



## Estrategia didáctica para el aprendizaje de la prueba de la bencidina y su importancia para profesionales de las ciencias forenses

José Antonio Nuñez Rodríguez<sup>1</sup>

Recepción: 2020-01-12

Aceptación: 2020-09-04

### Resumen

En esta investigación se propuso describir una estrategia didáctica para el aprendizaje de la prueba de la bencidina y su importancia para los profesionales de las ciencias forenses a través de un caso disponible en un foro virtual, bajo la plataforma Moodle. Se trabajó con 21 estudiantes inscritos en el Diplomado en Investigación Criminal y Ciencias Forenses de la Universidad Dr. José Gregorio Hernández-Venezuela, durante el año 2015. La propuesta sugerida, estimuló la curiosidad y el aprendizaje colaborativo para la construcción del conocimiento científico. Sin embargo, se resalta la necesidad de dosificar los términos propios de la química cuando se enseña a profesionales no relacionados con esta ciencia, con el propósito de fundamentar y argumentar su actuación pericial. Los estudiantes lograron comprender la interpretación de esta prueba para el estudio presuntivo de las manchas de sangre, desde el punto de vista científico y jurídico.

### Palabras clave

Hematología forense, métodos de casos, prueba de orientación, prueba colorimétrica, química forense.

### *Didactic strategy for learning the benzidine test and its importance for forensic science professionals*

### Abstract

In this research, it was proposed to describe a didactic strategy for learning the benzidine test and its importance for forensic science professionals through a case available in a virtual forum, under the Moodle platform. We worked with 21 students enrolled in the Diploma in Criminal Investigation and Forensic Sciences of the Dr. José Gregorio Hernández University-Venezuela, during 2015. The suggested proposal stimulated curiosity and collaborative learning for the construction of scientific knowledge. However, the need to measure the terms of chemistry when teaching professionals unrelated to this science is highlighted, in order to substantiate and argue their expert performance. The students managed to understand the interpretation of this test for the presumptive study of bloodstains, from the scientific and legal point of view.

### Keywords

Forensic hematology, case methods, orientation test, colorimetric test, forensic chemistry.

<sup>1</sup> Docente ordinario. Departamento de Ciencias Morfológicas y Forenses. Escuela de Ciencias Biomédicas y Tecnológicas-Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Carabobo. Licenciado en Biología y Abogado especialista en criminalística. Magister en Ciencias Penales y Criminológicas, Magister Scientiarum en Educación Superior, mención Docencia Universitaria.. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2703-5118>

## Introducción

La criminalística se ha definido como una disciplina científica dirigida al reconocimiento, identificación e individualización de las evidencias físicas (Guzmán, 2000). Si apelamos a un ejemplo, como criminalista reconozco a nivel macroscópico la mancha porque su color es similar a la sangre, la colecto y se identifica para confirmar que sea sangre, por último la evidencia se envía al laboratorio de genética forense para individualizarla al compararla con una muestra de identidad conocida, es decir para establecer ¿A quién pertenece? (Figura. 1). Durante ese recorrido, se hace uso de la química forense a través de las pruebas de orientación y de certeza. Dentro de estas pruebas de orientación, se encuentran las pruebas colorimétricas.

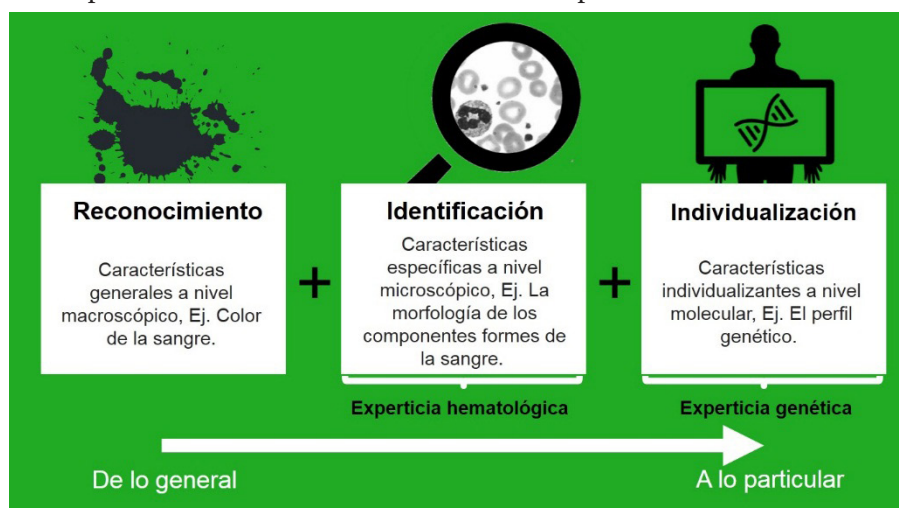


Figura. 1: Ilustración de la secuencia aplicada al estudio de las evidencias hemáticas. Fuente: Elaboración propia.

Las pruebas colorimétricas, determinan la presencia de una sustancia en una muestra u objeto basado en la aparición de determinados colores, para tales fines se utiliza un sustrato que tiene la capacidad de ser un indicador cromógeno (el cual se encuentra como una leucobase incolora), y en caso de ser positivo el resultado de la oxidación produce una coloración característica (Núñez, 2016a). Una leucobase es un compuesto incoloro formado por la reducción, cuya oxidación conduce a un color (Herrera et al., 1996).

Por ejemplo, Aparicio (2017) señala que este tipo de prueba es útil cuando la muestra a determinar no posee color, por consiguiente se utiliza una sustancia que tras reaccionar químicamente aporte el color que permita a los criminalistas tomar una decisión, y una de estas sustancias es la bencidina o 4,4'-diaminobifenilo, cuya fórmula molecular es  $C_{12}H_{12}N_2$ . Esta amina posee un color rojo grisáceo, amarillento o blanco que oscurece cuando se expone al aire y a la luz.

Con base en lo anterior, la prueba de bencidina o de Adler surgió en el año 1904, en la cual se disolvía bencidina en ácido acético, la razón es porque en su estado reducido es incolora (leucobase) y se volvería azul oscuro cuando se oxidaba. En el caso de la prueba de la bencidina cuando se obtiene un resultado positivo, la leucobase vira a un verde que va pasando a un color azul intenso y después de unos minutos adopta un color marrón (Figura. 2).

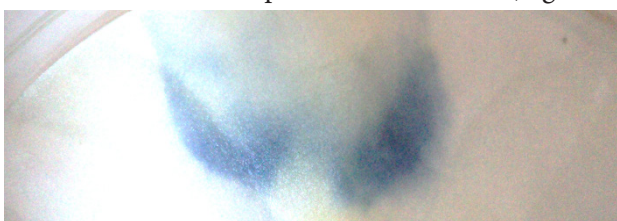


Figura. 2: Resultado positivo, prueba de bencidina o Adler. Fuente: Archivo personal del autor.

En la reacción de oxidación de la bencidina la enzima peroxidasa presente en la sangre, la cual utiliza como cofactor el grupo hemo cataliza la descomposición del peróxido en agua y oxígeno, siendo este último el que finalmente hace que la bencidina se oxide, en consecuencia es la forma oxidada de la bencidina la que presenta la coloración azul característica (Gaensslen, 1983; Gisbert y Villanueva, 2004; Houck y Siegel, 2014).

La reacción ocurre rápidamente debido a la acción del poder catalítico de la peroxidasa, clasificándose como una prueba rápida y cualitativa. El criminalista, humedece un aplicador o una gasa con solución salina y hace un barrido sobre el objeto de estudio, el cual sospecha que puede tener restos de naturaleza hemática no visible, añade una gota del reactivo de bencidina y observa si surge un cambio de color (si ocurre se considera una reacción inespecífica), caso contrario se sigue la prueba añadiendo una gota de peróxido de hidrógeno al 3% (Aparicio, 2017).

La reacción anterior y el procedimiento utilizado es muy similar en las otras pruebas de orientación a nivel colorimétrico, solo difiere en la variación del segundo sustrato utilizado como cromógeno, por ende cambia el color observado (Núñez, 2016a, Sniegovski, et al., 2016). Un ejemplo de lo anterior, es el uso de la prueba de Kastle-Mayer o de la fenoltaleína. Sin embargo, en el campo criminalístico, estas pruebas rápidas ofrecen resultados que permiten tomar una decisión en el sitio del suceso, pero no permiten establecer la naturaleza sanguínea de la muestra, siendo necesaria colectarla y trasladarla al laboratorio para su confirmación.

Sin embargo, su utilidad práctica se debe a su alta sensibilidad, es decir, es la probabilidad de identificar la presencia de una sustancia objeto de estudio, aun cuando se encuentre en bajas concentraciones o este diluida (Villanueva y Matamoros, 2016). En tal sentido, esta prueba presuntiva es útil porque permite localizar muestras de presunta naturaleza hemática que se encuentren diluidas. Desde el punto de vista criminalístico, las manchas de sangre son una de las primeras evidencias biológicas investigadas porque se asocian con delitos violentos y existe un intercambio de sangre que se pueden rastrear con esta prueba, para estudios posteriores.

Por tal razón, diversos investigadores afirman que la sensibilidad de la prueba presuntiva de la bencidina permite descartar que la negatividad de las pruebas de certeza se deba a la escasez del material de la mancha sospechosa. Pero lo anterior, también depende del estado de conservación y contaminación en el cual se encuentra la muestra, porque una muestra mal colectada y preservada afecta la calidad de los resultados en el laboratorio. Para el caso, de la prueba de bencidina se ha descrito una sensibilidad entre 1/200.000 y 1/1.000.000 (Garner, et al., 1976; Negre, et al., 2003; Coterhuanco, et al., 2009).

Entonces, surge la interrogante ¿Por qué son importante las pruebas de orientación? Porque estas son extremadamente sensibles, por lo que permiten demostrar trazas de presunta naturaleza hemática, aun cuando estas se encuentren diluidas. En el sitio del suceso, las manchas pueden estar enmascaradas por otras sustancias, pueden estar latentes o no visibles, manchas con colores similares a la sangre, el tamaño y tipo de soporte en el cual se encuentre la mancha, así como la antigüedad de la misma pueden despistar a los criminalistas, ante esta duda razonable se deben realizar pruebas de orientación (Gil, et al., 2010; Núñez, 2016a; Villanueva y Matamoros, 2016).

A pesar de su alta sensibilidad, las pruebas colorimétricas de manera general, carecen de especificidad porque cualquier sustancia que posea una actividad semejante a la peroxidasa arrojará un resultado positivo, interpretándose como un falso positivo (Gomes, et al., 2017). Por ejemplo, peroxidases vegetales presentes en el jugo de manzana o mango, también se puede encontrar oxidantes tales como peróxidos, compuestos derivados del cloro, permanganatos, ácido nítrico, entre otros, incluso catalizadores como el cobre, níquel, hierro o zinc los cuales pueden estar en el sitio del suceso o en la muestra analizada y arrojar un falso positivo.

Por otro lado, un falso negativo se puede deber a la preparación y conservación del reactivo, la concentración de bencidina o del ácido acético, la antigüedad del reactivo, incluso el orden de adición de los reactivos o si uno de estos falta por aplicar. Al respecto, Gisbert y Villanueva (2004), expresan que al agregar el reactivo de bencidina y enseguida cambia de color, la reacción de oxidación es inespecífica, porque requiere la adición posterior del peróxido de hidrógeno, por lo cual el resultado no puede tomarse en consideración. En tal sentido, se requiere realizar controles de calidad a los reactivos antes de su uso, esto le dará mayor sustento a las experticias realizadas (Núñez, 2012).

## Aprendizaje de la química forense, mediante los métodos de casos

Para los estudiantes dentro del campo criminalístico y de las ciencias forenses, el aprendizaje de una serie de conocimientos interdisciplinarios para su posterior aplicación en la solución de un hecho punible, acarrea ciertas dificultades debido a la forma ordenada en la cual deben adquirir los conocimientos en tan corto tiempo (Jara, 2015; Núñez, 2015; Romel y Loy, 2016; Machado, et al., 2018). La química forense no escapa de esta realidad, sin embargo, cuando se presentan estrategias bien planteadas los alumnos logran construir el conocimiento mediante ideas claves.

Algunos autores, se han apoyado del método de casos forense porque es una estrategia de aprendizaje, basado en la solución de un problema que busca contribuir a la formación de científicos forenses, donde convergen la aplicación de todas las ciencias y disciplinas auxiliares, la habilidad de análisis e investigación, así como el conocimiento de las normativas jurídicas (Sebastián et al., 2013; Sosa, 2017). Al respecto, Núñez (2016b) señala que el método de casos permite a los estudiantes construir su aprendizaje a partir del análisis y discusión de cada caso propuesto, porque se fomenta el aprendizaje significativo y colaborativo.

Lo anterior permite, adquirir conocimientos y aplicarlos en un caso similar a la realidad. Como refiere Nakamatsu (2012), el docente tiene dos grandes tareas dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje, la primera es adaptar su conocimiento científico a un nivel que permita al estudiante construir sus propios conocimientos y conectarlos con los conocimientos previos que posee, pero en segundo lugar llevarlos a la realidad para que se enfrenten a los retos que se presentan día a día.

Sin embargo, el aprendizaje de la química forense pareciera ser una tarea difícil cuando se cursa una asignatura bajo la modalidad virtual, incluso la situación pareciera agravarse cuando el grupo es heterogéneo y la mayoría no posee conocimientos sólidos en química, pero diversos autores señalan que los estudiantes pueden aprender química de manera virtual, con el apoyo del docente, porque las tecnologías de la información y comunicación (TIC) favorecen el autoaprendizaje al incentivar el aprendizaje y la gestión del conocimiento, el cual se socializa formándose un aprendizaje en espiral (Castillo, et al., 2017; Millán, 2017).

Por tal razón, Núñez (2015) afirma que el uso de los métodos de casos, a través de los foros virtuales permite adquirir de forma clara y sencilla los conocimientos a medida que incrementa la curiosidad para la solución del caso propuesto. En consecuencia, debido a la necesidad del conocimiento técnico y científico de los profesionales de las ciencias forenses, surge la importancia del módulo introducción a la criminalística del Diplomado en Investigación Criminal y Ciencias Forenses de la Universidad Dr. José Gregorio Hernández.

En tal sentido, el módulo persigue dentro de los objetivos que los participantes apliquen criterios técnicos y desarrollen competencias para la evaluación de los resultados de las diversas experticias, esclareciendo situaciones reales en la búsqueda de la verdad y la justicia. Con base en lo anterior, se propuso describir la estrategia didáctica para el aprendizaje de la bencidina y su importancia para profesionales de las ciencias forenses, mediante un caso problema.

## Metodología

Figura. 3: Porcentaje según el sexo y profesión de los estudiantes inscritos en el diplomado. Fuente: Elaboración propia.

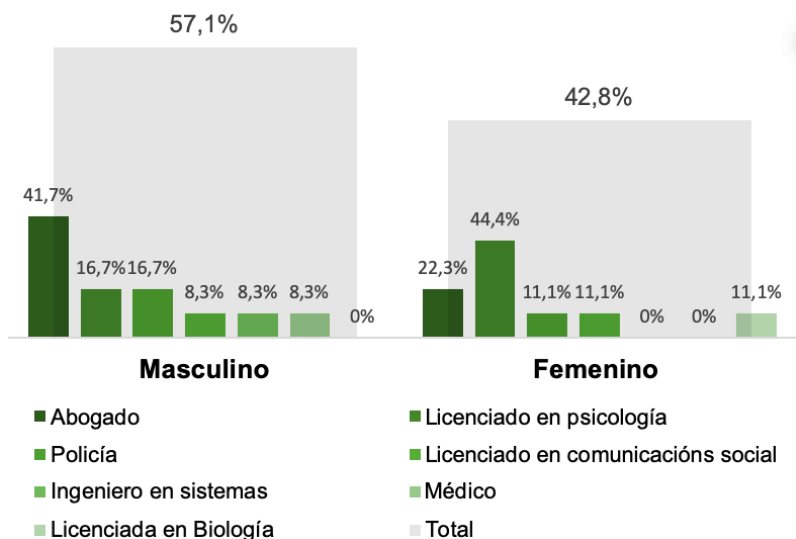


Figura. 4: Ejemplo de la actividad de aprendizaje propuesta. Fuente: Elaboración propia.

La presente investigación se abordó desde el paradigma interpretativo, siguiendo los principios del método naturalista-descriptivo. Desde este paradigma se plantea que el conocimiento humano no se descubre, sino que se construye con el trabajo intelectual y las vivencias de cada individuo (Pérez, 2004). Por lo tanto, se describe una estrategia didáctica para el aprendizaje de la prueba de bencidina, comprendiendo la importancia de la química en el contexto forense por medio de la reacción de oxidación de la bencidina, así como las realidades actuales del valor probatorio de esta prueba.

Mediante el método de casos, se propuso la lectura del libro “4 crímenes, 4 poder” del autor Fermín Mármol León publicado en el año 1978 (Mármol, 2009), específicamente el capítulo 1 titulado “El caso de la hermana del sacerdote (El Poder Eclesiástico)”, hecho ocurrido el 15 de octubre de 1961, en Ciudad Bolívar-Venezuela. Es importante mencionar, que se decidió trabajar con este libro para rescatar parte de la literatura venezolana y comparar la investigación criminal en los inicios del extinto Cuerpo Técnico de Policía Judicial con las investigaciones e innovaciones científicas actuales.

Se trabajó con 21 estudiantes inscritos en el Diplomado en Investigación Criminal y Ciencias Forenses de la Universidad Dr. José Gregorio Hernández, Maracaibo-Venezuela, dictado bajo la modalidad virtual durante el lapso abril-noviembre 2015 (Figura. 3). Para ilustrar esta experiencia,

se propuso como estrategia de aprendizaje el debate del caso a través de un foro virtual disponible en la plataforma Moodle, los estudiantes debían leer el capítulo del libro o ver la película disponible en YouTube, revisar el material alojado en el aula virtual y realizar una búsqueda especializada en la web para dar respuesta a las dos interrogantes planteadas, en relación con la prueba de la bencidina realizada en el caso de estudio (Figura. 4).

Como se trabajó con un grupo que no estaba relacionado con la química se decidió que ellos investigaran libremente para argumentar sus respuestas. La función del tutor virtual consintió en realizar una retroalimentación por medio de resúmenes de las participaciones, siguiendo el protocolo de la escalera de retroalimentación (Wilson, 2002). Lo anterior, con el objetivo de aclarar y contrastar ideas, al favorecer el aprendizaje cuando se encontraban puntos en común, puntos divergentes y puntos que requieren ser aclarados y hasta ejemplificarlos de manera simple.

## Foro semanal 2

En el caso de la hermana del sacerdote, los investigadores utilizaron la prueba de Adler o Bencidina, para determinar que la mancha era sangre y sobre todo que correspondía a sangre humana...



Con base en lo anterior, responde las siguientes interrogante:

- 1) Con relación a la prueba de Bencidina, ¿Es una prueba de orientación o de certeza?
- 2) ¿Actualmente esta prueba, puede ser determinante en un juicio?

No olvides, referencia tus argumentos y luego afirma o refuta la información colocada por los demás investigadores. Recuerdará, respetar los argumentos, esta es una zona de paz y tolerancia para todos.

Manos a la obra...

Cualquier duda estoy a la orden...

Las respuestas dadas a las interrogantes presentadas en el caso problema, fueron consideradas mediante la técnica análisis de contenido, la cual se caracteriza por ser objetiva, sistemática, cualitativa y cuantitativa porque trabaja con materiales representativos, marcada por la exhaustividad y con posible generalización (Porta & Silva, 2003). Para la primera interrogante planteada, el contenido se desglosó y agrupó en las siguientes categorías organizadoras de la información: 1) Fundamentos de la prueba, 2) Falsos positivos, faltos negativos y especificidad, 3) Sensibilidad de la prueba, 4) ¿Cuándo se utiliza? e 5) Interpretación de los resultados.

Estas categorías permitieron evaluar la capacidad para la construcción de conocimientos de manera colaborativa. Siendo importante mencionar que estas categorías se habían trabajado previamente durante la primera semana del módulo, en el cual se abordó la introducción al laboratorio forense, pruebas de orientación y pruebas de certeza tanto cualitativas como cuantitativas, estándares de comparación, falsos positivos y falsos negativos, por lo cual durante la segunda semana se debía aplicar esta información para el estudio de las muestras de naturaleza hemática (aprendizaje significativo).

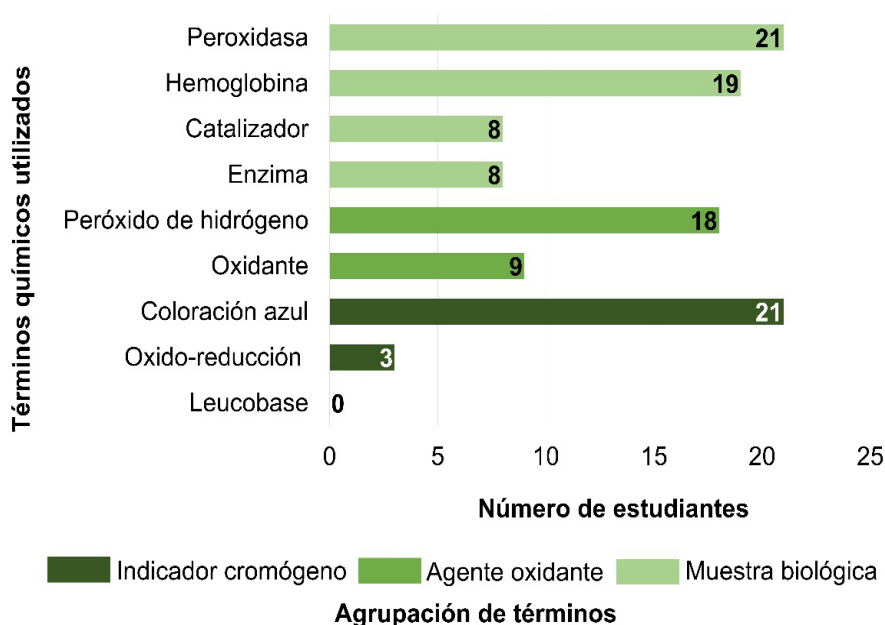
En relación con la segunda interrogante, se evaluó la capacidad de argumentación sobre la prueba de bencidina. Por tal razón, todas las respuestas presentes en el foro se leyeron valorándose su relevancia, calidad de los argumentos/contrargumentos (capacidad de análisis) y referencias consultadas. Por último, se reportan los resultados mediante porcentajes y se tomaron algunos aportes puntuales de los estudiantes, los cuales se plasman entre comilla y en cursiva en la siguiente sección del trabajo, para diferenciar la construcción del conocimiento dentro del campo de la criminalística y ciencias forenses.

## Resultados y discusión

Figura. 5: Número de estudiantes que mencionaron los términos al explicar el fundamento de la prueba de bencidina. Fuente: Elaboración propia.

En relación con la primera interrogante sobre la prueba de bencidina, **¿Es una prueba de orientación o de certeza?**, el 100% de los participantes respondieron la interrogante tras consultar la literatura, coincidiendo en la respuesta al afirmar que se trataba de una prueba de orientación. Durante el análisis del contenido, encontrándose que el 38% de los estudiantes consideraron relevante explicar el fundamento de la prueba de bencidina, la cual se *“basa en la oxidación de la bencidina, debido a la presencia de las peroxidases en la sangre...”*.

Un criminalista se caracteriza por su vocabulario, conocimiento y seguridad al llevar a cabo una investigación y fundamentarla. Tras el arqueo sistemático para dar respuesta al cimiento de la prueba, los estudiantes hicieron un recorrido por diversos términos químicos. En consecuencia, en la figura 5 se presentan estos términos agrupados en tres categorías “indicador cromógeno” relacionado con la visualización de la reacción (cambio de color), “agente oxidante” o compuesto oxidante y por último “muestra biológica” relacionada con la presencia de los componentes de la sangre en la muestra analizada.



Asumiendo las categorías y la explicación anterior, se observa que al referirse al indicador, les resultó más fácil expresarse con la expresión “*coloración azul*”, así mismo ocurrió con “*peróxido de hidrógeno*” y “*peroxidasa*”, en comparación con términos más complejos como “*oxido-reducción*”, “*oxidante*”, “*enzima*” y “*catalizador*”. Es decir, la argumentación se basó en un vocabulario sencillo desde su comprensión. En tal sentido, para el grupo la construcción del conocimiento tuvo como importancia un aprendizaje de la química aplicada a través del caso de interés criminalístico. Donde, sin ser profesionales de la química la estrategia didáctica los incursionó en diversos términos de utilidad en la solución de un delito.

Con base en lo anterior, algunos autores reportan dificultades para el aprendizaje de esta ciencia, estos han sido relacionados con la complejidad de la química y sus términos, forma de razonamiento de los estudiantes y por último el proceso de enseñanza (Caamaño y Oñorbe, 2004; Cárdenas, 2006; Galache y Pérez, 2009; Montagut, 2010). Por tales razones, el proceso de moderación del foro y la retroalimentación constante, permitió minimizar ese impacto al aclarar dudas y reenfocar la discusión. Principalmente porque el grupo al desconocer el vocabulario busca replicar la información relacionada con la química, sin comprender su fundamento.

Adicionalmente, a través del caso en estudio se propuso dosificar la información para aprender un vocabulario según la importancia en el contexto forense, esto le da mayor relevancia y significado a su aprendizaje. Incluso, la necesidad de argumentación requiere enriquecer el vocabulario, porque este depende de la construcción de las conexiones entra las palabras para desarrollar un significado (Boulware-Gooden, et al., 2007). En la presente investigación, se observó que resumir los aportes a través de la moderación por parte del tutor y ofrecer un esquema o ilustración, permitió asimilar mejor el vocabulario asociado a la química durante el proceso de retroalimentación.

Caso contrario, “la diversidad de vocabulario propios de la química conducirían a una sobrecarga del sistema de procesamiento de información de los estudiantes novatos,... y su consecuencia sería la desmotivación” Galgovsky y Bekerman (2009, p. 972). En tal sentido, Quílez-Pardo y Quílez-Díaz (2016) señalan que el rol del docente es ayudar a los estudiantes para la comprensión y utilización del vocabulario técnico y no técnico, esto resulta útil para la argumentación y comprensión de las experticias donde la química es la base de la actuación pericial.

Por otro lado, siguiendo con el análisis de la segunda categoría, el 57,1% de los estudiantes comentaron sobre los falsos positivos y negativos que pudieran afectar la prueba, así como su especificidad. Por ende, se rescatan algunas frases del foro “*por ser una prueba de orientación, es una prueba poco específica porque puede tener reacción con otras sustancias*”, lo anterior se debe a “*los oxidantes y catalizadores presentes en otras muestras biológicas o sustancias en el sitio del suceso, arrojando un falso positivo*”. Mientras que el 19% de los estudiantes consideraron relevante mencionar la sensibilidad de la prueba.

A propósito el 47,6% los estudiantes consideraron útil esta prueba cuando se quiere “*realizar un barrido criminalístico para indicar si existen indicios de presunta naturaleza hemática en el sitio del suceso o en determinados objetos que están o estuvieron vinculados con el hecho*”, mediante el uso de la prueba de bencidina un criminalista puede “*descartar inmediatamente una muestra dada y así disminuir el rango de acción dentro de las evidencias físicas para procesar*”. En resumen, “*se utiliza durante el proceso de colección de las evidencias en el sitio del suceso, cuando no se observa el rastro o se sospecha que la mancha observada pudiera ser sangre, incluso se puede usar en el laboratorio*”.

De acuerdo con Mendoza (2015), la importancia de analizar los contenidos y su discurso se enmarca dentro de la interpretación y comprensión del sentido de lo que se plasma en la comunicación, con el objeto de ofrecer un marco común. Es decir, a través del foro propuesto se construyó un marco referencial sobre las sustancias que pueden arrojar un resultado similar con

la prueba de bencidina; así como, el criterio para realizar esta prueba, resaltándose la intuición que debe poseer un criminalista ante un indicio que pudiera ser vinculante con el hecho o frente a la duda que puede generar una sustancia que se asemeje con las características macroscópicas de la sangre. En tal sentido, el 100% de los estudiantes plasmaron en el foro la interpretación de los resultados de la prueba de bencidina.

Sin embargo, se desprende que “un resultado positivo, debe ser confirmado mediante una prueba de certeza en el laboratorio, para establecer la naturaleza hemática de la mancha”. A pesar de lo anterior, el 19% de los estudiantes tuvieron dificultad al momento de expresar el significado de un resultado positivo, por ejemplo “un resultado positivo indica que es sangre, pero no determina la especie”. Lo anterior, se presta a confusión porque las pruebas colorimétricas solo arrojan un resultado cualitativo sobre la presencia de la presunta naturaleza hemática, es decir, pudiera ser sangre o no (Núñez, 2016a).

Otras aristas en relación con la prueba de bencidina fue su efecto sobre la salud del personal forense, porque “esta sustancia se ha clasificado como cancerígena” y por tal razón, esta prueba ha sido sustituida por otras pruebas colorimétricas, como ocurre con el uso de la fenoltaleína (James, et al., 2014).

Pasando a la segunda interrogante **¿Actualmente, esta prueba puede ser determinante en un juicio?**, el 100% de los estudiantes respondieron no porque “la prueba de bencidina es una prueba de orientación que solo abre una secuencia probatoria”. Sin embargo, “las pruebas en un juicio deben ser de certeza, porque identifican e individualizan los resultados, ofreciendo una confiabilidad para el análisis e interpretación del hecho punible y así fundamentar la defensa o acusación”. Lo anterior se enmarca dentro del valor probatorio que tienen las pruebas de experticia en el proceso penal, porque los medios de prueba deben hacer una convicción en los jueces sobre lo ocurrido en un hecho punible (Figura. 6).

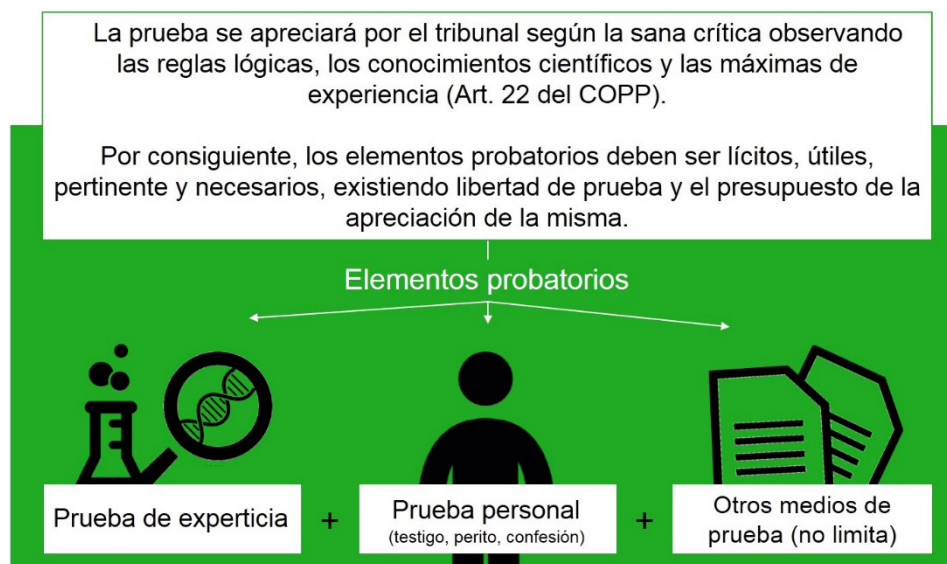


Figura. 6: Resumen del régimen probatorio contemplado en el Código Orgánico Procesal Penal (COPP) venezolano, año 2012. Fuente: Elaboración propia.

Lo anterior, da pasado a comprender que ninguna prueba es determinante por sí sola en un juicio, ya que deben existir varias para que hayan suficientes argumentos y respaldo sobre lo debatido, es decir se debe realizar una valoración de todo los elementos de convicción que integran el acervo probatorio. Sin embargo, Bovino (2005) expresa que en muy pocas ocasiones un elemento de prueba, considerado aisladamente, tiene la capacidad de demostrar directa y fehacientemente los elementos fácticos que componen el objeto procesal.



Por tal razón, el grupo coincidió, que a pesar de la época la investigación fue realizada dentro de unos parámetros óptimos, pero faltaron algunos detalles por profundizar. Sin embargo, fueron las pruebas testimoniales la que llevaron a los investigadores a sospechar que el asesino había sido el sacerdote quien era el hermano de la víctima. Con base en lo anterior, se observa que los estudiantes presentaron una curiosidad innata para responder dos interrogantes, pero el caso propuesto les resultó interesante a pesar de la época.

Por ejemplo, se cuestionó el valor probatorio en la década del 70, porque surgió la duda si los “*Tribunales de Justicia*” aceptaban esta prueba de orientación como de certeza, porque muchas personas pudieron ser privadas de libertad mediante una prueba de orientación, por lo cual es un tema legal y de Derechos Humanos que se debe analizar. Sin embargo, en la actualidad con el avance de las ciencias forenses, es común la apertura de los casos y la evaluación de los elementos probatorios disponibles para determinar si hubo un error en su momento o para esclarecer un hecho que no logró resolverse, porque las pruebas no fueron suficientes para determinar la culpabilidad del sospechoso.

## Conclusiones

La presente investigación no pretende generalizar los resultados, pero si aportar una experiencia que pudiera contribuir con otras investigaciones o fundamentación de teorías dentro de la práctica educativa para la enseñanza de las ciencias forenses y en especial de la química, para estudiantes y profesionales no relacionados con esta ciencia. Por un lado, el aprendizaje de la química a través de foros virtuales es posible, requiere de tiempo y uso de un vocabulario sencillo, el cual se puede profundizar por medio de la moderación del tutor.

En el caso propuesto, el trabajo colaborativo contribuyó con la construcción del conocimiento, resaltando la importancia de la motivación y despertar la curiosidad de los estudiante para el desarrollo de sus competencias. Es decir, que sean estos quienes investiguen y asuman un rol activo sobre su aprendizaje, así el rol de tutor durante la retroalimentación consistirá en ayudar a los estudiantes en la comprensión de los términos y que estos puedan ser significativos en su ejercicio profesional.

Aunque se trabajó con un caso que ocurrió hace muchos años y la prueba utilizada en ese tiempo era la prueba de la bencidina, repasar su fundamento resultó importante porque se puede extrapolar a otras pruebas que presentar mayor uso en la actualidad como ocurre con la fenolftaleína o prueba de Kastle Mayer. Ahora bien, conocer las diferencias entre una prueba de orientación y una prueba de certeza, así como su sensibilidad y especificidad para el profesional de las ciencias forenses es clave, porque de este conocimiento dependerá su actuación pericial.

Incluso, la comparación de su valor probatorio permitió comprender la importancia de cada elemento para la fundamentación de la teoría del caso, así como la decisión del juez con base en la información presentada. En tal sentido, una prueba de orientación no tiene influencia determinante en el dispositivo del fallo del juzgado o fondo de la decisión, porque su resultado no es concluyente al dejar una duda razonable si se trataba o no de sangre. Sin embargo, las pruebas de orientación encaminan la investigación y dan paso a las pruebas de certeza.

## Agradecimientos

A los participantes del Diplomado en Investigación Criminal y Ciencias Forenses año 2015, por la motivación durante todo el diplomado y el permiso para la publicación de esta experiencia.

## Referencias

- Aparicio, E. (2017). Técnicas colorimétricas. *Visión Criminológica-Criminalística*, 5(18), 18-23.
- Boulware-Gooden, R., Carreker, S., Thornhill, A. & Malatesha, R. (2007). Instruction of meta-cognitive strategies enhances reading comprehension and vocabulary achievement of third-grade students. *The Reading Teacher*, 61, 70-77.
- Bovino, A. (2005). La actividad probatoria ante la Corte Interamericana de Derechos Humanos. *SUR-Revista Internacional de Derechos Humanos*, 2(3), 60-83.
- Caamaño, A. y Oñorbe, A. (2004). La enseñanza de la química: Conceptos y teorías, dificultades de aprendizaje y replanteamientos curriculares. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 41, 68-81.
- Cárdenas, F. (2006). Dificultades de aprendizaje en química: Caracterización y búsqueda de alternativas para superarlas. *Ciência & Educação*, 12(3), 333-346.
- Castillo, A., Ramírez, M. y Ferrer, R. 2017. Aula virtual como estrategia para el aprendizaje de la Química Orgánica. *Educación en Contexto*, II(5), 95-111.
- Código Orgánico Procesal Penal. (2012). *Gaceta Oficial República Bolivariana de Venezuela* N° 6.078 Extraordinario. 15 de Junio de 2012.
- Coterhuanco, N., Quispe, S. y Salcedo, L. (2009). Evaluación de dos métodos colorimétricos en base a aminofenazona y aminoantipirina para la detección de muestras de sangre en diferentes condiciones con fines forenses. *Revista Boliviana de Química*, 26(2), 90-95.
- Gaensslen, R. (1983). *Sourcebook in forensic serology, immunology, and biochemistry*. University of Michigan Library.
- Galache, I. y Pérez, P. (2009). Expresión de conceptos químico mediante lenguaje significativo. *Formación Universitaria*, 2(2), 9-16.
- Galagovsky, L. y Bekerman, D. (2009). La química y sus lenguajes: Un aporte para interpretar error de los estudiantes. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8(3), 952-975.
- Garner, D., Cano, K., Peimer, R & Yeshion, T. (1976). An evaluation of tetramethylbenzidine as a presumptive test for blood. *Journal of Forensic Sciences*, 21(4), 816-821.
- Gil, P., Verdú, F., Castelló, A. y Negre, M. (2010). Técnicas de criminalística en manchas de sangre: factor ambiental en las pruebas de orientación. *Revista de la Escuela de Medicina Legal*, 14, 4-14.
- Gisbert, J. y Villanueva, E. (2004). *Medicina legal y toxicología*. Editorial Masson.
- Gomes, C., López-Matayoshia, C., Palomo-Dieza, S., López-Parra, A., Cuesta-Alvaro, P., Baeza-Richera, C., Gibaja, J. & Arroyo-Pardo, E. (2017). Presumptive tests: A substitute for benzidine in blood samples recognition. *Forensic Science International: Genetics Supplements Series*, 6, e546-e548. <https://doi.org/10.1016/j.fsigss.2017.09.213>
- Guzmán, C. (2000). *Manual de criminalística*. Ediciones la Rocca.
- Herrera, M., Dávila, L. y Pérez, J. (1996). *Diccionario básico de química analítica*. Instituto Politécnico Nacional.
- Houck, M. y Siegel, Y. (2014). *Fundamentos de ciencia forense*. Trillas.
- James, S., Nordby, J. & Bell, S. (2014). *Forensic science: An introduction to scientific and investigative techniques*. CRC Press Taylor & Francis Group.
- Jara, E. (2015). El valor de la química forense en la investigación criminal. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas*, 36, 25-31.

- Machado, M., Cangas, L., Quintana, I. y Machado, F. (2018). El componente práctico, alternativa en la formación profesional, a través del proceso enseñanza aprendizaje de criminalística. *Revista Digital de Ciencias Jurídicas de UNIANDES*, 1(1), 76-85.
- Mármol, F. (2009). *4 crímenes, 4 poderes*. Editorial Pomaire.
- Mendoza, J. (2015). Otra mirada: la construcción social del conocimiento. *POLIS*, 11(1), 83-118.
- Millán, J. (2017). Aprendizaje en aulas virtuales: Una alternativa para el desarrollo de la enseñanza de la química. *ARJÉ, Revista de Postgrado FaCE-UC*, 11(21), 141-147.
- Montagut, P. (2010). Los procesos de enseñanza y aprendizaje del lenguaje de la química en estudiantes universitarios. *Educación Química*, 21(2), 126-138. [http://dx.doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30162-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30162-9)
- Nakamatsu, J. (2012). Reflexiones sobre la enseñanza de la química. *En Blanco & Negro*, 3(2), 38-46.
- Negre, M., Castelló, A., Gil, P. y Verdú, F. (2003). ¿Manchas de sangre?: seguridad en pruebas de orientación. *Cuadernos de Medicina Forense*, 34, 29-34.
- Núñez, J. (2012). Importancia de la acreditación de los laboratorios forenses. *Revista Digital, Metrología.com.ve*, 1(2), 6.
- Núñez, J. (2015). Didáctica del módulo de microanálisis del Diplomado en Ciencias Forenses y Criminalística de la Universidad José Antonio Páez [Versión electrónica]. *Revista Digital la Pasión del Saber*, 8. <http://201.249.74.131/pasion/index.php/89-edicion8/173-didactica-del-modulo-de-microanalisis-del-diplomado-en-ciencias-forenses-y-criminalistica>
- Núñez, J. (2016a). Aportes de la hematología al campo forense: Pruebas de orientación y certeza. *Revista Skopein*, XIII, 32-40.
- Núñez, J. (2016b). Métodos de casos para el aprendizaje de la Entomología Forense. *Revista Científica de FAREM-Estelí*, 5(19), 33-45.
- Pérez, G. (2004). *Investigación cualitativa. Retos e interrogantes*. La Muralla.
- Porta, L. y Silva, M. (2003). La investigación cualitativa: el análisis de contenido en la investigación educativa. *Portal de Revistas*, 14, 1-18.
- Quílez-Pardo, J. y Quílez-Díaz, A. (2016). Clasificación y análisis de los problemas terminológicos asociados con el aprendizaje de la química: Obstáculos a superar. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 20-35.
- Romel, R. y Loy, B. (2016). Bases teóricas de las ciencias forenses contemporáneas y las competencias interdisciplinarias profesionales. *Revista Médica Electrónica*, 20(1), 3-10.
- Sebastiany, P., Camara, M., Diehl, I., y Miskinis, T. (2013). Aprendiendo a investigar por medio de la ciencia forense e investigación criminal. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(3), 480-490. [http://dx.doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2013.v10.i3.13](http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2013.v10.i3.13)
- Sniegovski, M., Bortolatto, J. y Formolo, F. (2016). Manchas de sangre: El análisis de su patrón en la escena del crimen. *Revista Skopein*, IV(14), 6-18.
- Sosa, A. (2017). Del laboratorio al juzgado. Enseñanza de las ciencias para el ejercicio forense. *Educación Química*, 28, 238-245. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2017.09.001>
- Villanueva, J. y Matamoros, M. (2016). Ciencias forenses y pruebas presuntivas. *Revista de Ciencias Forenses de Honduras*, 2(2), 45-54.
- Wilson, D. (2002). *La retroalimentación a través de la pirámide y la escalera de retroalimentación*. En "Seminario: Cerrando la brecha: I Encuentro de tutores latinoamericanos en línea".