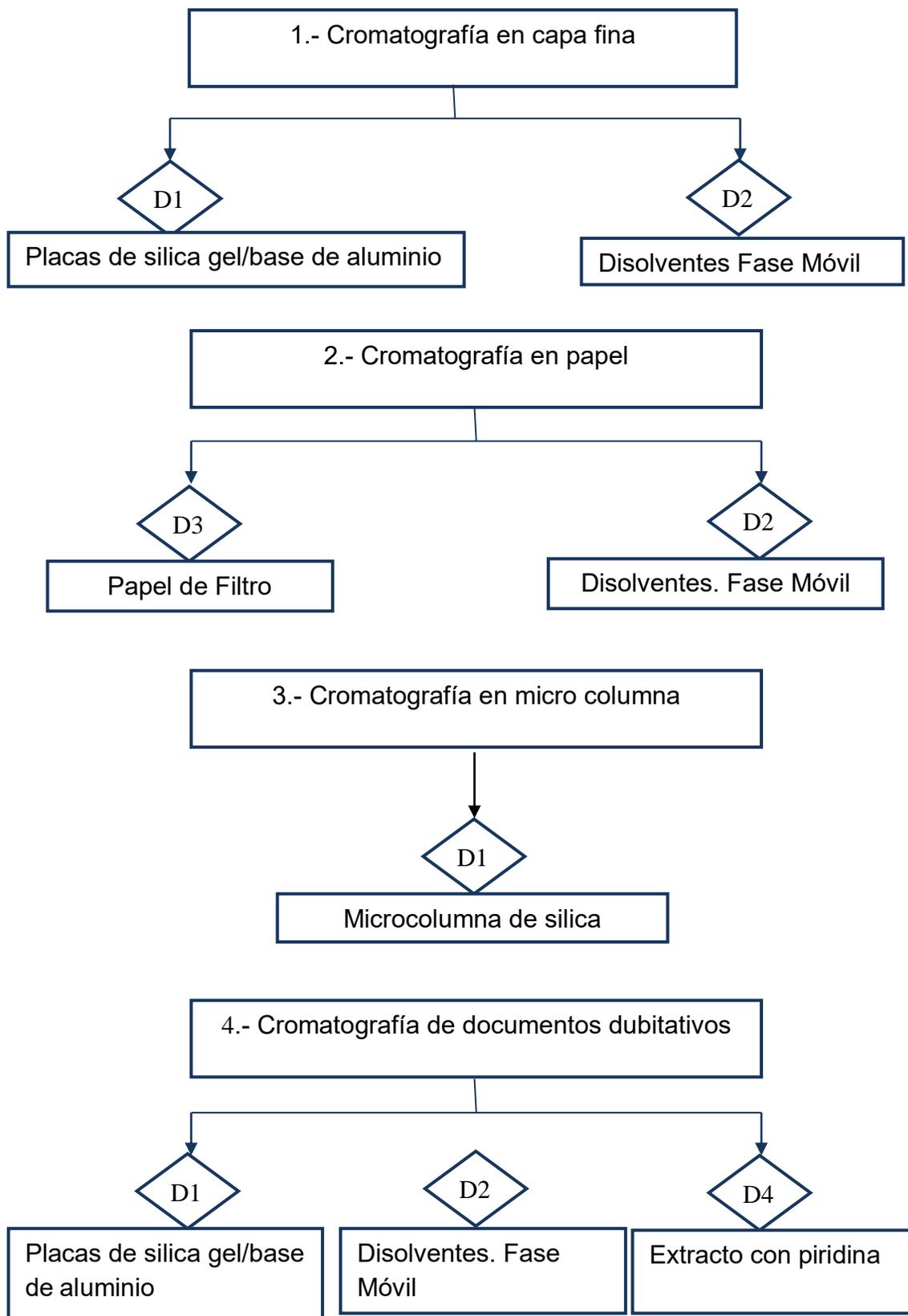
Realiza la cromatografía en microcolumna guiándote con el documento anexo y toma fotografías del avance de la muestra problema a través de la microcolumna. Al finalizar deposita la microcolumna en el contenedor de residuos D1.

Problema 3

Para entrar en el contexto forense: En el documento de apoyo se describe la técnica forense para el análisis de tintas, aplica este procedimiento para analizar los componentes de la tinta empleada en el documento que te proporcionará tu profesor. Al finalizar obtendrás como residuos la fase móvil, la fase estacionaria y el extracto con piridina. Colócalos en el contenedor de residuos D2, D1 y D4 respectivamente.

1.- ¿Podrías afirmar que una de las tintas trabajadas en la primera parte, coincide con la del documento sospechoso? Realiza las pruebas que consideres necesarias.

DIAGRAMA ECOLÓGICO



Documento de apoyo

Desarrollo experimental

- Primera parte: cromatografía en capa fina.

1. Para colocar las muestras de analito hay que construir varias micropipetas: toma por los extremos un tubo capilar, calienta la parte central, estira hasta dividirlo y tener dos capilares con punta, despunta los extremos de las micropipetas.

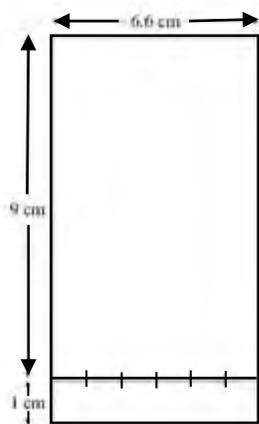


Imagen 4.1. Placa de silica gel

2.- Con la punta de un lápiz dibuja una línea a lo ancho de cada placa de silica gel a 1 cm de la base. Con ayuda de una regla dibuja sobre la línea tantas marcas equidistantes como muestras a separar, observa la imagen 4.1

3.- Coloca con una micropipeta diferente, en cada una de las marcas, una muestra de cada una de las tintas que trajiste y una del eluyente que sirva como referencia. Cada muestra debe formar un círculo de entre 1 y 2 mm de diámetro (puedes practicar en un papel filtro antes de usar la placa).

4.- En el frasco para cromatografía, coloca dentro un trozo de papel filtro como se muestra en la imagen 4.2, agrega el eluyente elegido hasta tener una altura de aproximadamente 0.5 cm y agita hasta que el papel se impregne. Enseguida mete la cromatoplaque dentro del frasco de tal forma que toque el solvente y se recargue de la pared del vaso. Recuerda que el nivel del líquido debe estar por debajo de la línea en donde están las muestras (5 mL del solvente pueden ser suficientes).

5.-Tapa el frasco para cromatografía y no dejes que se mueva mientras el líquido se desplaza sobre la placa (aproximadamente 20 minutos).



Imagen 4.2 Frasco de cromatografía con papel filtro impregnado de eluyente y placa de sílica gel con la muestra a separar.

6.- Una vez que el nivel del líquido se encuentre a un centímetro de alcanzar el extremo superior de la placa, retírala del frasco y marca con el lápiz la altura hasta la que llegó el líquido.

7.- Deja que la placa se seque y marca suavemente con el lápiz la posición de cada mancha y observa su color.

8.- Con ayuda de la regla mide la distancia recorrida por cada una de las muestras y compárala con la del disolvente (para las mediciones utiliza el centro de cada mancha).

9.- Calcula el valor del factor de retención.

$R_f = \text{distancia recorrida por la sustancia} / \text{distancia recorrida por el solvente}$

10.- Calcula el R_f de todas las manchas que detectes. El valor del factor de retención, no es un valor que encuentres reportado en la literatura para poder comparar e identificar el analito presente. El factor depende de la fase móvil y de la fase estacionaria empleada. Para poder identificar necesitas tener una referencia: es decir, si sospechas que uno de los componentes de la tinta es la curcumina, en la misma cromatoplaqueta debes colocar una marca de una solución conocida de curcumina, si el R_f coincide, muy seguramente la curcumina está presente.

- Cromatografía en columna

Para la realización de la cromatografía en columna, normalmente es necesario el uso de mucho disolvente, para evitar el desperdicio se utilizará un gis o bien una microcolumna cromatográfica.

El gis se coloca y se mantiene quieto dentro del recipiente que contiene la muestra en solución y se deja así hasta que ocurra la separación.

Procedimiento para utilizar la microcolumna:

1. Con la ayuda de un alambre rígido, coloca una pequeña torunda de algodón en el fondo de una pipeta Pasteur.
2. Con la ayuda de un pequeño embudo de papel, llena la pipeta Pasteur con silica gel disuelta en hexano. La columna tiene que empacarse en forma compacta y dejando un espacio superior libre. Encima de este material se coloca otra torunda de algodón. La torunda de algodón superior no debe quedar muy compacta. Observa la imagen 4.2.
3. Agrega dos o tres gotas de la muestra problema y deja que se desplace. Has pasar 5 mL del eluyente por la columna y colecta las diferentes fracciones.

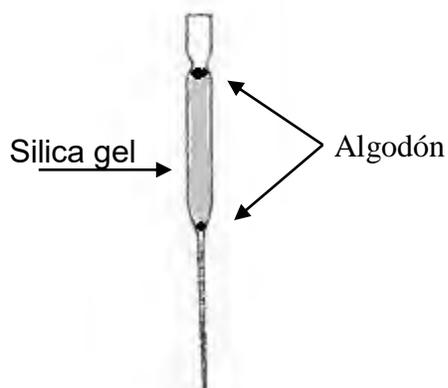


Imagen 4.2

- Cromatografía en papel

El método se basa en un mecanismo de reparto, y consiste en depositar una pequeña cantidad de muestra en el extremo de una tira de papel filtro. Luego se introduce la tira en una cubeta que contenga el disolvente, de manera que éste fluya por la tira por capilaridad. Cuando el disolvente deja de ascender o ha llegado al extremo, se retira el papel y se seca.

Propuesta alterna

Recorta pedazos de papel filtro en forma cuadrada o circular, realiza una perforación en la parte central para colocar un rollo o un cono de papel filtro. En la parte central del papel filtro en forma cuadrada o circular coloca unas gotas de la muestra. Sumerge parte del cono en el disolvente. La imagen 4.3 muestra cómo armar y colocar el papel filtro.



Imagen 4.3

Análisis de tinta de documentos dubitativos.

1. Coloca el documento dubitado sobre una superficie de hule de nitrilo. Con ayuda de una jeringa de aguja amarilla (32 mm) perfora el documento, obtén diez confetis.
2. Colócalos en un tubo de ensayo y adiciona 5 gotas de piridina.
3. Sella el tubo de ensayo con papel parafilm y deja reposar 15 minutos.
4. La muestra esta lista para que la apliques en la placa para cromatografía.
5. La mezcla de disolventes propuesto es Acetato de etilo 52%, metanol 26% y agua 22%.

En la imagen 4.4 se muestra un ejemplo de cómo se pueden alterar documentos. La documentoscopia se encarga de analizar si la tinta de diferentes segmentos del documento coincide.



Imagen 4.4 Alteración por modificación utilizando otro bolígrafo al originalmente empleado

Bibliografía

- Gaucher, G. M. (1969). An Introduction to Chromatography. Journal of chemical education, 46(11), 729-733.

Entrega de informe

- Carátula con información del equipo y práctica realizada
- Cuestionario previo
- Hipótesis: ¿Qué disolvente o mezcla de disolventes es la ideal para la elución de los componentes de la tinta y por qué? ¿Cuál es la mejor fase estacionaria?
- Resultados: Problema 1, Describe brevemente la metodología que seguiste y completa la tabla 1. Problema 2, Describe las dificultades que surgieron en la metodología para el análisis de documentos dubitativos. Anexa las fotografías tomadas durante la práctica y las cromatoplasmas pégalas en tu bitácora.

■ **Análisis de resultados:** ¿Cuál fue el mejor disolvente o la mejor mezcla de disolventes para llevar a cabo la elución y por qué? ¿Crees que la metodología para el análisis de documentos es adecuada y confiable? Con base en lo que sabes de cromatografía realiza una crítica al análisis de documentos dubitativos.

■ **Conclusiones**

6.5 MARCHA ANALITICA DE CATIONES



Facultad de Medicina
Licenciatura en Ciencia Forense
Laboratorio de Química General

Práctica 5

“Marcha analítica de cationes”

Competencias a desarrollar

- ☒ Actuación con bases científicas y desarrollo del pensamiento crítico.
 - Identifica los mejores métodos, procesos y limitaciones de las diferentes formas de procesar los indicios.

- ☒ Procesamiento de los indicios.
 - Identifica las pruebas y peritajes de las disciplinas correspondientes para el estudio y la investigación en cada caso.

Aprendizajes esperados

Que los estudiantes conozcan:

- ☒ Algunas pruebas cualitativas que permiten la identificación de iones y las reacciones químicas involucradas.
- ☒ Las ventajas y desventajas del ensayo a la flama como técnica de reconocimiento de cationes.

Material, equipo y reactivos

Cantidad	Material
1	Placa de toques
5	Tubos de ensayo de 5 mL
1	Embudo de tallo corto
1	Agitador de vidrio con gendarme
3	Pipeta Pasteur/chupón
3	Papel de filtro de 10*10cm
1	Mechero Bunsen
2	Alambre de Nicromel
	Equipo
1	Medidor de pH
Concentración	Reactivos
0.1 mol/L	Nitrato de Níquel NiNO ₃
0.1 mol/L	Cloruro de Mercurio HgCl ₂
0.1 mol/L	Cloruro de Cadmio CaCl ₂
0.1 mol/L	Nitrato de plomo Pb(NO ₃) ₂
0.1 mol/L	Cloruro de Litio LiCl
0.1 mol/L	Cloruro de sodio NaCl
0.1 mol/L	Nitrato de potasio KNO ₃
0.1 mol/L	Cloruro de Zinc ZnCl ₂
0.1 mol/L	Cloruro de calcio CaCl ₂
0.1 mol/L	Nitrato de Bario Ba(NO ₃) ₂
0.1 mol/L	Sulfato de Cobre CuSO ₄
0.1 mol/L	Cloruro de Hierro FeCl ₂
0.1 mol/L	Sulfuro de sodio Na ₂ S
30 % m/v	Hidróxido de amonio NH ₄ OH
0.5 % m/v	Dimetilglioxima C ₄ H ₈ N ₂ O ₂
concentrado	Ácido clorhídrico HCl
concentrado	Ácido sulfúrico H ₂ SO ₄
concentrado	Ácido nítrico HNO ₃

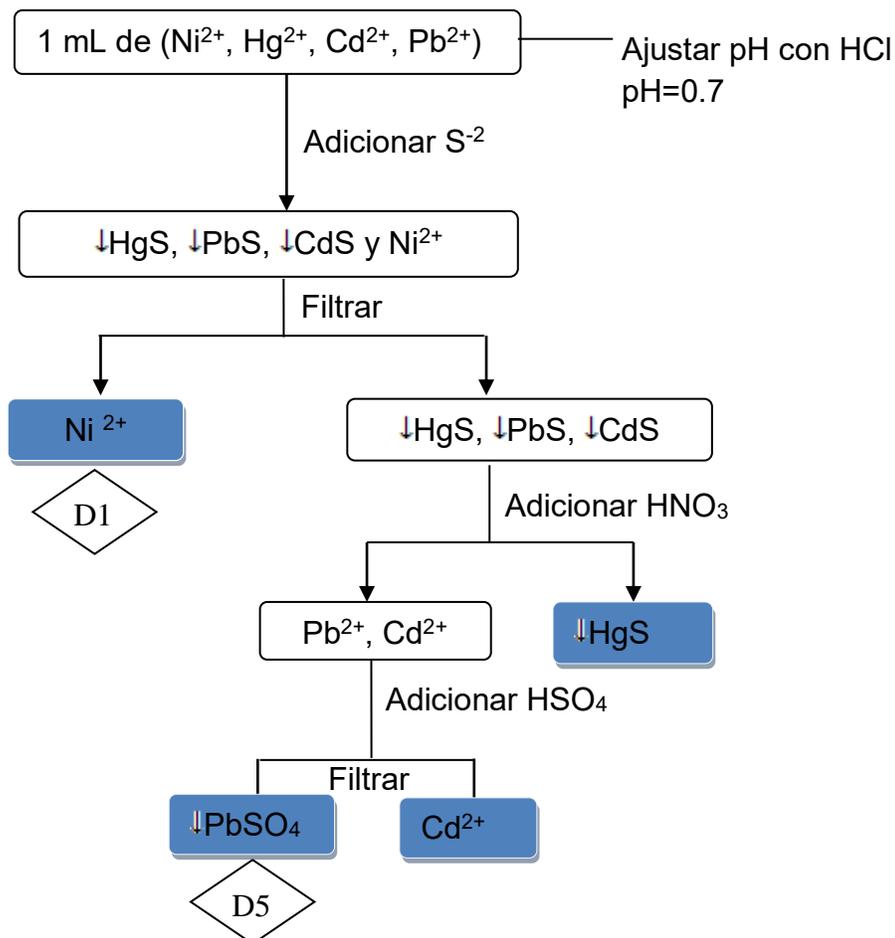
Diagrama experimental

Primera parte: Marcha analítica de cationes

A la serie de reacciones que se realizan de forma sistemática en una mezcla con el propósito de identificar los iones presentes, se le conoce como Marcha analítica. Durante el proceso se adicionan reactivos a la mezcla, los cuales reaccionan con las especies presentes provocando cambios de color, la solución o precipitación de alguna sustancia. Dichos cambios permiten identificar la presencia de aniones y cationes específicos en una mezcla problema.

Para realizar la marcha analítica de cationes debes seguir las instrucciones del siguiente diagrama de flujo. Discute con tu profesor cada paso a seguir.

En el documento anexo encontrarás la explicación de los equilibrios que suceden en esta marcha analítica.



Continúa con el siguiente procedimiento para identificar a los presuntos cationes que ya están separados:

1. Toma unas gotas de la solución que contiene los cationes de Ni^{2+} y colócalas en un papel filtro, adiciona una gota de hidróxido de amonio al 30% y una gota de Dimetilglioxima al 0.5 %. Una coloración rosa mexicano confirma la presencia de Ni^{2+} . El sobrante de la solución de Ni^{2+} colócalo en el contenedor de residuos D1. El papel filtro con Ni^{2+} y Dimetilglioxima colócalo en el contenedor de residuos D2.
2. Adiciona gotas de agua regia ($3\text{HCl}:\text{HNO}_3$) al tubo que contiene el precipitado de sulfuro de mercurio hasta que se disuelva por completo. Agrega una gota de cloruro de estaño. Un color negro confirma la presencia de Hg^{2+} . Coloca este residuo en el contenedor D3.
3. Adiciona 1 gota de sulfuro de sodio al tubo que contiene la solución de Cd^{2+} . Un precipitado color amarillo confirma la presencia de este catión. Coloca el contenido de este tubo en el contenedor de residuos D4
4. El color blanco del precipitado de sulfato de plomo confirma la presencia de plomo. Deposita el precipitado en el contenedor de residuos D5.

Segunda parte: Ensayos a la flama

1. En una placa de toques coloca una gota de cada reactivo de los que te proporcione tu profesor. Etiqueta adecuadamente.
2. En un vaso de precipitados de 10 mL, vierte 5 mL de ácido clorhídrico concentrado. Limpia el alambre de nicromel en el ácido clorhídrico.
3. Sumerge el alambre de nicromel en uno de los reactivos y enseguida colócalo en la zona reductora de la flama.
4. Observa el color que adquiere la flama y anota tus resultados.
5. Realiza el mismo procedimiento con los demás cationes metálicos, antes de cada ensayo recuerda limpiar el alambre de nicromel con ácido clorhídrico. El limpiar con ácido clorhídrico, permite quitar las impurezas de otros cationes, en especial el Na^+ , el cual es un catión muy común en el medio

ambiente y la coloración amarilla que produce la flama predomina sobre la coloración que generan otros cationes. Para poder disminuir la presencia de la coloración que produce el Na^+ observa el ensayo de todos los cationes a través de un vidrio de cobalto.

6. Después de realizar los ensayos a la flama, sobre un vaso de precipitados lava con no más de 5 mL de agua destilada la placa de toques. Vierte las aguas de lavado en el contenedor de residuos D6.

Entrega de informe

- 📌 Carátula: Datos de integrantes y práctica.
- 📌 Contesta las siguientes preguntas en relación con cada una de las técnicas de identificación aplicadas:
 - Marcha analítica: De acuerdo con las propiedades periódicas, y las constantes de equilibrio involucradas en las diferentes reacciones, ¿Crees que se pueda llevar a cabo una separación eficiente de acuerdo con el diagrama de flujo planteado?
 - Cuáles son los diferentes equilibrios presentes en cada paso de la experimentación. Anota tus observaciones en cada paso
 - Ensayo a la flama: ¿El ensayo a la flama es confiable y contundente para identificar cationes metálicos?
- 📌 Resultados: Anexa al diagrama de flujo y las fotografías que tomaste en cada paso de tu experimentación.
- 📌 Anexa las fotografías de todos los ensayos a la flama, y organízalos de acuerdo al color que presentan o bien a la posición que ocupan en la tabla periódica.
- 📌 Análisis de resultados: ¿Cuáles son las desventajas y las ventajas de la marcha analítica y el ensayo a la flama? ¿Cuáles son las dificultades que se presentaron durante la experimentación?
- 📌 Conclusiones: ¿Cuáles son las ventajas y las desventajas o limitaciones de las diferentes técnicas de confirmación de cationes? ¿Podrías aplicar cualquier técnica para identificar todos los cationes de la tabla periódica?

Documento anexo

Identificación de cationes.

Un 'ion' es una partícula cargada eléctricamente, constituida por un átomo o molécula. Conceptualmente esto se puede entender suponiendo que el átomo o partícula originalmente neutra gana o pierde electrones; este fenómeno se conoce como ionización.

Los iones cargados negativamente, conocidos como aniones, se caracterizan por contener más electrones que protones. Por su parte, los cargados positivamente se generan cuando se lleva a cabo una pérdida de electrones y se conocen como cationes.

Anión: "el que va hacia abajo". Tiene carga eléctrica negativa.

Catión: "el que va hacia arriba". Tiene carga eléctrica positiva.

Para realizar un análisis cualitativo de diversos cationes y aniones presentes en una solución, se realiza una serie de reacciones químicas características para cada ión que permitirá separarlos e identificarlos.

Entre las propiedades químicas de los iones, las de mayor interés para su identificación son:

- Color de la flama(ensayo a la llama)
- Capacidad para formar sales insolubles (precipitación)
- Capacidad para formar complejos solubles en solución acuosa (pruebas colorimétricas)

Ensayos a la llama

Cuando calentamos los iones metálicos estos absorben energía y se dice que alcanzan así un estado excitado, los electrones pasan de un orbital de menor a mayor energía. Debido a que el *estado* en donde el electrón se encuentra en un nivel de mayor energía es inestable, éste regresa a su estado fundamental liberando energía. La energía liberada es en forma de luz. Puesto que los estados excitados posibles son característicos para cada elemento y el estado fundamental es siempre el mismo, la radiación emitida será también peculiar para cada elemento y por lo tanto podrá ser utilizada para identificarlo.

Por lo tanto, la energía que pierde un átomo excitado para regresar a su estado fundamental puede considerarse como **“la huella dactilar”** de un elemento. Los químicos han utilizado los “ensayos a la llama” como un método sencillo de identificación. En la actualidad existen técnicas de análisis basadas en este principio, tales como la **espectroscopía de emisión atómica**, que nos permiten no sólo identificar, sino cuantificar la presencia de distintos elementos.

Antes de considerar las coloraciones de los distintos ensayos a la llama, hablaremos de la llama en sí misma y de sus características. La llama de un mechero Bunsen puede actuar como fuente térmica y luminosa, pero también como reactivo químico con poder oxidante y reductor. El que una llama tenga capacidad oxidante o reductora, se puede controlar regulando la entrada de aire. Así, tenemos: La combustión con exceso de aire produce una llama oxidante y los componentes del combustible arden totalmente, por lo que resulta incolora.

La combustión con carencia de aire, por su parte, es incompleta y produce una llama denominada reductora. De esta forma queda carbón incandescente y un exceso de monóxido de carbono, CO. Esta llama es poco calorífica, brillante, y reductora. Además el gas que desprende por llevarse a cabo una combustión incompleta, es tóxico.

No toda la llama del mechero es reductora u oxidante, sino que, aunque en distintas proporción, todas las llamas presentan zonas reductoras y oxidantes, es decir, dos partes diferenciadas: el cono interior, brillante y reductor, de combustión incompleta y baja temperatura y el cono exterior, incoloro, oxidante y de gran poder calorífico, donde se produce, como hemos dicho antes, una combustión completa. En la imagen 5.1 se muestra las partes reductora y oxidante de una llama.

En los ensayos a la llama, generalmente se usa la base de la llama, es decir, la parte reductora. Algunos cationes metálicos y la coloración que producen al exponerse a la llama se muestran en la imagen 5.2.

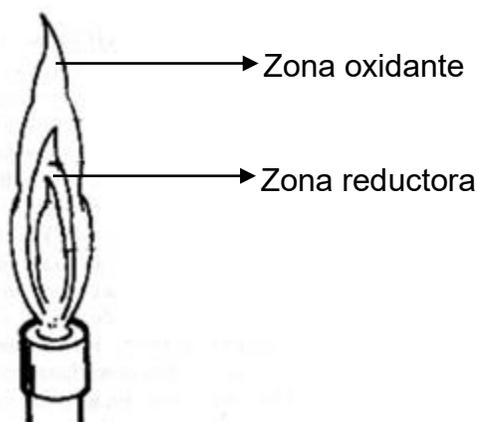
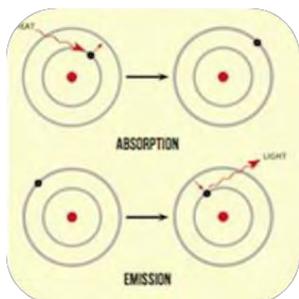


Imagen 5.1. Zonas de una llama

ENSAYOS A LA FLAMA

El ensayo a la flama es un procedimiento analítico utilizado por los químicos para detectar la presencia de iones metálicos, esta ensayo se basa en el color que estos producen al exponerse a la flama.



Cuando se calientan, los electrones en el ion metálico ganan energía y pueden "saltar" a un nivel de mayor energía. Debido a que energéticamente este estado es inestable, los electrones tienden a regresar a su estado original, liberando energía en este proceso. Esta energía es liberada en forma luz, y como esta transición varía de un ion metálico a otro, es decir que para cada ion metálico los colores producidos son característicos.



Imagen 5.2 Ensayos a la llama y la coloración de algunos cationes metálicos

Solubilidad y precipitación

La solubilidad de un compuesto químico se puede definir como la máxima cantidad, expresada en gramos, que pueda disolverse de éste en 100g de agua a una determinada temperatura. En general, a mayor temperatura, la solubilidad aumenta. Los datos reportados en libros y tablas se encuentran a 25°C.

En el caso de los compuestos iónicos, el proceso de solución involucra la disociación de los iones. Una gran cantidad de compuestos iónicos son muy poco solubles en agua y su solubilidad suele cuantificarse mediante el estudio del siguiente equilibrio:



La constante de equilibrio se expresa como:

$$\frac{M_{(ac)}^+ X_{(ac)}^-}{MX_{(s)}} = K_{eq}$$

La concentración del sólido se considera constante, lo que da como resultado la siguiente expresión de la constante de solubilidad (también conocida como producto de solubilidad):

$$K_{ps} = [M^+] [X^-]$$

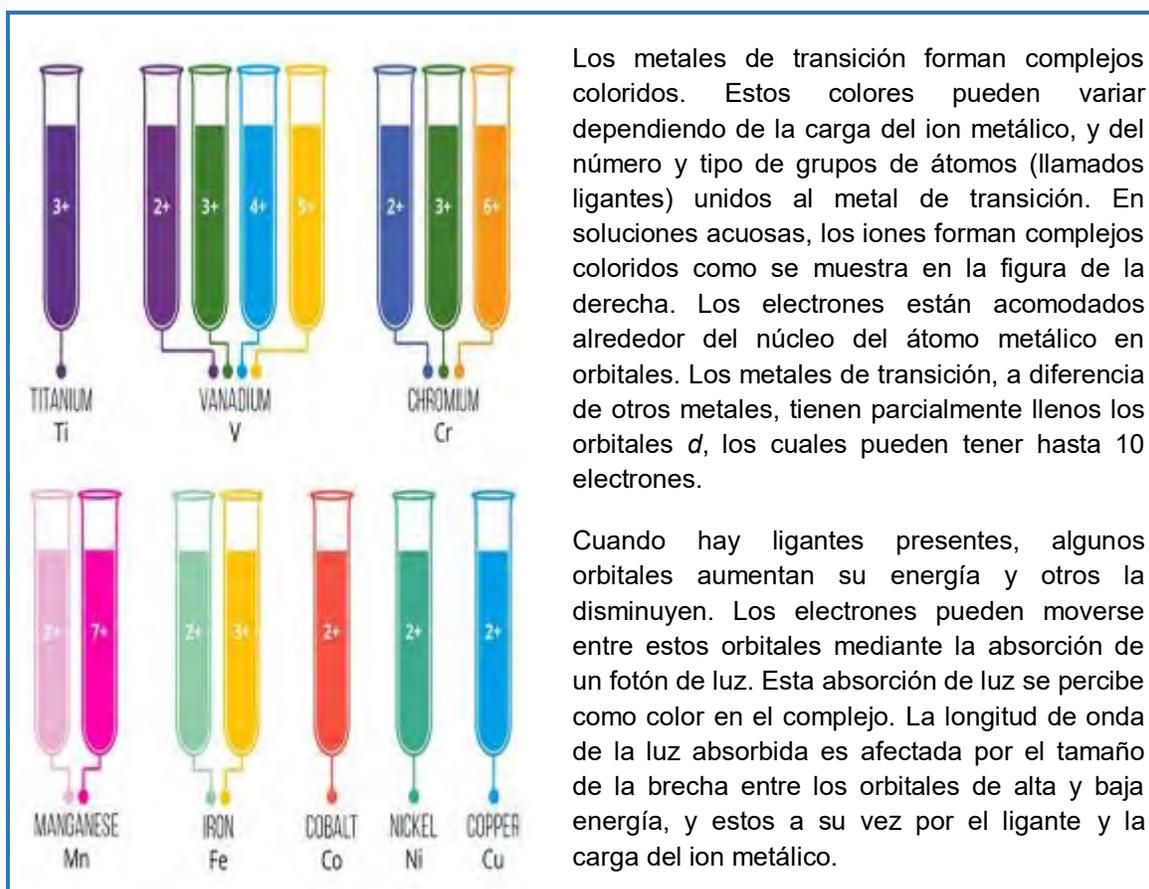
A la concentración de cada uno de los iones presentes en solución al momento de la precipitación del sólido se le llama solubilidad molar. Los factores que afectan la solubilidad son la temperatura, el ion común y el pH.

El fenómeno de precipitación, así como el de solución de precipitados, ocupa un lugar muy importante en la Química. Sus principales aplicaciones son las identificaciones y las separaciones. Esto es debido a que existe una gran cantidad de especies químicas que pueden ser identificadas por los precipitados que forman, los cuales en algunos casos presentan un color característico. Por otra parte, antes de llegar al proceso de identificación, la separación de especies interferentes suele ser necesaria y, entre las técnicas de separación, es de uso común la precipitación.

En la marcha analítica las reacciones de precipitación son las principales para realizar la separación. La técnica se basa en formar sales poco solubles en agua.

En el primer paso de la marcha analítica, se aísla el Ni^{2+} de los iones Hg^{+2} , Cd^{2+} y Pb^{2+} adicionando S^{2-} , esto es posible ya que los últimos tres cationes forman sales muy insolubles con el S^{2-} . Las constantes de solubilidad molar de estas tres sales insolubles son $2 \cdot 10^{-53}$, $3.6 \cdot 10^{-29}$ y $1.3 \cdot 10^{-28}$ mol/L a 25° respectivamente.

Equilibrios de complejación



Los metales de transición forman complejos coloridos. Estos colores pueden variar dependiendo de la carga del ion metálico, y del número y tipo de grupos de átomos (llamados ligantes) unidos al metal de transición. En soluciones acuosas, los iones forman complejos coloridos como se muestra en la figura de la derecha. Los electrones están acomodados alrededor del núcleo del átomo metálico en orbitales. Los metales de transición, a diferencia de otros metales, tienen parcialmente llenos los orbitales *d*, los cuales pueden tener hasta 10 electrones.

Cuando hay ligantes presentes, algunos orbitales aumentan su energía y otros la disminuyen. Los electrones pueden moverse entre estos orbitales mediante la absorción de un fotón de luz. Esta absorción de luz se percibe como color en el complejo. La longitud de onda de la luz absorbida es afectada por el tamaño de la brecha entre los orbitales de alta y baja energía, y estos a su vez por el ligante y la carga del ion metálico.

Metal	Estado de Oxidación	Color del Complejo
TITANIUM (Ti)	3+	Púrpura
VANADIUM (V)	2+	Púrpura
	3+	Verde
	4+	Azul
	5+	Amarillo
CHROMIUM (Cr)	2+	Azul
	3+	Verde
	6+	Naranja
MANGANESE (Mn)	2+	Rosa
	7+	Magenta
IRON (Fe)	2+	Verde
	3+	Amarillo
COBALT (Co)	2+	Rojo
NICKEL (Ni)	2+	Verde
COPPER (Cu)	2+	Azul

Imagen 5.3 Equilibrios de Complejación.

Los iones de los metales de transición pueden ejercer una fuerte atracción sobre moléculas negativas o sobre los extremos negativos de moléculas neutras polares. Dando lugar a compuestos con fórmula general ML_n que se denominan complejos. En donde M es el catión y L es la molécula negativa o una molécula neutra polar. Al ión metálico se le denomina ión central del complejo y los grupos L denominados ligantes se unen al ión central mediante un enlace covalente. En este enlace el ión metálico es el aceptor del par de electrones, en tanto que el ligante es el donador del par de electrones. En la imagen 5.3 se muestra el color que los complejos que adquieren algunos cationes metálicos según su número de oxidación.

Muchas sustancias biológicas importantes son compuestas de coordinación, la clorofila y la hemoglobina son ejemplos.

En la marcha analítica llevarás a cabo una reacción para formar un complejo: El catión Ni^{2+} con el ligante Dimetilgloxima. En la imagen 5.4 se muestra la estructura del Ni^{2+} unido al ligante Dimetilgloxima.

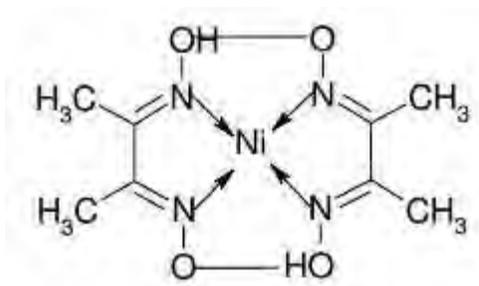


Imagen 5.4 Ni^{2+} unido al ligante Dimetilgloxima

6.6 PRUEBAS PRESUNTIVAS



Facultad de Medicina
Licenciatura en Ciencia Forense
Laboratorio de Química General

Práctica 6. Pruebas presuntivas

Reacción Química

Identificación de cationes y aniones

Competencias a desarrollar:

- ☒ Procesamiento de los indicios
 - Identifica las pruebas y peritajes de las disciplinas correspondientes para el estudio e investigación de cada caso.
- ☒ Verificación de la calidad de los peritajes.
 - Verifica la calidad del estudio de los indicios que le corresponden.

Objetivos:

- ☒ Que los alumnos a través de una búsqueda bibliográfica, entiendan la importancia, el uso y las variables implicadas en algunas de las pruebas presuntivas más empleadas dentro del campo forense.
- ☒ Conocer las condiciones bajo las cuales se efectúan estas pruebas presuntivas para tener un resultado lo mayor confiable.

- ☞ Evaluar la efectividad de las pruebas presuntivas en presencia de muestras que ocasionen falsos positivos y modificando variables como pH, temperatura y concentración.

Material, reactivos y equipos

Cantidad	Material
1	Placa de toques
10	Tubos de ensayo de 100mm*100mm
1	Placa calefactora con agitación
1	Vaso de precipitado de 200 mL
3	Matraces volumétricos de 10 mL
1	Embudo de talle corto
5	Tira indicadora de pH
4	Papel filtro 10cm*10cm
	Reactivos
	Frasco con iodo
	50 mL de indicador de iodo/almidón al 0.1 %
	50 mL de rodizonato de sodio saturado
	50 mL de solución amortiguadora pH=2.8
	50 mL de nitrato de bario 1 M
	50 mL de nitrato de plomo 1M
	50 mL de ácido sulfanílico al 0.5%
	50 mL de alfanafilamina en metanol al 0.5 %
	50 mL de ácido clorhídrico al 5 %
	50 mL de solución de nitrito de sodio 1M
	50 mL de peróxido de hidrogeno al 3%
	50 mL de bencidina en metanol al 0.5 %
	Material proporcionado por el alumno
	6 mL de Sangre seca
	20 Hisopos
	5 g de detergente con enzimas
	1 Salchicha
	1 Manzana
	10 mL de Cloralex
	1 Papa
	Lancetas
	Torundas de algodón con alcohol

Metodología

Problema 1

Llevarás a cabo una serie de reacciones químicas que son de gran relevancia en el ámbito de la criminalística. Estas pruebas son preliminares a otras más complejas, sin embargo, tienen un peso legal significativo. Al realizar estas pruebas es muy importante que detectes cuáles son las condiciones óptimas en las que se llevan a cabo, las interferencias que pueden dar lugar a falsos positivos y que reflexiones si estas pruebas son confiables.

Para que puedas identificar los cambios que ocurren en las reacciones, toma fotografías en cada paso.

Serología

Detección de saliva

1. En una placa de toques adiciona una gota de indicador de iodo/almidón al 0.1 %. Impregna con saliva un hisopo e introdúcelo en la mezcla anterior.
2. La presencia de la enzima amilasa en la saliva provoca la decoloración de la mezcla, debido a la degradación del almidón

El Yodo disuelto en una solución de yoduro de potasio reacciona con el almidón produciendo un color purpura intenso. Al adicionar saliva, la cual contiene amilasa, descompone al almidón en unidades más pequeñas de carbohidrato y el color purpura intenso desaparece.

Balística

Prueba con rodizonato de sodio

La prueba de rodizonato de sodio sirve para detectar los residuos de las sales nitrato de plomo y nitrato de bario que se encuentran en las manos de una persona que ha disparado un arma de fuego.

1. En una placa de toques coloca unas gotas de nitrato de plomo y nitrato de bario por separado.
2. Adiciona una gota de rodizonato de sodio en cada uno de los orificios en donde pusiste las gotas y observa el color que es característico del compuesto formado entre el Ba^{2+} y Pb^{2+} respectivamente con el rodizonato de sodio.
Ahora observarás la diferencia que resulta de fijar y no fijar el pH.
3. Ahora coloca en un orificio una gota de nitrato de plomo y una de nitrato de bario, coloca una gota de rodizonato de sodio y observa el color.
4. En otro orificio coloca una gota de nitrato de plomo, una de nitrato de bario, solución amortiguadora y una gota de rodizonato de sodio, observa el color formado. Enseguida adiciona una gota de ácido clorhídrico al 5 % y observa el color.

El color que se observa al adicionar rodizonato de sodio a la mezcla de nitrato de bario y plomo es rojo escarlata. Al adicionar la solución amortiguadora podemos observar el color que se forma solo con el Ba^{2+} . La solución amortiguadora fija el pH en un valor de 2.8 con lo que “oculta” la presencia de Pb^{2+} y otros metales pesados que estén presentes como impurezas. Al adicionar el ácido clorhídrico se revela un color azul-violeta que confirma la presencia de Pb^{2+} .

Técnica de Griess: Es útil para identificar nitritos (NO_2^-) que han quedado como residuo en personas o zonas cercanas al lugar donde se ha disparado un arma de fuego.

1. En una placa de toques coloca unas gotas de nitrito de sodio.
2. Adiciona una gota de ácido sulfanílico al 0.5 %, una gota de ácido clorhídrico al 5% y una gota de alfa-naftilamina al 0.5 %. Un color rosa te indicará la presencia de nitritos.

La reacción que se efectúa en la identificación de nitritos es llamada de diazotación. La amina presente en el ácido sulfanílico reacciona con los nitritos para formar una sal de diazonio, esta reacción debe llevarse a cabo en medio muy ácido para conseguir la formación de la sal de diazonio. La etapa siguiente es hacerla reaccionar con la alfa-naftilamina para producir un compuesto colorido. Las sales de diazonio se descomponen con facilidad si no se enfría el sistema, para poder efectuar la diazotación generalmente es necesario mantener la temperatura de reacción normalmente entre 0 y 5°C.

Hematología

Prueba de Adler: Útil para identificar sangre

1. En una placa de toques coloca una gota de sangre fresca o seca.
2. Adiciona dos gotas de bencidina y 2 gotas de peróxido de hidrógeno.
3. Virará a azul en caso de que sea positiva.

El grupo hemo de la hemoglobina puede descomponer al peróxido de hidrógeno en oxígeno y agua. El oxígeno a su vez oxida a la bencidina formando un compuesto intensamente azul.

En caso de que cualquiera de estas reacciones resulte positiva, requiere como toda técnica de orientación, más reacciones de confirmación y el empleo de técnicas más sofisticadas ya que se pueden obtener falsos positivos o falsos negativos con otras sustancias que tengan actividad semejante a las implicadas en las diferentes reacciones. En la siguiente sección probarás diferentes falsos positivos.

Problema 2

La mayoría de pruebas cualitativas pueden presentar falsos positivos debido a la presencia de sustancias similares a las que se están buscando. En este caso

deberán traer al laboratorio una muestra de los siguientes productos que podrían o no interferir algunas de las pruebas:

- Detergente con enzimas (Serología)
- Una salchicha (Determinación de nitritos)
- Una manzana (Técnica de Adler)
- Cloralex (Prueba de Adler)
- Una papa (Prueba de Adler)
- Sales de cationes metálicos comunes (Fe^{2+} y Cu^{2+}) (Prueba del rodizonato de sodio)

La cantidad de muestra que utilices de los productos queda a tu criterio, considera que debes de contaminar lo menos posible y que las muestras se comparten para todo el grupo.

Problema 3

Las pruebas antes vistas son susceptibles a variables como el pH, temperatura y concentración entre otras. A continuación se presentan algunas preguntas de reflexión, con base en ellas elabora una metodología para modificar alguna variable en las diferentes pruebas presuntivas.

-Prueba de identificación de saliva. ¿Qué parámetro modificarías para mejorar la efectividad de la misma? ¿Modificar la concentración de la solución de almidón puede ayudar a que el color purpura no sea tan intenso y que se observe más claramente el vire?

- Prueba del rodizonato de sodio. Depende, entre otras variables, de tener un valor bajo y bien definido de pH en la mezcla de reacción. Para modificar el pH cuentas con hidróxido de sodio y ácido clorhídrico. Pensando en un lugar de investigación forense, ¿En qué parte de la reacción o en qué reactivo modificarías el pH?

-La prueba de identificación de nitritos es sensible a la temperatura, si la sal de diazonio no está a temperaturas inferiores a 5° se descompone y la reacción no se lleva a cabo efectivamente.

¿Cómo modificarías la temperatura en el punto en donde se ha formado solo la sal de diazonio?

- La técnica de Adler da lugar a muchos falsos positivos. Pero tiene una gran susceptibilidad, es decir, puede reaccionar con una cantidad muy pequeña de sangre. Para poder corroborar esto, puedes realizar una serie de diluciones de sangre y ver hasta qué concentración puede detectarla.

Elige una de las propuestas anteriores, elabora brevemente y anota en tu bitácora una hipótesis de lo que crees que pasara al modificar esa variable y un diagrama de flujo para probar tu hipótesis. El material con el que cuentas es el que describe en la primera parte de la práctica.

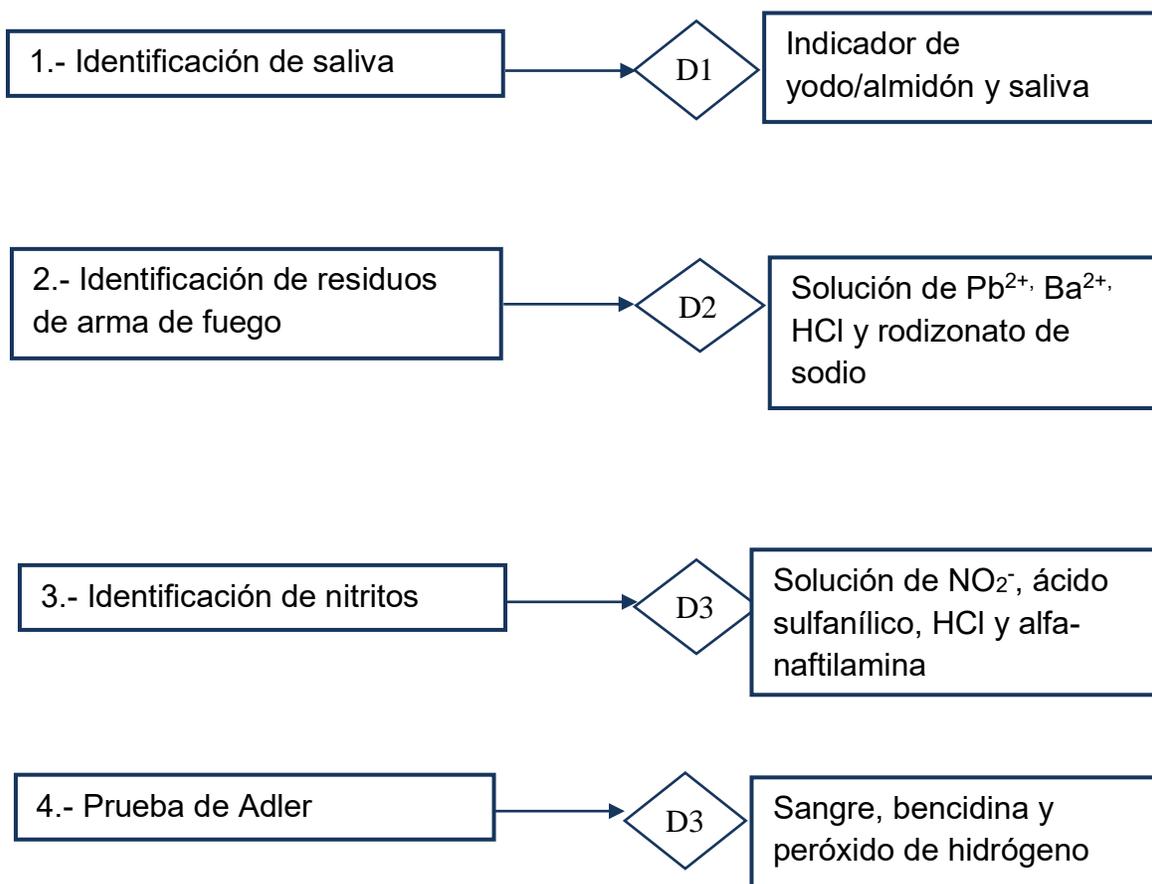
Entrega de informe

- 📌 Carátula: Datos de práctica e integrantes del equipo
- 📌 Hipótesis: Qué variables podrían afectar a un efectivo resultado de las pruebas presuntivas
- 📌 Resultados: Desarrollo de cada prueba y resultado de las misma (anexar fotografías). Qué falsos positivos empleaste y cuál fue el resultado de los mismos. En qué prueba presuntiva cambiaste los parámetros, y cuál fue el resultado.
- 📌 Análisis de resultados: ¿De qué parámetros dependen las pruebas presuntivas y cómo influye cada uno?
- 📌 Conclusiones: Si realizaras una prueba pericial: ¿creerías en un resultado arrojado por una prueba como estas?

Bibliografía:

- DÍAZ G., J.R.2007. Importancia de la Química, Toxicología y Farmacología en el campo forense. Trabajo Monográfico de Actualización Lic. Q.F.B. México. Universidad Nacional Autónoma de México.

DIAGRAMA ECOLÓGICO



6.7 ELABORACIÓN, RESOLUCIÓN Y PRESENTACIÓN DE CASO



Facultad de Medicina
Licenciatura en Ciencia Forense
Laboratorio de Química General

Práctica 7. Elaboración, resolución y presentación de un caso forense

Competencias a desarrollar:

☞ Actuación con bases científicas y desarrollo del pensamiento crítico:

- Identifica los elementos que integran el método científico y vigila su aplicación en la práctica forense.
- Identifica los mejores métodos, procesos y limitaciones de las diferentes formas de procesar los indicios.
- Verifica los indicios, en su caso, a través del estudio microscópico o químico de los mismos.

☞ Capacidad de recabar el material sensible significativo:

- Describe los pasos de la cadena de custodia

☞ Elaboración de protocolos de análisis:

- Describe los pasos metodológicos aplicables en el estudio de los indicios.

🔍 Procesamiento de los indicios:

- Sabe que los indicios deberán estudiarse y recolectarse de manera científica, a partir del lugar de los hechos, y vigila el cumplimiento de la cadena de custodia.

🔍 Verificación de la calidad de los peritajes:

- Integra e interpreta de manera integral los resultados para establecer dictámenes fundamentados en la Ciencia Forense.

Resumen: En esta actividad diseñarán por equipo, un caso forense que plantee la necesidad de analizar una serie de indicios mediante la aplicación de algunas de las metodologías aprendidas hasta el momento en la clase de química (**cristalización, cromatografía, densidad, pruebas a la gota, prueba a la flama, etc.**).

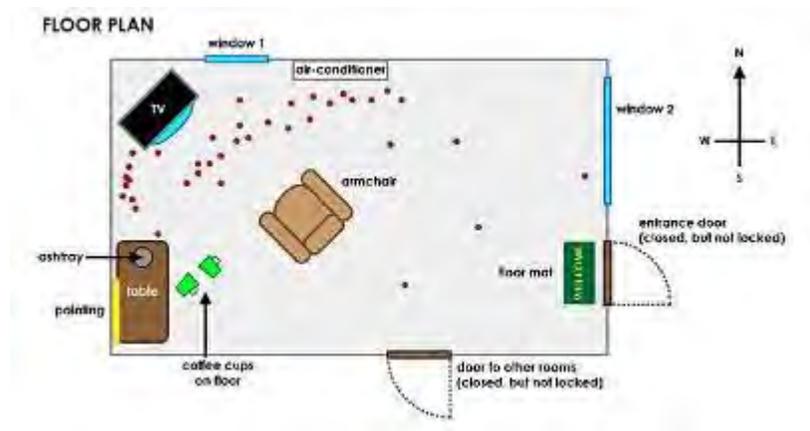
Desarrollo

Para la elaboración de esta actividad experimental tendrán que:

- 1) Hacer una narración del caso, preparar las evidencias y redactar una solicitud de peritaje.

El tema del caso será libre, puede ser totalmente inventado, tomado de un caso real o pueden retomar alguno de los casos de los artículos que hayan abordado en clase. Para ilustrarlo, además de hacer una descripción completa de la situación, elaborarán un croquis de la escena del crimen. Éste puede ser mediante croquis, pueden ser fotografías o bien videos.

Ejemplo:



Preparación de indicios

Las evidencias las preparará cada equipo en una sesión de laboratorio, las embalarán, etiquetarán y llenarán los formatos de cadena de custodia correspondientes (Los formatos de cadena de custodia y etiqueta se encuentran en el documento anexo). En las indicaciones que pongan en dichos formatos es importante que empleen en forma correcta el mayor número de términos de los que hemos explicado en clase.

Para hacerlo es indispensable que una semana anterior a la sesión de preparación, nos entreguen a su profesor una lista con el material que requieren para preparar las evidencias y que ustedes no pueden conseguir por su cuenta (material de laboratorio y reactivos). Junto con la lista de material y reactivos, elabora un diagrama ecológico para poder clasificar adecuadamente tus residuos.

Las evidencias deben estar acompañadas por una orden de peritaje en el que mediante preguntas (Que diga el perito si:.....) se indique a los peritos químicos la información que se requiere para resolver el caso.

Aspecto ético

Para que la actividad resulte exitosa, en este caso (y en todos) es importante que se guarden los principios básicos de ética y ningún equipo haga trampa entregando información anticipada al equipo que resolverá su caso. La idea es que trabajen como si se tratara de un caso real en el que lo único que está a su disposición es una descripción de la situación y las evidencias.

Resolución

2) Cada caso diseñado, junto con los documentos y las evidencias, será asignado a otro equipo para que lo resuelva.

Los equipos recibirán sus casos a resolver la clase siguiente a la sesión de preparación, y tendrán hasta la siguiente clase de la misma semana para planear los análisis que llevarán a cabo y entregar la lista de material que requieren para trabajar en el laboratorio.

El equipo que recibe el caso se encargará de realizar los análisis que correspondan para responder las preguntas que se les hace en la solicitud el peritaje. Además deberán sugerir y hacer (si hay tiempo y las condiciones) otras pruebas que pudieran ayudar a resolver el caso de forma contundente.

La descripción de las metodologías aplicadas así como de los resultados obtenidos y su análisis, deberán quedar registrados de forma puntual en su bitácora. Asimismo es importante que investiguen y anoten el tratamiento que debe darse a los residuos (Diagrama ecológico)

El equipo que resolverá el caso tiene que verificar que los indicios cumplen con la cadena de custodia correspondiente.

Presentación

3) Al final, se elaborará una presentación que contenga el desarrollo experimental seguido para resolver el caso, así como el dictamen final, que dará respuesta a la solicitud de peritaje.

Finalmente el equipo que resolvió entregará un informe en formato pericial e incluirá una conclusión que trate de resolver el caso. Los equipos presentarán el caso que resolvieron al resto del grupo y serán cuestionados por todos, pero de forma especial por el equipo que planteó cada caso.

La presentación se realizará en formato Power Point, en donde se incluirá: caso planteado, indicios entregados, pregunta planteada en la solicitud pericial, metodología planteada, análisis y conclusión (formato pericial). La duración de la presentación no debe exceder de 10 minutos. Se darán 10 minutos para que el grupo que planteó el caso cuestione las metodologías seguidas.



**CIENCIA
FORENSE**
UNAM

FORMATO DE ENTREGA RECEPCIÓN DEL LUGAR DE INTERVENCIÓN

Carpeta de investigación

1. Ubicación del lugar de intervención (Añote la unidad administrativa a la que pertenece el primer respondiente, la Entidad Federativa, Delegación o Municipio en el que se encuentra el lugar de intervención, así como la fecha y hora de arribo).

Unidad Administrativa	Entidad Federativa	Delegación o Municipio	Fecha y hora

2. Servidor público encargado de la preservación que entrega el lugar de intervención (Añote nombre completo, cargo, fecha y hora de entrega, así como la firma autógrafa).

Nombre completo	Cargo	Fecha y hora	Firma

3. Servidor público recibe el lugar de intervención (Añote nombre completo, cargo, fecha y hora de quien recibe, así como la firma autógrafa).

Nombre completo	Cargo	Fecha y hora	Firma

4. Dirección o localización del lugar de intervención (Añote la dirección completa o, en su caso, la localización del lugar de intervención).

5. Croquis simple de ubicación del lugar (Incluya sitios de referencia y el sentido de circulación de vialidades).



Paginación:



CIENCIA
FORENSE
U N A M

FORMATO DE ENTREGA RECEPCIÓN DEL LUGAR DE INTERVENCIÓN

Carpeta de Investigación

6. Preservación del lugar de intervención (señala las medidas tomadas para preservar el lugar de intervención).

7. Documentación del lugar de intervención (Marque con "X" los métodos que adicionalmente se hayan empleado para documentar el lugar de intervención, así como el nombre completo, cargo, y firma de los elementos de la policía que realizaron estas actividades).

Fotográfico	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
Videográfico	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
Por escrito	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>

Nombre completo	Cargo	Firma

8. Modificación del lugar (Marque con "X" según corresponda. Si es el caso, deberá especificar las modificaciones que se hayan producido)

Modificación del lugar:	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>		
Tipo de modificación:	Intencional	<input type="checkbox"/>	Cuerpos de emergencia	<input type="checkbox"/>	Fenómenos naturales	<input type="checkbox"/>
Especifique:						

9. Detección temprana de riesgos (Especifique aquellas circunstancias que pueden representar un riesgo para la integridad del lugar, de los indicios o de los servidores públicos que intervienen).

10. Víctimas (Anote el número de víctimas, el nombre si se conoce, si está lesionada, si se trata de un cadáver o de restos de probable origen humano. Cuando el número de víctimas sea muy grande y se encuentren en la misma condición, puede anotar por intervalos).

No.	Nombre	Condición

Paginación



CIENCIA
FORENSE
UNAM

FORMATO DE ENTREGA RECEPCIÓN DEL LUGAR DE INTERVENCIÓN

Carpeta de investigación

11. Destino (señale el lugar al que fueron trasladadas las víctimas)

No.	Institución que lo trasladó	Lugar al que se trasladó	Placas o número económico de la unidad

12. Personas detenidas (Señale el número y nombre completo de las personas detenidas)

No.	Nombre del detenido

13. Vehículos relacionados (Señale el número y características de los vehículos relacionados)

No.	Tipo y color	Marca	Línea o submarca	Año-modelo	Placa

14. Servidores públicos que ingresaron al lugar (En su caso, anote el nombre completo de las personas que ingresaron al lugar de intervención una vez establecido el acordonamiento y hasta antes de su entrega al personal especializado para el procesamiento)

Nombre completo	Institución y cargo	Hora de ingreso	Hora de salida

15. Servidor público que entrega el lugar después del procesamiento (Anote nombre completo, cargo, fecha y hora de entrega, así como la firma autógrafa)

Nombre completo	Cargo	Fecha y hora	Firma

16. Servidor público que recibe el lugar de intervención después de procesamiento (Anote nombre completo, cargo, fecha y hora de quien recibe, así como la firma autógrafa)

Nombre completo	Cargo	Fecha y hora	Firma

Paginación



CIENCIA
FORENSE
UNAM

REGISTRO DE CADENA DE CUSTODIA

Carpeta de investigación

--	--	--

4. Servidores públicos (Todo servidor público que haya participado en el procesamiento de los indicios o elementos materiales probatorios en el lugar de intervención deberá escribir su nombre completo, la Institución a la que pertenece, su cargo, la etapa del procesamiento en la que intervino y su firma autógrafa. Se deberán cancelar los espacios sobrantes).

Nombre completo	Institución y cargo	Etapa	Firma

5. Traslado (Marque con "X" la vía empleada. En caso de ser necesaria alguna condición especial para el traslado de un indicio o elemento material probatorio en particular, el personal pericial o policial con capacidades para el procesamiento, según sea el caso, deberá recomendarla).

a) Vía: Terrestre Aérea Marítima

b) Se requieren condiciones especiales para su traslado: No Sí

Recomendaciones:

Paginación



CIENCIA
FORENSE
UNAM

REGISTRO DE CADENA DE CUSTODIA

Carpeta de investigación

6. Continuidad y trazabilidad (Fecha y hora de la entrega-recepción, nombre completo de quien entrega y de quien recibe los indicios o elementos materiales probatorios, institución a la que pertenecen, cargo dentro de la misma, propósito de la transferencia y firmas autógrafas. Anote las observaciones relacionadas con el embalaje, el indicio o elementos material probatorio o cualquier otra que considere necesario realizar. Agregue cuantas hojas sean necesarias. Cancele los espacios sobrantes después de que se haya cumplido con el destino final del indicio o elemento material probatorio).

Fecha y hora	Nombre, institución y cargo	Propósito	Firma
	Nombre, institución y cargo	Propósito	Firma
Observaciones			
	Nombre, institución y cargo	Actividad/propósito	Firma
	Nombre, institución y cargo	Actividad/propósito	Firma
Observaciones			
	Nombre, institución y cargo	Actividad/propósito	Firma
	Nombre, institución y cargo	Actividad/propósito	Firma
Observaciones			

Paginación

INDICIO/ELEMENTO MATERIAL PROBATORIO

Carpeta de Investigación: _____

Folio: _____

Fecha: _____ Hora: _____

Tipo de indicio/elemento material probatorio/

Identificación
(Número, letra o combinación)



Con esta séptima práctica concluye el manual de prácticas, producto principal de este trabajo. A continuación se presentan algunas evidencias obtenidas al implementar el manual con la segunda generación de la LCF durante el semestre 2015-1.

7. EVIDENCIA DE LOS RESULTADOS

Desde que se echara a andar la LCF se instauró un programa semestral de evaluación de profesores. Es así que los alumnos deben evaluar a los profesores al término del semestre en que transcurre el curso. La evaluación es a través de una plataforma digital en la cual además de otorgar una ponderación a las aptitudes como profesor, expresan comentarios generales el curso. La siguiente *Imagen 1* contiene los comentarios que sobre la clase de QG hicieron los alumnos de la segunda generación de la LCF.

Es una excelente profesora, explica muy bien y con mucho detenimiento todos los temas.
Al inicio del semestre iba muy lenta dando los temas y ahora, que estamos por terminar, se apresura dando los temas restantes.
Excelente profesora, el único problema es que a veces al aclarar a la perfección las dudas enreda un poco a los alumnos, fuera de eso, excelente profesora.
Explica muy bien los temas, solo que algunos los explica de mas haciéndolos un poco largos, en el laboratorio están muy bien diseñadas las prácticas y muy enfocadas a la carrera.
Siento que la maestra es buena pero al momento de explicarle las dudas a mis compañeros como trate de que les quede de forma clara se pierde mucho tiempo de clase y suele ser un poco tedioso debido a que se alarga mucho y a veces se desvía del tema.
ES LA MEJOR PROFESORA DE LA LICENCIATURA, TOTALMENTE ENFOCADA A LO FORENSE. SIEMPRE SE FOMENTA LA PARTICIPACION Y NUNCA DEJA A LOS ALUMNOS CON DUDAS. LAS PRACTICAS DE LABORATORIO SON EXCELENTES Y MUY RELACIONADAS CON LA CARRERA. CABE MENCIONAR QUE NANCY,
Es una buena profesora, pero le da muchas vueltas a sus explicaciones, es decir, no es muy clara cuando le hacemos una pregunta. Además, me pareció muy injusta su manera de calificarme el parcial pasado en cuanto al juicio del profesor,
Es bueno que se nos de los temas ligándolos a la ciencia forense para demostrar que cada uno es sumamente importante en nuestra carrera. Siempre procura que todos hayamos comprendido el
La profesora es bastante agradable y la información que da es muy precisa y clara. Me gusta su manera de explicar los temas y la accesibilidad que tiene para resolver dudas sobre algunos temas si es necesario.
La profesora enseña muy bien su materia, siempre fomenta que participes.
La <u>Dra</u> Sosa es muy buena enseñando al menos a mí ha hecho que me guste más la química, ya que tiene una manera de enseñar que quedan claros los conceptos. Y bueno aunque no se pide la Dra junto con el Profesor Víctor y Nancy son muy buenos explicando
Divaga mucho en las explicaciones y es frecuente que se presenta confusión por repetir mucho una definición o un tema. En algunos temas, ocupo demasiado tiempo para explicarlos cuando se podría haber aprovechado mejor el tiempo.
Una de las mejores clases, lo único que falta es un poco más de explicación en los cálculos porque no siempre quedan del todo claro

Imagen 1. Evaluación a la asignatura de Química General por parte de los alumnos del semestre 2015-1.

Con base en sus comentarios y en pláticas directas que se tuvieron con ellos, se puede afirmar que los alumnos estuvieron satisfechos con el diseño del manual y lo encuentran adecuado para su carrera. Al ser una carrera de reciente formación, no se cuenta con suficiente material de apoyo que sea acorde al plan de estudios, lo cual en algunos casos desmotiva al alumno. Contar con un manual especial para la clase, los motivó, y comenzaron a ver la relación que tienen las diferentes disciplinas de su plan de estudios y la importancia de las asignaturas subsecuentes de Química.

Además de las evaluaciones, como parte de las evidencias sobre la eficacia del curso, se tienen las bitácoras de los alumnos. El uso de este instrumento tuvo muy buenos resultados ya que los alumnos entendieron que el tener una bitácora es muy importante para el científico forense, pues es el diario donde plasma todos los detalles de su labor, es una herramienta legal. Comprendiendo lo anterior mejoraron mucho el uso y la presentación de la bitácora. En ella plasmaron las metodologías propuestas en las actividades de indagación, así como las reflexiones sobre las complicaciones que surgían en cada paso y cómo las complementaron, los resultados obtenidos en cada práctica, las autoevaluaciones que sirvieron para que valoraran el grado de conocimiento de un concepto antes y después de realizar una práctica, las búsquedas bibliográficas que realizaron como trabajo previo y las observaciones que realizaban en cada actividad. En las *Imágenes 2, 3, 4, 5 y 6* se observa parte de la bitácora de una de las alumnas de la segunda generación, señalando los elementos antes descritos.

Práctica 1

Viernes 15 de agosto del 2014

Actividad 1.

Esto fue lo que encontramos en el laboratorio de Química General, de la Facultad de Química:

- 3 tanques de gas hasta el fondo.
 - 2 salidas de emergencia.
 - Botellas con cloroformo, ácido nítrico, ácido fosfórico, ácido sulfúrico.
 - Cuadro acerca del manejo de sustancias peligrosas.
 - 5 campanas (hasta el fondo).
 - 3 hornos.
 - 1 microondas.
 - 2 rotavapores (proceso de condensación/destilación más rápido)
 - 1 calentador de agua salada.
 - 3 parrones.
 - 1 televisión.
 - 5 escurridores con cepillos.
 - Cristalería.
 - Mangueras (para reflujo).
 - Botiquín.
 - Oficina del laboratorio.
 - Placas calculadoras.
 - 3 balanzas analíticas.
 - 2 espectrómetros:
 - + Ultravioleta
 - + Infrarrojo.
 - Balanza magnética.
 - Balanza gravitatoria.
- Estante con botellas de residuos.
 - 5 lavabos.
 - 1 regadera.
 - Cuadro de tabla periódica con cinta.
 - 4 mufas (para altas temperaturas).
 - 1 tabla de seguridad.
 - 5 mesas a do largo del salón, en sus respectivas llaves conectadas a los tubos:
 - + azul - agua
 - + amarillo - gas
 - + verde - vacío (succión).
 - Destilador.
 - Microscopio.
 - 3 tanques de aceteno.
 - 2 centrifugas.
 - Extrusora.
 - Cuadro de tabla periódica de elementos.
 - Hielo.
 - Filtro de agua.
 - Libros de química.
- Faltan actividades por describir.

Práctica 2: "Densidad"

Viernes 21 de agosto del 2014.

⇒ Autoevaluación

Concepto	Grado de conocimiento.		
	Clasificación ^{coincido}	Antes Estudio previo	Antes Después
• Propiedad intensiva		2	2 3
• Densidad		2	2 3
• Propiedad extensiva		2	2 3
• Principio de Arquímedes.		2	2 3
• Precisión		1	1 2
• Exactitud		1	1 2
• Error en la medición.		1	1 1

Imagen 2. Autoevaluación para la práctica 2 "Densidad"; se puede apreciar la valoración del grado de conocimiento que la alumna otorga a cada concepto antes y después de la práctica.

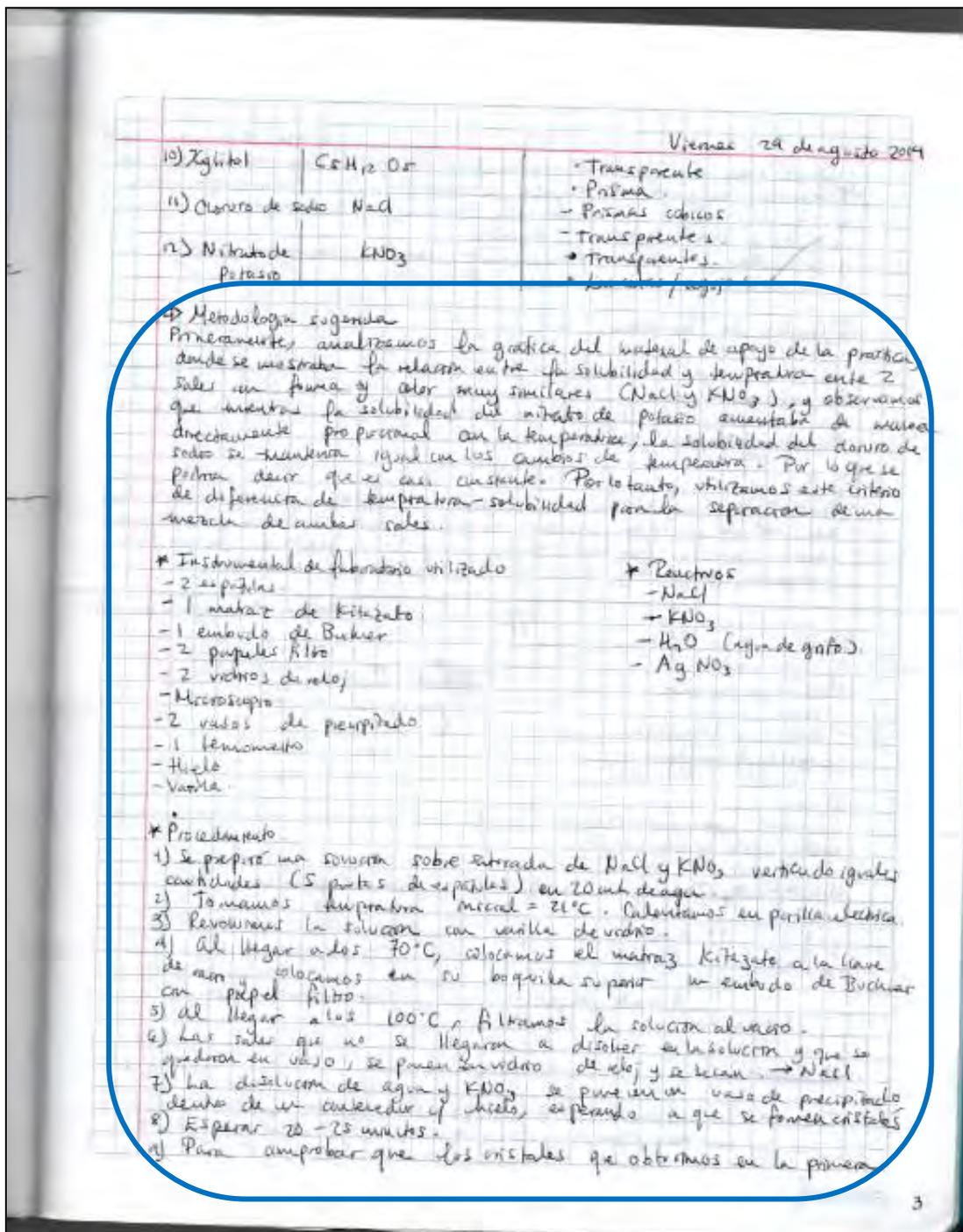


Imagen 3. Metodología propuesta por la alumna, para realizar una separación por recristalización fraccionada durante la práctica 3: "Cristalización"

21-Agosto-2014.

⇒ Datos obtenidos, cálculos y resultados de cada uno de los métodos utilizados para obtener la densidad de 3 muestras de vidrio.

a) Método de la probeta

① Datos

masa del vidrio = 3.8 g
 Volumen inicial 20 ml
 V. final: 21 ml.

$$\Delta V = 21 - 20 = 1 \text{ ml}$$

$$\rho = \frac{m}{\Delta V}$$

$$\rho = \frac{3.8 \text{ g}}{1 \text{ ml}} = 3.8 \text{ g/cm}^3$$

②

m = 3.7 g ^{corregido}
~~V_i = 20 ml~~ ^{corregido}
 V_f = 21.8 ml.

$$\Delta V = 1.8 \text{ ml}$$

$$\rho = \frac{3.7 \text{ g}}{1.8 \text{ ml}} = 2.11 \text{ g/cm}^3$$

③

m = 3.8 g
 V_i = 20 ml
 V_f = 1.8 ml

$$\Delta V = 1.8 \text{ ml}$$

$$\rho = \frac{3.8 \text{ g}}{1.8 \text{ ml}} = 2.11 \text{ g/cm}^3$$

Hay una gran diferencia entre los resultados de las mediciones. Además, la medición del volumen final con respecto al inicial se realiza con una probeta, un instrumento de medición y no de medición exacta, y sus valores subjetivos. Es decir, cambian según el individuo que los realiza. Por lo tanto, concluyo que este método es poco preciso y NO confiable.

b) Método de Principio de Arquímedes.

① V_i = 40 ml de agua contenidos en el vaso de precipitado.

Corregido
 Masa del vaso de precipitado con 40 ml de H₂O.
 $m_{i1} = 93.6$
 $m_{i2} = 92.5 \text{ g}$
 $m_{i3} = 93.5 \text{ g}$

⇒ Cambiamos las medidas anteriores (volumen y masa) porque no alzaba el hilo con el vidrio sus pendiente para sumergirse en el agua.

	Peso del objeto	Peso por volumen desplazado
∴ V = 60 ml de H ₂ O	m _{i1} = 113.9 g	m _{p1} = 115.4
	m _{i2} = 113.9 g	m _{p2} = 115.4
	m _{i3} = 113.9 g	m _{p3} = 115.4

Imagen 4. Resultados obtenidos por la alumna tras la medición de la densidad por el método de la probeta en la práctica 2: "Densidad".

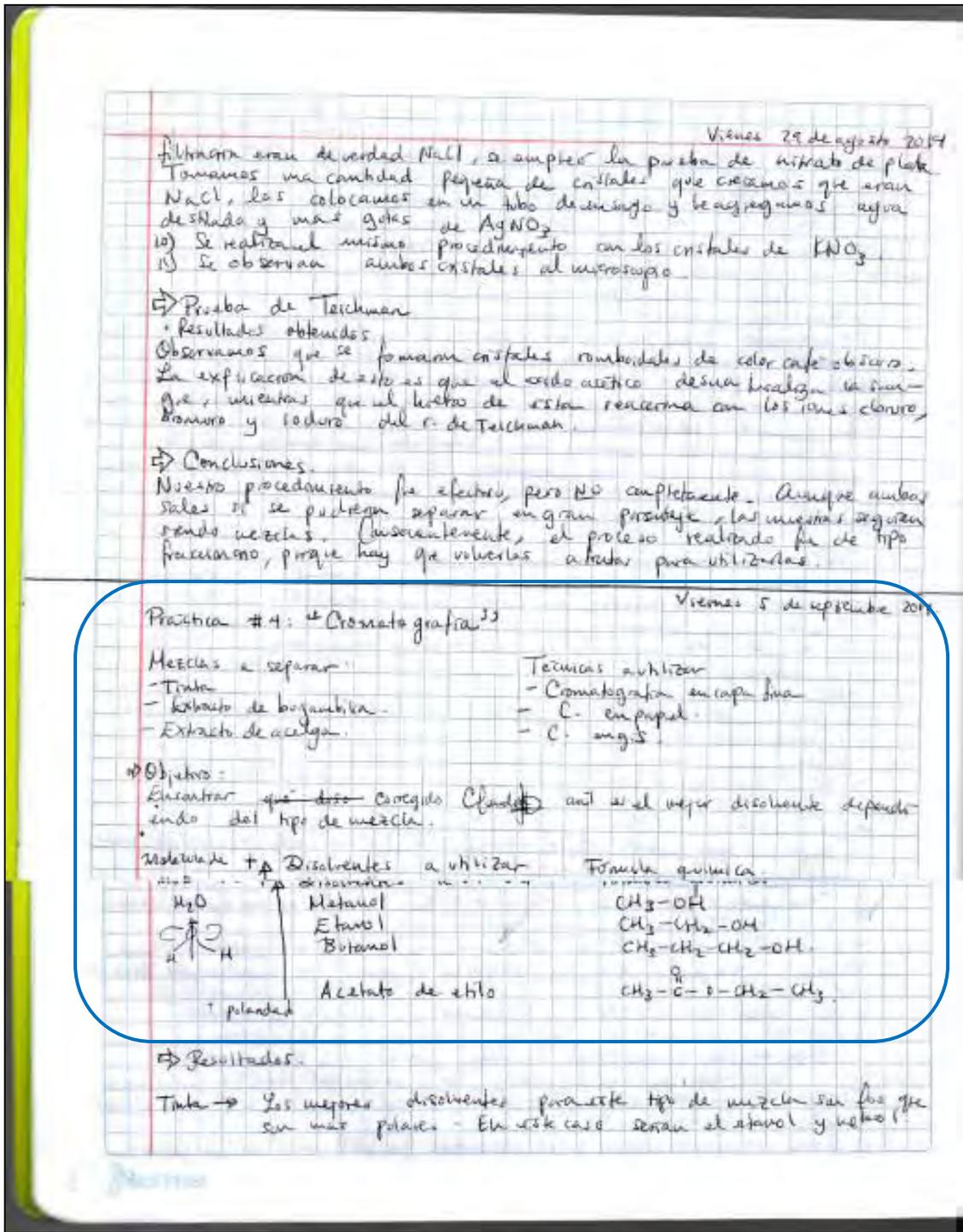


Imagen 5. Búsqueda bibliográfica para la realización de la práctica 4 "Cromatografía"

Nancy Orbis M.

22-Ago-14

d) Método por medición de dimensiones

$m = 80.7 \text{ g}$

largo = 7.4 cm
 ancho = 7.4 cm
 alto = 0.6 cm

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow \frac{80.7 \text{ g}}{32.056} = 2.456 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Nuestra muestra, un vidrio de forma cuadrada regular, tenía los bordes ligeramente achataados, por lo tanto ya había un margen de error.

Se nos complicó al realizar esta práctica ya que todos nuestros resultados difieren mucho entre sí, pero al final decidimos por el picnómetro, ya que este es un instrumento de medición exacto.

Nuestra conclusión de esta práctica fue el hecho de darnos cuenta que en nuestras actividades, siempre debemos de experimentar con los métodos conocidos para saber cual es el más confiable.

Práctica # 3: "Cristalización"

viernes 29 de agosto del 2014

Fórmula de densidad: $\rho = \frac{\text{cantidad (masa) de soluto}}{\text{cantidad (en volumen) del}}$

Esta es para las sales que obtenemos en el laboratorio C-2 de la Facultad de Química:

Nombre	Fórmula química	Descripción
1) Sulfato de Calcio	CaSO_4	- Color azul oscuro. - Prismas
2) Cloruro de cobalto (Co)	CoCl_2	- Color azul claro y púrpura. - Forma irregular. - Platos
3) Permanganato de potasio	KMnO_4	- Color negro azulado. - Grupos
4) 2-metilimidazol	$\text{C}_4\text{H}_6\text{N}_2$	- Transparente. - Clusters / Bunch.
5) Formolmina monohidratada	$\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$	- Color negro.
6) Nitropermanganato de sodio	$\text{NaO}_2\text{H}_2\text{O}$	- Prismas. - Color rojo obscuro.
7) Trisulfato de sodio pentahidratado	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$	- Prismas de color blanco. - Grano grueso.
8) Potasio (III), cloruro hidratado	$\text{KCl}_3 + \text{H}_2\text{O}$	- Gránulos con pequeñas partes color naranja. A simple vista parecen gránulos.
9) Nitrate de Iodio (III)	$\text{I}_2(\text{NO}_2)_3$	- Hexagonal. Tableta prismática.

Imagen 6. Descripción de los cristales observados al microscopio durante la práctica 3: "Cristalización"

Además de las evidencias de aprendizaje que ya se presentaron se tienen resguardados en el aula digital Edmodo, todos los trabajos y fotografías de las actividades que desarrollaron los alumnos. Se presentan algunas fotografías (Imagen 7, 8 y 9) y una presentación elaborada para exponer el caso forense (Imagen 10, 11 y 12) de la práctica 7 de “Elaboración, resolución y presentación de un caso forense”.



Imagen 7. Indicios y solicitud de peritaje elaborados por los alumnos durante práctica 7.



Imagen 8. Alumnos durante la presentación del caso forense.

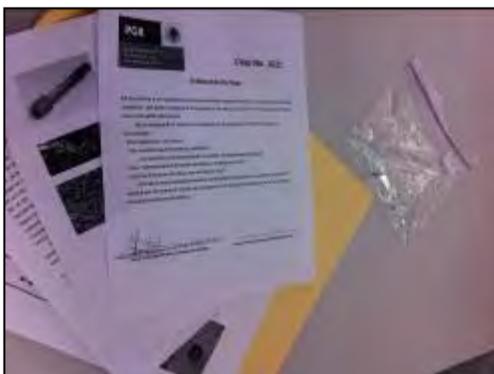


Imagen 9. Solicitudes de peritaje elaboradas por los alumnos durante la práctica 7

Presentación de caso forense



Imagen 10. Caratula elaborada por los alumnos para la presentación de caso forense.

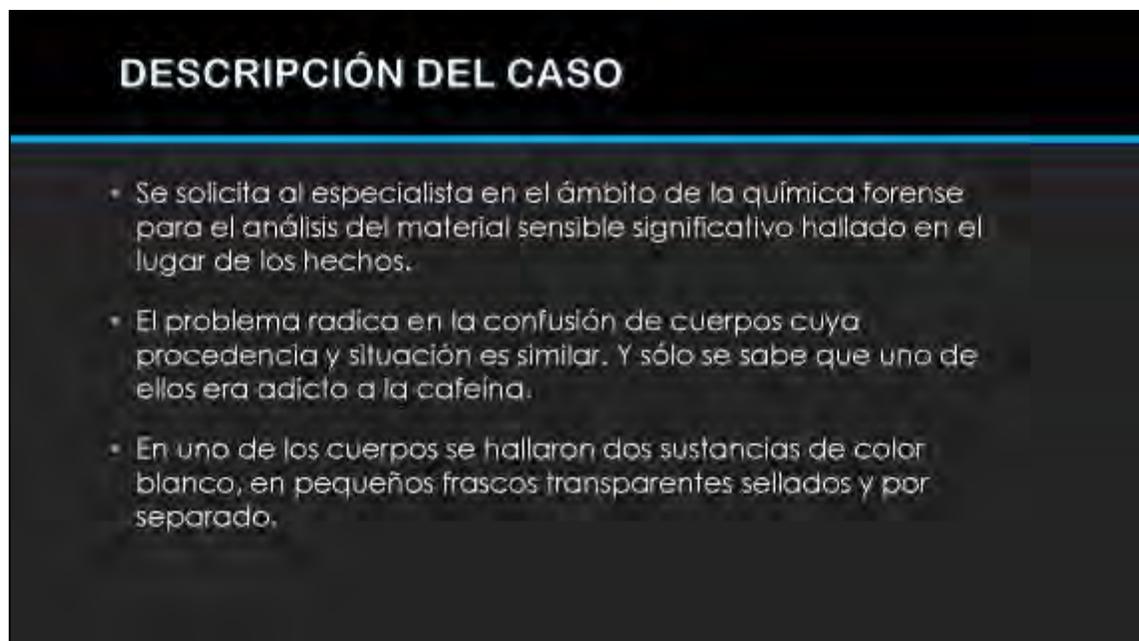


Imagen 11. Diapositiva que describe brevemente los indicios que se someterán a análisis.

COMPARACIÓN DE CRISTALES



Muestra 6. Cristales en forma de prisma.



Muestra testigo de AAS

COMPARACIÓN DE CRISTALES



Muestra 4. Cristales con forma arborescentes.



Muestra testigo de cafeína.

Imagen 12. Cristales en forma de prisma y cristales con forma arborescente obtenidos mediante recristalización fraccionada. Son comparados con muestras testigo de cafeína y ácido acetilsalicílico, con la finalidad de dar respuesta a una solicitud de peritaje que requería identificar dos sustancias presentes en la mezcla.

Derivado del entusiasmo por parte de los alumnos al desarrollar las actividades, se hicieron participes en ferias de la química organizadas en la Facultad de Química, UNAM, en donde expusieron alguna de las prácticas del manual, destacando la relevancia de la química en el trabajo forense. Además de difundir la carrera de Ciencia Forense, la cual está en creciente desarrollo. En el anexo III se muestra el cartel que los alumnos elaboraron para participar en la 3ra feria de la Química en la Facultad de Química durante el semestre 2015-2.

Otro de los objetivos de diseñar el manual que aquí se presenta, fue darlo a conocer a la comunidad docente interesada. Para cumplir con ello:

- Se presentó la versión final de manual en la Asociación Mexicana de Profesores de Ciencias Naturales en el Taller "La química al servicio de la justicia" impartido durante la IV Convención Internacional y IX Nacional de Profesores de Ciencias Naturales, realizado en la ciudad de San Cristóbal de las Casas, Chiapas del 13 al 16 de noviembre de 2014. El taller se realizó el viernes 14 de noviembre de 16:00 a 19:00 horas, en la Universidad Intercultural de Chiapas UNICH, ubicado en Corral de Piedra No.2 Cd. Universitaria Intercultural, Chiapas.

El taller, que estuvo dirigido a profesores de bachillerato y de los primeros semestres de nivel licenciatura, se inició abordando el tema de la popularidad que ha adquirido la Ciencia Forense a raíz del éxito de algunos programas de televisión. Así, se planteó el tema de los casos forense como un contexto idóneo para la enseñanza de las ciencias en general y de la química en particular. Además se presentó el manual de prácticas como una alternativa que puede utilizarse para la enseñanza de la química general en otras carreras e incluso a nivel bachillerato.

La constancia del congreso de Chiapas se encuentra en el Anexo IV.

Hasta aquí se han presentado las evidencias de la implementación del manual elaborado bajo el marco de investigación-acción, durante el semestre 2015-1.

8. CONCLUSIONES

Acorde con los objetivos planteados en un inicio, se elaboró material didáctico adecuado a los objetivos de aprendizaje y a las competencias por desarrollar que indica el plan de estudios de la LCF. Este material generado como principal producto de este trabajo se distingue por contener:

- Rúbricas para la elaboración de informe acordes a los objetivos planteados en cada actividad.
- Diagramas ecológicos para la disposición de residuos.
- Actividades de Indagación acordes con las competencias indicadas en el plan de estudios.
- Autoevaluaciones para los alumnos.
- Cuestionarios previos.

La descripción de los problemas, los aciertos y las modificaciones que se llevaron a cabo en la elaboración y aplicación de este manual constituyen una fuente de información adecuada para los profesores que busquen impartir una clase de Química en general y en el área forense en particular. Este registro permitirá que aquellos profesores novatos que quieran impartir el curso de QG comprendan cuáles son los aprendizajes que persigue cada práctica así como los detalles que debe cuidar el profesor en cada caso.

El manual se presentó a la comunidad académica del área, planteando el tema de los casos forense como un contexto idóneo para la enseñanza de las ciencias en general y de la química en particular.

Con base en las evidencias de resultados, los comentarios y en pláticas directas que se tuvieron con los alumnos de la LCF, se puede afirmar que estuvieron satisfechos con el diseño del manual y lo encuentran adecuado para su carrera. Al ser esta, de reciente formación, no se cuenta con suficiente material de apoyo que sea acorde al plan de estudios, lo cual en algunos casos desmotiva al alumno.

Contar con un manual especial para la clase, los motivó, y comprendieron mejor la relación que tienen las diferentes disciplinas de su plan de estudios entre ellas y la importancia de las asignaturas subsecuentes de Química. Derivado de esto se puede decir que la metodología de investigación-acción es adecuada para la elaboración de material didáctico acorde con los objetivos de un plan de estudios, en este caso de la LCF y es recomendable para que los profesores que imparten alguna asignatura en esta licenciatura puedan resolver el problema de la escases de material didáctico que cumpla con las características del plan de estudios. Además de ser una experiencia enriquecedora para el docente, al investigar lo necesario para su clase, se elabora material didáctico para la adecuada formación de los alumnos y de los profesores de la LCF.

En lo personal, desarrollar la presente tesis me permitió compartir ideas y conocer parte de las experiencias de los académicos de la LCF, las cuales fueron una herramienta para comenzar a adquirir aptitudes en el ámbito de la docencia y en la mejora de la enseñanza de la química.

Además, el hecho de involucrarme en una licenciatura interdisciplinar me proveyó la oportunidad de trabajar en equipo con profesores e investigadores de áreas como el derecho, la lingüística, la antropología, la física, la criminalística, la medicina, entre otras, para lograr un objetivo en común; formar a licenciados en Ciencia Forense.

9. Perspectiva

- El manual de prácticas se utilizará con las futuras generaciones de la LCF, y se pondrán en marcha otros espirales del ciclo de investigación-acción con lo que se espera tener un manual cada vez más adecuado al plan de estudio de la LCF.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMIRALL, R.J. 2005. Forensic Chemistry Education. *Analytical Chemistry*.77(3): 69-72.

BARNI, F.; LEWIS, S.W.; BERTI, A.; MISKELLY G.M.; LAGO, G. 2007. Forensic application of the Luminol reaction as a presumptive for latent blood detection. *Science Direct*. 72: 896-913.

BATES, R. 2014. Forensic Science. [En línea]. Coursera. Disponible en: <https://es.coursera.org/course/ntufsc> [2014, Agosto 4]

BERGSLIEN, E. 2006. Teaching To Avoid the *CSI Effect*. *Journal Of Chemical Education*. 83(5):690-691.

BROWN, T.L.; LEMAY, H.E.; BURSTEN, B.E.; BURDGE, J.R. 2004. *Química; La Ciencia Central*. México. Pearson.

CHANG, R. 2010. *Química*. 10ª edición. México. Mc Graw Hill.

DAHL, D. B.; LOTT, P.F. 1991. Who shot J.R.?. *Journal of Chemical Education*. 68(12):1025-1206.

DAVIES, G. 1976. Educational aspects of forensic science. *Journal of Chemical Education*. 53(1): 40.

DÍAZ G., J.R.2007. Importancia de la Química, Toxicología y Farmacología en el campo forense. Trabajo Monográfico de Actualización Lic. Q.F.B. México. Universidad Nacional Autónoma de México.

DURDLE, A.; MITCHELL, J.R.; ROLAND,A.H. 2015. The Use of Forensic Test to Distinguish Blowfly Artifacts from Human Blood, Semen and Saliva. *Journal of Forensic Sciences*. 60(2): 468-470.

España, Universidad de Oviedo. 2005. Modalidades de enseñanza centradas en el desarrollo de competencias. Oviedo: Universidad de Oviedo.

FOX, C; FOX, W. 1981. A Suggested Curriculum for Forensic Science. Journal of Chemical Education. 58(11): 972.

GOLDFARB, B. 1995. Seeds of Doubt. Chemmatters.13 (1):4-6.

Gobierno de México. Poder Judicial de la Federación. 2011. El Nuevo Sistema de Justicia Penal Acusatorio Desde la Perspectiva Constitucional. México. Consejo de la Judicatura Federal.

Gobierno de México. Secretaria de Educación Pública.2011. Lineamientos de evaluación del aprendizaje. México. Secretaria de Educación Pública.

GRAHAM, T. 2004. When Good Science Goes Bad. Chemmatters. 22(3): 16-18

JOHLL, M.E. 2008. Química e investigación criminal; Una perspectiva de la Ciencia Forense. New York. Reverté.

KHAN, J.I.; KENNEDY J.T.; CHRISTIAN D.R. 2012. Basic Principles in Forensic Chemistry. New York. Humana Press.

LATORRE, A. (2003). La investigación-acción, Conocer y cambiar la práctica educativa. España. Grao

Plan de Estudios de la Licenciatura en Ciencia Forense. Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México. 25 de enero de 2013. Disponible en: <http://oferta.unam.mx/carreras/92/ciencia-forense> [2016, marzo 6].

Química e industria. 2009. Química al Servicio de la Justicia. Química e industria. 1(583): 14-22.

RAISYS, V. 1985. The Toxicology Laboratory: An application of Forensic Chemistry. Journal of Chemical Education. 62(12): 1051-1051

ROHRIG, B. 2008. The Forensic of Blood. Chemmatters. 26(1): 4-7.

SAVAGE, A.K. (s.f). Firearm Examiner Training. Recuperado el 6 de Marzo del 2016, del sitio web del science serving justice:
http://projects.nfstc.org/firearms/module12/fir_m12_t05_03_1.htm.

11. ANEXOS

Anexo I

Plan de estudios de la asignatura de Química Forense

 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO 						
Licenciatura en Ciencia Forense Facultad de Medicina						
Denominación de la asignatura: Química Forense						
Clave:	Año: Segundo	Semestre: Tercero	Eje: Metodológico	No. Créditos: 4		
Carácter: Obligatoria			Horas		Horas por semana	
Tipo: Teórico-Práctica			Teoría:	Práctica:	5	40
			2	3		
Modalidad (<input checked="" type="checkbox"/>) Curso (<input type="checkbox"/>) Taller (<input checked="" type="checkbox"/>) Laboratorio (<input type="checkbox"/>) Otro _____			Duración del programa: Ocho semanas			
Seriación: Si (<input checked="" type="checkbox"/>) No (<input type="checkbox"/>) Obligatoria (<input checked="" type="checkbox"/>) Indicativa (<input type="checkbox"/>)						
Asignatura con seriación antecedente: Ninguna Asignatura con seriación subsecuente: Química Forense Avanzada						
Objetivo general: x Conocer las principales herramientas, técnicas, principios y aplicación del análisis instrumental en la química forense.						
Objetivos específicos:						
x Introducir a los conceptos básicos y principios de los métodos químicos para el análisis de muestras forenses y criminalísticas						
x Caracterizar las reacciones químicas y realizar predicciones sobre su factibilidad para su aplicación en cuantificaciones y separaciones analíticas						
x Conocer las técnicas químicas relacionadas con la investigación forense						

Índice Temático				Horas	
Unidad	Tema	Objetivo temático	Subtema(s)	Teóricas	Prácticas
1	Equilibrio Químico	1.1 Identificar los aspectos generales del equilibrio químico: cinética de reacción, constante, grado de desplazamiento, comportamiento ante perturbaciones y composición y realizar la predicción sobre la factibilidad de las reacciones químicas.	1.1.1 Termodinámica y cinética del equilibrio químico 1.1.2 Constantes de equilibrio 1.1.3 Principio de Le Chatelier 1.1.4 Predominio de especies 1.1.5 Escalas de predicción de reacción	2	2
2	Introducción al estudio de las reacciones químicas	2.1 Conocer los diferentes tipos de reacciones químicas y la nomenclatura asociada a ellas para establecer protocolos de control y direccionamiento de la química de las disoluciones.	2.1.1 Reacciones de óxido reducción. 2.1.2 Reacciones ácido-base. Concepto y definición de pH. Soluciones amortiguadoras 2.1.3 Reacciones de complejación 2.1.4 Reacciones de solubilidad y precipitación 2.1.5 Reacciones de partición.	2	2
3	Obtención y preparación de muestras para el análisis	3.1 Establecer los principios básicos de las separaciones químicas que puedan servir al acondicionamiento, pretratamiento, limpieza y pre concentración de muestras	3.1.1 Importancia del muestreo 3.1.2 Separación del analito y los interferentes. Eficacia de la separación 3.1.3 Clasificación de las técnicas de separación con base en las características de los analitos y sus propiedades 3.1.4 Partición con fases líquidas: extracción líquido-líquido. 3.1.5 Partición con fases sólidas: extracción sólido-líquido. 3.1.6 Extensión del particionamiento: C.C.F. 3.1.7 Separación frente a preconcentración	3	6

4	Introducción a la espectroscopia y espectrometría	4.1 Presentar las herramientas técnicas y principios de análisis instrumental relacionados al uso de métodos espectroscópicos y espectrométricos en Química Forense	4.1.1 Aspectos generales 4.1.2 Instrumentación básica 4.1.3 Espectroscopia ultra-violeta y visible (UV/VIS) 4.1.4 Espectroscopia Infrarroja (IR) 4.1.5 Espectroscopia Raman 4.1.6 Espectroscopia de absorción atómica (AA) 4.1.7 Espectroscopia de emisión atómica (plasma inductivamente acoplado, ICP). 4.1.8 Espectrometría de masas (MS) 4.1.9 Acoplamiento ICP-MS	3	4
5	Introducción a las técnicas de separación cromatográficas y electroforéticas	5.1 Presentar las herramientas técnicas y principios de análisis instrumental relacionados al uso de métodos cromatográficos y electroforéticos en Química Forense	5.1.1 Aspectos generales 5.1.2 Instrumentación básica 5.1.3 Cromatografía de gases (GC) 5.1.4 Cromatografía de líquidos (LC) 5.1.5 Electroforesis capilar 5.1.6 Acoplamiento GC-MS	3	6
6	Introducción a los métodos inmunoquímicos	6.1 Presentar los principios básicos de los inmunoensayos y el enzimoimmunoanálisis	6.1.1 Introducción: terminología y características de los reactivos (antígenos y anticuerpos) 6.1.2 Reacciones inmunológicas 6.1.3 Clasificación de los inmunoensayos: directos y con marcadores 6.1.4 Detección del grupo sérico ABO 6.1.5 Enzimoimmunoanálisis (ELISA, EMIT) 6.1.6 Inmunoensayos basados en la reacción en cadena de la polimerasa (PCR)	3	4

Total de horas:		16	24
Suma Total de horas:		40	
Total de créditos:		4	
Bibliografía básica:			
<ul style="list-style-type: none"> • Khan, JaVed I; Kennedy, Thomas J.; Christian, Donnell R, Jr. Basic Principles of Forensic Chemistry. Humana Press/Springer, 2011. • Bell, Suzanne. Forensic Chemistry. Pearson/Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 2006. • Caro, Patricia M. Manual de Química Forense. Ediciones la Roca, Buenos Aires, 2004. • Skoog, Douglas A.; West, Donald M.; Holler, F. James; Crouch, Stanley R. Fundamentos de Química Analítica. Thomson Learning, México, D.F., 2005. • Rubinson, Kenneth A.; Rubinson, Judith F. Contemporary instrumental analysis. Prentice Hall, 2000. • Wild, David (Editor). The immunoassay handbook. Third edition. Elsevier, Kidlington, 2005. x Bell, S. Forensic Chemistry; Pearson Prentice Hall: Estados Unidos, 2006 			
Bibliografía complementaria:			
<ul style="list-style-type: none"> • Skoog, Douglas A. Principios de Análisis Instrumental, sexta edición. Cengage Learning, México, D.F., 2008. • Newton, David E. Forensic Chemistry (The New Chemistry). Facts on File, Inc., New York, 2007. • Hage, David S.; Carr, James D. Analytical Chemistry and Quantitative Analysis. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 2011. • Harvey, David. Química Analítica Moderna. Mc Graw Hill/Interamericana de España, Aravaca, Madrid, 2002. • Harris, Daniel C. Análisis Químico Cuantitativo, segunda edición. Editorial Reverté, Barcelona, 2001. 			
Sugerencias didácticas:		Mecanismos de evaluación del aprendizaje de los alumnos:	
Aprendizaje basado en la solución de problemas (ambientes reales) Aprendizaje Basado en Problemas (x) Aprendizaje basado en simulación Aprendizaje basado en tareas (x) Aprendizaje colaborativo Aprendizaje reflexivo Ejercicios dentro de clase (x) Ejercicios fuera del aula (x) E-learning Enseñanza en pequeños grupos Exposición audiovisual (x) Exposición oral (x) Lecturas obligatorias (x) Portafolios y documentación de avances Prácticas de campo Prácticas de taller o laboratorio (x) Seminarios		Análisis crítico de artículos Análisis de caso (x) Asistencia Exámenes (x) Ensayo Exposición de seminarios por los alumnos Informe de prácticas (x) Lista de cotejo Mapas conceptuales Mapas mentales Participación en clase (x) Portafolios Preguntas y respuestas en clase Presentación en clase Seminario Solución de problemas (x) Trabajos y tareas fuera del aula (x)	

Trabajo de investigación Trabajo en equipo (x) Tutorías (tutoría entre pares (alumnos), experto-novato, y multitutoría Otras	Otros ()
Perfil Profesiográfico: Licenciado en Química con diplomado o posgrado en Química Forense y experiencia docente de dos años y en la temática de la asignatura.	

Anexo II. Plan de estudios de la asignatura de Toxicología Forense

 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO 					
Licenciatura en Ciencia Forense Facultad de Medicina					
Denominación de la asignatura: Toxicología					
Clave:	Año: Segundo	Semestre: Cuarto	Eje: Aplicado	No. Créditos: 4	
Carácter: Obligatoria			Horas		Horas por semana
Tipo: Teórico-Práctica			Teoría:	Práctica:	5
			3	2	
Modalidad <input checked="" type="checkbox"/> Curso <input type="checkbox"/> Taller <input checked="" type="checkbox"/> Laboratorio Otro _____			Duración del programa: Ocho semanas		
Seriación: Si (<input checked="" type="checkbox"/>) No (<input type="checkbox"/>) Obligatoria (<input checked="" type="checkbox"/>) Indicativa (<input type="checkbox"/>)					
Asignatura con seriación antecedente: Química Orgánica. Asignatura con seriación subsecuente: Ninguna					
Objetivo general: <ul style="list-style-type: none"> Conocer los principales causantes de intoxicaciones y describir sus mecanismos de acción y los efectos que ocasionan así como las estrategias, metodologías y técnicas analíticas empleadas para su estudio. 					
Objetivos específicos: <ul style="list-style-type: none"> Introducir a los alumnos en el área de la toxicología forense. Caracterizar los diversos grupos de xenobióticos con potencial toxicológico de interés en el campo forense. Emplear los conocimientos de diversas estrategias, metodologías y técnicas analíticas empleadas para el estudio de los xenobióticos con potencial toxicológico de interés legal. 					
Competencias relacionadas con esta asignatura: <ul style="list-style-type: none"> Actuación con bases científicas y desarrollo del pensamiento crítico Capacidad de recabar el material sensible significativo Elaboración de planes de análisis Procesamiento de los indicios Verificación de la calidad de los peritajes Integración de la información y emisión de dictámenes Trabajo en equipo y ejercicio del liderazgo 					

Índice Temático				Horas	
Unidad	Tema	Objetivo temático	Subtema(s)	Teóricas	Prácticas
1	Introducción a la Toxicología	1.1 Distinguir las áreas especializadas de la Toxicología y el desarrollo histórico de la Toxicología forense y su campo de acción.	1.1.1 Historia de la Toxicología. 1.1.2 Definición de Toxicología y de términos empleados en la disciplina. 1.1.3 Clasificación de agentes tóxicos. 1.1.4 Variación de las respuestas tóxicas. 1.1.5 Etapas de la acción tóxica. 1.1.6 Áreas especializadas de la Toxicología y sus aplicaciones. 1.1.7 Concepto e historia de la Toxicología Forense. 1.1.8 Participación de la Toxicología Forense en la criminalística.	3	0
2	Tipos de toxicidad	2.1 Diferenciar los diversos tipos de toxicidad y sus mecanismos y establecer los diversos tipos de exposición y sus características.	2.1.1 Tipos de toxicidad. 2.1.2 Factores que influyen en la toxicidad. 2.1.3 Tipos y características de la exposición. 2.1.4 Entidades tóxicas. 2.1.5 Mecanismos de toxicidad. 2.1.6 Índices de toxicidad. 2.1.7 Disposición de tóxicos. 2.1.8 Efectos sobre órgano blanco.	3	2
3	Xenobióticos con potencial toxicológico	3.1 Identificar las diferentes causas de las intoxicaciones y los diversos grupos de xenobioticos con potencial toxicológico y de interés forense.	3.1.1 Clasificación de las intoxicaciones. 3.1.2 Intoxicaciones causadas por plaguicidas, metales, tóxicos volátiles y fármacos.	3	4

4	Sustancias de abuso	4.1 Identificar las principales sustancias y fármacos de abuso causantes de intoxicaciones y describir los efectos ocasionados por la exposición de sustancias y fármacos de abuso.	4.1.1 Clasificación y descripción. 4.1.2 Fuentes de exposición, toxocinética y toxodinamia forense de. 4.1.2.1 Cocaína. 4.1.2.2 Canabinoides. 4.1.2.3 Etanol. 4.1.2.4 Anfetaminas. 4.1.2.5 Opiáceos. 4.1.2.6 Barbitúricos. 4.1.2.7 Benzodiazepinas. 4.1.3 Valoración y métodos de análisis de los metabolitos y sus derivados.	6	4
5	Tóxicos volátiles	5.1 Identificar los principales tóxicos volátiles causantes de intoxicaciones y describir los efectos ocasionados por la exposición a éstos.	5.1.1 Clasificación y descripción. 5.1.2 Fuentes de exposición, toxocinética forense, reacciones de identificación de: 5.1.2.1 Alcoholes. 5.1.2.2 Tolueno. 5.1.2.3 Benceno. 5.1.2.4 Disolventes clorados.	3	2
6	Plaguicidas y metales	6.1 Caracterizar los principales plaguicidas y metales causantes de intoxicaciones y describir los efectos ocasionados por la exposición a plaguicidas y metales	6.1.1 Clasificación y descripción. 6.1.2 Fuentes de exposición, toxocinética forense, reacciones de identificación de: 6.1.2.1 Insecticidas organofosforados. 6.1.2.2 Herbicidas. 6.1.2.3 Arsénico. 6.1.2.4 Plomo. 6.1.2.5 Mercurio. 6.1.2.6 Cromo.	6	4
Total de horas:				24	16

Suma total de horas:		40
Total de créditos:		4
Bibliografía básica:		
<ul style="list-style-type: none"> • Klaassen, C.D. (2008). Toxicology.The basic science of poison.(. 7 ed.) U.S.A: Mc Graw Hill, x Hodgson, E. (2004). A textbook of Modern Toxicology. Ernest. (3rd ed.) Chicago: Wiley Interscience. • Levine,B.(1999).Principles of forensic toxicology. U.S.A: American Association for Clinical Chemistry. 		
Bibliografía complementaria:		
<ul style="list-style-type: none"> • Forensic Science International x Jickells,S. Negrís A.(2008). Clarke's analytical forensic toxicology. London: Prentiss Hall. • Molina D.K. (2010). Handbook of forensic toxicology for medical examiners. Boca Raton, Florida.Elsevier. • Journal of Forensic Medicine & Toxicology. • Encyclopedia of Forensic Science. • Gisbert-Calabuig J. Medicina Legal y Toxicología. 7ª Edición. Editorial Masson. Barcelona, España. 2007. 		
Sugerencias didácticas:		Mecanismos de evaluación del aprendizaje de los alumnos:
Aprendizaje basado en la solución de problemas (ambientes reales)		Análisis crítico de artículos (x)
Aprendizaje Basado en Problemas ()		Análisis de caso ()
Aprendizaje basado en simulación (x)		Asistencia ()
Aprendizaje basado en tareas ()		Exámenes (x)
Aprendizaje colaborativo (x)		Ensayo ()
Aprendizaje reflexivo ()		Exposición de seminarios por los alumnos (x)
Ejercicios dentro de clase ()		Informe de prácticas ()
Ejercicios fuera del aula (x)		Lista de cotejo ()
E-learning ()		Mapas conceptuales ()
Enseñanza en pequeños grupos ()		Mapas mentales ()
Exposición audiovisual ()		Participación en clase ()
Exposición oral ()		Portafolios ()
Lecturas obligatorias (x)		Preguntas y respuestas en clase ()
Portafolios y documentación de avances ()		Presentación en clase ()
Prácticas de campo ()		Seminario ()
Prácticas de taller o laboratorio ()		Solución de problemas ()
Seminarios ()		Trabajos y tareas fuera del aula ()
Trabajo de investigación ()		Otros ()
Trabajo en equipo (x)		
Tutorías (tutoría entre pares (alumnos), experto-novato, y multitutoría. Otras ()		
Perfil Profesiográfico:		
Médico o Licenciado en Biología, Química o Farmacología con posgrado en Toxicología y experiencia docente de dos años en la temática de la asignatura.		

Anexo III. Cartel elaborado por alumnos de la segunda generación de la LCF para participar en la 3ra feria de la química en la Facultad de Química, UNAM.

"Estudio y aplicación de la Química en el diseño y puesta en práctica de una experiencia didáctica interdisciplinaria sobre la resolución de un caso forense"

2013

La Facultad de Medicina de la UNAM puso en marcha la licenciatura en Ciencia Forense.

34
Alumnos de la segunda generación participaron en este proyecto.

Integrantes: Vital Brigido Ariadna, Flores Fernández Jani, De la Cruz Cortés Alondra.

Objetivos:
 *Relacionar la Química a la resolución de una caso interdisciplinario
 *Fomentar e implementar el pensamiento crítico, mediante una actividad didáctica que ayude a la formación de C. Forenses.

Tomando en cuenta el elevado índice de criminalidad en México se realizó un actividad didáctica con los alumnos de la LCF basada en la interdiscipliniedad de la carrera. Principalmente en el área química, teniendo en cuenta que dicha información forma parte de la integración de una prueba científica con implicaciones en el proceso penal, de manera que debe tenerse en cuenta el grado de efectividad de las pruebas y su sustentación en el juicio.

"CASO RAQUEL WELSCH"

¿Qué es la interdiscipliniedad?
 Es considerada un proceso dinámico que busca proyectarse, con base a la integración de varias disciplinas, para la búsqueda de soluciones a problemas de investigación.

QUÍMICA ORGÁNICA

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

DERECHO PENAL Y TEORÍA DEL DELITO

CONCLUSIONES:
 ✓ Los alumnos de la 2ª generación de la LCF hicieron uso de las habilidades aprendidas para dar resolución al caso.
 ✓ Se fomentó e implementó el pensamiento crítico, mediante una actividad didáctica que ayudará a la formación de Científicos Forenses.

LA QUÍMICA FORENSE es la rama de la química, fundamentalmente analítica, que se ocupa de identificar, cuantificar y clasificar todos los indicios desde el punto de vista químico-legal.

Anexo IV

Constancia del taller “La química al servicio de la justicia”

