



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

CARRERA DE QUÍMICA FARMACÉUTICO BIOLÓGICA

**EL SOFTWARE DE SIMULACIÓN COMO ALTERNATIVA A LA ENSEÑANZA
DE LA CROMATOGRAFÍA DE LÍQUIDOS DE ALTA RESOLUCIÓN**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE QUÍMICA FARMACÉUTICA BIÓLOGA

PRESENTA:

CHÁVEZ LUNA DULCE MARÍA

DIRECTOR: Dr. JUAN CARLOS VÁZQUEZ LIRA

LABORATORIO 7 PLANTA ALTA UMIEZ FES ZARAGOZA UNAM

ESTE TRABAJO RECIBIÓ EL APOYO DEL PROYECTO PAPIME PE203712

México, DF., Agosto 2014



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.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México por ser mi segunda casa y un lugar donde viví experiencias personales y académicas únicas.

A la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza por ser cuna de mi formación profesional y ahora tener la dicha de decir que soy orgullosamente Zaragozana.

Al Dr. Juan Carlos Vázquez Lira por la confianza, paciencia y apoyo brindado a lo largo de la realización de este proyecto.

DEDICATORIA

A la vida por todo lo que me ha dado, por darme la oportunidad de estar aquí y ahora.

A mi cómplice y compañero de viaje Miguel Ángel por estar a mi lado para realizar desde las locuras más simples hasta los planes más serios y ambiciosos.

A mi hija Zoé por llenarme de luz desde el momento de su llegada.

A mi mamá Aurora por el amor y apoyo brindado; este logro también es tuyo.

CONTENIDO

I. RESUMEN	3
II. INTRODUCCIÓN.....	4
III. MARCO TEORICO	5
3.1 Cromatografía	5
3.2 Cromatografía de líquidos.....	6
3.3 Conceptos básicos de Cromatografía De Líquidos De Alta Resolución	8
3.4 Equipo.....	11
3.5 Preparación de la muestra	13
3.6 Aplicaciones de la Cromatografía De Líquidos De Alta Resolución	14
3.7 Software educativo	15
3.8 Evaluación del software educativo	16
3.9 Ficha de evaluación de aplicaciones multimedia.....	17
3.10 Uso de simuladores como recurso para la enseñanza.....	21
3.11 Uso de simuladores como recurso para la enseñanza de cromatografía de líquidos	22
3.12 Propuesta del uso de simuladores para la enseñanza de hplc en FES Zaragoza	26
3.13 Fiabilidad y validez del cuestionario de diagnóstico	26
IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	28
V. OBJETIVOS	29
5.1 Objetivo general.....	29
5.2 Objetivos específicos.....	29
VI. HIPÓTESIS	29
VII. DISEÑO EXPERIMENTAL	30
7.1 Tipo de estudio.....	30
7.2 Población de estudio	30
7.3 Variables.....	30
7.4 Material y método.....	31
7.5 Diseño estadístico	32
VIII. RESULTADOS	33

8.1	Validación del cuestionario de diagnóstico para evaluar el conocimiento de los alumnos sobre cromatografía de líquidos	33
8.2	Validación del cuestionario para evaluar el aprendizaje de los alumnos asistentes al curso teórico-práctico en HPLC con software de simulación	34
8.3	Resultados del cuestionario para evaluar el aprendizaje de los alumnos asistentes al curso teórico-práctico en hplc con software de simulación.....	35
8.3.1	CURSO 1	35
8.3.2	CURSO 2	59
8.4	Evaluación de los programas informáticos de simulación empleados en los cursos de CLAR	82
8.5	Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon.....	82
IX	CONCLUSIONES	84
X	REFERENCIAS	85
XI	ANEXOS	88
11.1	Validación del cuestionario de diagnóstico para evaluar el conocimiento de los alumnos sobre cromatografía de líquidos	88
11.1.1	Análisis de fiabilidad	88
11.1.2	Análisis de validez	90
11.2	Validación del cuestionario de diagnóstico para evaluar el conocimiento de los alumnos sobre cromatografía de líquidos	92
11.2.1	Análisis de fiabilidad	92
11.2.2	Análisis de validez	93
11.3	Evaluación del software de simulación	95
11.3.1	FICHA DE EVALUACIÓN DE ACD/LC SIMULATOR.....	95
11.3.2	FICHA DE EVALUACIÓN DE HPLC SIMULATOR.....	100

I. RESUMEN

La Cromatografía de Líquidos de alta Resolución (CLAR) es una de las técnicas analíticas más utilizada hoy en día para el análisis de compuestos químicos, debido a las exigencias actuales es de suma importancia para el QFB poseer conocimiento sobre conceptos básicos y aplicaciones de esta técnica; se realizó esta investigación con el objetivo de proponer el uso de software de simulación como alternativa de enseñanza de Cromatografía de Líquidos de Alta Resolución; para esta investigación se recolectó información relacionada al conocimiento e interés que tienen los alumnos de la carrera de QFB de Fes Zaragoza sobre el uso de la cromatografía, se diseñó un temario e impartieron cursos de CLAR dirigidos a alumnos de los últimos semestres de la carrera para los cuales se hizo uso de software de simulación (HPLC Simulator y ACD/LC Simulator), para evaluar la mejoría en el conocimiento de los alumnos se aplicó un cuestionario *ex professo* al inicio y al final del curso. Con la serie de datos recabados se encontró que los alumnos tienen deficiencia en el conocimiento de CLAR y es necesario considerar la creación de cursos de CLAR con la finalidad de mejorar la calidad de la formación de los egresados de FES Zaragoza.

II. INTRODUCCIÓN

En nuestros días la Cromatografía de Líquidos de Alta Resolución (CLAR) es la técnica analítica más utilizada para el análisis de compuestos de interés farmacéutico, de diagnóstico clínico, en investigación, dentro de la industria alimenticia y ciencias ambientales, solo por mencionar algunos de los campos de aplicación de esta técnica en la cual se reúnen la sensibilidad, selectividad y versatilidad, características de interés para la selección y uso de un método analítico.

Debido al creciente uso de este método de análisis se ha generado la necesidad de tener egresados del área de Farmacia con conocimientos sólidos para ser capaces de desarrollar, implementar, modificar, optimizar y validar métodos analíticos por CLAR. En el caso particular de la FES Zaragoza en la carrera de QFB no se cuenta con un módulo donde se dedique un apartado para la enseñanza de CLAR, o bien un curso complementario extra clase sobre esta técnica; la falta de estos conocimientos a futuro representa una desventaja para los egresados al momento de su inserción al campo laboral que en su mayoría tiene como requisitos tener conocimiento y experiencia en cromatografía de líquidos de alta resolución.

Por lo mencionado anteriormente es de gran importancia que dentro de la formación del QFB de la FES Zaragoza se incluya un apartado para el aprendizaje de CLAR, sin embargo se presentan diversos obstáculos para su enseñanza entre los cuales se encuentra la falta de un equipo exclusivo para docencia, el costo de materiales y reactivos, tiempo suficiente para las clases y material didáctico disponible para los alumnos.

Una alternativa para evitar que la falta de un equipo de cromatografía en el laboratorio sea una limitante para la enseñanza práctica de la CLAR es hacer uso de recursos digitales tales como programas informáticos de simulación, hojas de cálculo y otros materiales didácticos interactivos que permiten tener un acercamiento a la práctica sin la necesidad de tener un equipo disponible físicamente.

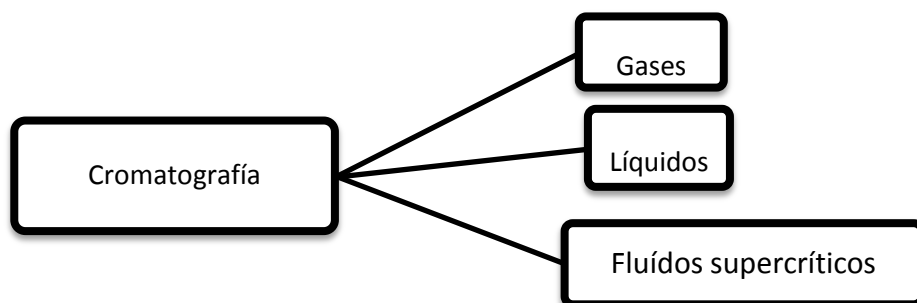
III. MARCO TEORICO

3.1 Cromatografía

La cromatografía es una técnica desarrollada en 1906 por el científico ruso Tswett quien la utilizó para separar pigmentos vegetales, a través del tiempo esta técnica se ha modificado y mejorado hasta llegar a ser una de las herramientas más utilizadas en el laboratorio para el análisis de compuestos químicos.

La cromatografía es definida por la IUPAC como un método fisicoquímico de separación en el cual los componentes a ser separados son distribuidos entre dos fases, una de las cuales es estacionaria mientras la otra se mueve en una dirección definida. Estas dos fases se conocen como fase móvil y fase estacionaria; la primera es un líquido o gas que interactúa con la muestra y la eluye a través de la fase estacionaria la cual es un sólido inorgánico u orgánico que se encarga de retener la muestra con el fin de realizar la separación de sus componentes¹.

La cromatografía se puede clasificar de la siguiente manera:



En la cromatografía de gases (CG) se tiene una fase móvil gaseosa que fluye bajo presión a través de una columna cubierta con una fase estacionaria líquida o empacada con una fase estacionaria líquida sobre un soporte sólido. El analito es evaporado e inyectado a la cabeza de la columna cromatográfica y la elución se hace por el flujo de la fase móvil de gas inerte (argón, helio o nitrógeno). Una vez que se ha realizado la separación de la mezcla a través de la columna se puede monitorear el efluente por medio de una variedad de detectores (Ejemplo espectrómetro de masas).

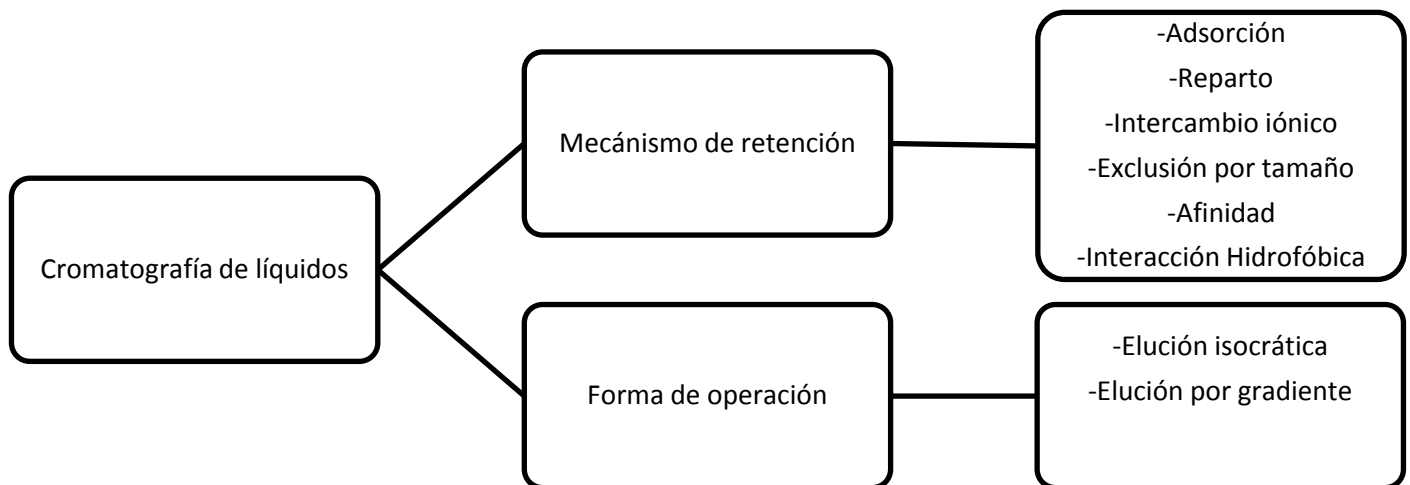
Existen diversos compuestos que pueden ser determinados por cromatografía de gases, pero hay limitaciones. Los compuestos deben ser volátiles y estables a la temperatura empleada, típicamente de 50 a 300 °C. La CG es utilizada para todos los gases, la mayoría de las moléculas no ionizadas sólidas o líquidas hasta de 25 carbonos y algunos compuestos organometálicos. Si los compuestos no son volátiles o estables, algunas veces pueden ser derivados para hacerlos susceptibles al análisis por este tipo de cromatografía².

Por otro lado en la cromatografía de líquidos (CL) una fase móvil líquida es bombeada bajo presión a través de una columna de acero inoxidable que contiene partículas de la fase estacionaria con un diámetro de 3-10 μm ,

el analito es inyectado a la cabeza de la columna a través de una válvula. La separación de la mezcla ocurre de acuerdo al tiempo que los componentes estuvieron en la fase estacionaria. Una vez realizada la separación de la mezcla se puede monitorear la salida de sus componentes por medio de detectores (Ejemplo detector UV). La cromatografía de líquidos provee un método exacto y preciso para un análisis cuantitativo de diversos compuestos, además de ser el método más utilizado en la industria. Esta técnica es empleada para separar compuestos en solución, y que son susceptibles a la temperatura por lo cual se puede usar para el análisis de metabolitos en fluidos biológicos, una de las limitaciones de esta técnica es el uso de grandes cantidades de disolventes orgánicos. De esta técnica se hablará más ampliamente en los apartados siguientes.

3.2 Cromatografía de líquidos

La cromatografía de líquidos (CL) es una técnica analítica utilizada para separar una mezcla de sustancias en solución en sus componentes individuales. La cromatografía de líquidos es un procedimiento en el cual la fase móvil es un líquido y la separación de los componentes de una mezcla ocurre cuando bajo un conjunto de condiciones cada componente interactúa con las dos fases de diferente manera cada uno. Existen dos maneras de clasificar los métodos de cromatografía de líquidos y son las siguientes:



El mecanismo de retención se refiere a la manera en la cual el analito interactúa con la fase estacionaria y puede ser:

- Adsorción. Existe una competencia entre el líquido de la fase móvil y el sólido de la fase estacionaria por el analito. Las moléculas del soluto están en contacto con ambas fases (estacionaria y móvil) al mismo tiempo y la interacción se da de acuerdo a la premisa de que solutos polares serán retenidos por fases estacionarias polares, mientras que solutos no polares serán retenidos mejor por fases estacionarias no polares.

Aplicaciones: Se utiliza para compuestos no polares con masas <5000, muestras solubles en disolventes no polares y es capaz de diferenciar entre compuestos isómeros. Es particularmente adecuada para el análisis de moléculas no ionizantes, insolubles en agua y relativamente simples, que frecuentemente son isómeros o compuestos muy relacionados³.

- Reparto. Esta basada en la competición del analito con las fases, sin embargo en este caso la fase móvil y la fase estacionaria son líquidas, por lo tanto el proceso es denominado como partición cuando el soluto es transferido del volumen de una de las fases al volumen de la otra, de manera que las moléculas del soluto están completamente rodeadas por las moléculas de una sola de las fases.

Aplicaciones: Es utilizada para la separación de sustancias estrechamente relacionadas. Ejemplos típicos son la resolución de los numerosos aminoácidos formados en la hidrólisis de una proteína, la separación y análisis de alcoholes alifáticos y la separación de derivados de azúcares.

- Intercambio iónico. Se basa en el principio de que los opuestos se atraen. Este mecanismo es usado para separar analitos con carga y ocurre como resultado de la interacción entre un soluto cargado y un opuesto cargado en la fase estacionaria. Se puede aplicar a cualquier soluto capaz de adquirir carga en solución.

Aplicaciones: Se utiliza en los analizadores para aminoácidos, se ha aplicado a una gran variedad de sistemas orgánicos y bioquímicos incluyendo fármacos y sus metabolitos, sueros, conservantes de alimentos, mezclas de vitaminas, azúcares y preparaciones farmacéuticas.

- Exclusión por tamaño de partícula. La fase estacionaria esta formada por partículas, las cuales son manufacturadas con una amplia variedad de tamaños, haciendo que la fase estacionaria se comporte como una especie de tamiz por donde los solutos son separados en base al tamaño de sus partículas. Los solutos de mayor tamaño son los que eluyen primero.

Aplicaciones: Tiene usos en la industria de los alimentos y bebidas o en muestras fisiológicas en las que la mayoría de los ácidos del ciclo de Krebs están presentes. En bioquímica la separación de péptidos, proteínas y demás moléculas biológicas es importante y se puede separar efectivamente por este método.

- Afinidad. Este mecanismo se basa en el principio de llave-cerradura que prevalece en los sistemas biológicos, la retención es muy específica, sin embargo requiere de mucho tiempo, además es más cara ya que requiere del uso de sistemas de retención específicos.

Aplicaciones: Tiene aplicaciones primordiales en el campo del análisis clínico, en donde se utiliza comúnmente para la determinación de la presencia de desórdenes metabólicos cuando se separan aminoácidos y otras aminos de importancia fisiológica de las muestra de las pacientes

- Interacción hidrofóbica. Es utilizada para la separación y purificación de especies biológicas sensibles como las proteínas. Los analitos son inducidos a enlazarse débilmente a una fase estacionaria hidrofóbica utilizando una fase móvil totalmente acuosa o con presencia de amortiguadores de pH, dicha fase móvil debe tener alta fuerza iónica. Con este mecanismo se tiene una gran probabilidad de eluir el analito con su estructura y actividad intactas.

Aplicaciones: Se utiliza para separar algunas proteínas y moléculas hidrofóbicas tales como aceites y grasas.

La forma de operación de la cromatografía de líquidos se refiere al mecanismo por el cual una muestra se transporta a través de la columna y por lo tanto depende de la naturaleza de la fase móvil. Para el desarrollo de una elución un pequeño volumen de muestra es introducido en la cabeza de la columna y los componentes son absorbidos por la fase estacionaria en diferente grado. Los solutos son eluidos usando una fase móvil que tiene mayor afinidad por los componentes de la muestra que por la fase estacionaria. La elución puede ser clasificada de acuerdo a la continuidad de la fase móvil de la siguiente manera:

- Elución isocrática. La muestra es introducida en la columna y es eluida bajo las mismas condiciones de la fase móvil durante el tiempo que dure la elución. Es adecuada cuando los componentes tienen afinidades similares a la fase estacionaria y eluyen rápidamente uno después del otro.
- Elución por gradiente. Se tiene un cambio continuo en la composición de la fase móvil para alcanzar la separación de los componentes con diferentes afinidades por la fase estacionaria. Al comienzo de la elución se usa un eluyente de fuerza débil que será incrementada durante el curso de la separación⁴.

3.3 Conceptos básicos de Cromatografía De Líquidos De Alta Resolución

Existe una gran variedad de métodos para el análisis de compuestos químicos, sin embargo la cromatografía de líquidos de alta resolución (CLAR) es el método por elección para el análisis de compuestos. El conocimiento de conceptos básicos de CLAR es esencial para realizar un análisis exitoso, dentro de estos conceptos se encuentran que es la técnica, retención, selectividad, eficiencia, resolución, así como la relación que existe entre las características de la columna y la fase móvil, pH, velocidad de flujo, entre otros que serán presentados a continuación.

La CLAR es una técnica fisicoquímica de separación que es llevada a cabo en la fase líquida en la cual la muestra es separada en los diferentes compuestos que la conforman, también llamados analitos, dichos compuestos se distribuyen entre la fase móvil y la fase estacionaria, un detector monitorea la concentración de cada componente y genera un gráfico llamado cromatograma. Es necesario mencionar algunos principios que deben tomarse en cuenta para realizar un análisis por CLAR:

- El analito debe ser soluble
- Para la separación de los analitos, estos deben ser retenidos y tener una migración diferencial por la columna
- La fase móvil es la que controla la separación por CLAR, el desarrollo de métodos se enfoca en encontrar un conjunto de condiciones de la fase móvil para tener una separación adecuada.
- La solución final del analito, si es posible deberá estar disuelto en la fase móvil o en un solvente más débil que la fase móvil.

Además de los principios anteriores es de suma importancia saber que la cromatografía se mide y describe en términos de capacidad, eficiencia, selectividad y resolución. La capacidad y la selectividad son variables que se controlan en la manufactura de la columna, mientras que la eficiencia y la resolución son controladas en el desarrollo de la cromatografía⁵.

Se conoce como capacidad a la habilidad que tiene una columna para retener la muestra y separar los componentes eficientemente, esta en función del material de empaque de la columna pero también puede ser manipulada en cierto grado variando la fuerza del solvente. La capacidad de la columna se calcula de la siguiente manera:

$$k' = \frac{t_R - t_0}{t_0}$$

Donde:

t_R = tiempo que tarda un soluto específico para llegar al detector (tiempo de retención)

t_0 = tiempo tomado por especies no retenidas en alcanzar el detector

Si el valor de k' es igual a cero se considera que los componentes no son retenidos y eluyen con el solvente, un valor de 1 significa que el componente es ligeramente retenido por la columna, mientras que un valor de 20 indica que el componente es fuertemente retenido por la columna.

El concepto de selectividad describe que tan efectivamente un sistema puede separar dos componentes, en un cromatograma se ve como la medida de la diferencia de tiempos de retención entre dos picos dados, la selectividad de una columna depende de la fase estacionaria, la composición de la fase móvil así como de la temperatura; se determina con la siguiente fórmula:

$$\alpha = \frac{t_2 - t_0}{t_1 - t_0} = \frac{k'_2}{k'_1}$$

Si el valor de α es igual a 1 los componentes de la muestra tienen un tiempo de retención idéntico, si se cambia la composición de la fase móvil la selectividad aumenta.

El objetivo de la mayoría de los análisis realizados por CLAR es la separación de uno o más analitos de otros componentes dentro de una muestra con el fin de obtener información cuantitativa, por lo cual la resolución de una cromatografía describe el grado de separación entre las bandas o picos de solutos vecinos de un cromatograma; se ve directamente afectada por la selectividad (α), la capacidad de la columna (k') y la eficiencia (N), la cual se tratará más adelante. Se calcula de la siguiente manera:

$$R = \frac{1}{4} \frac{\alpha - 1}{\alpha} \left(N^{\frac{1}{2}} \right) \frac{k'}{1 + k'}$$

Cuando R tiene un valor mayor de 0.8 se tiene una cuantificación exacta de dos picos y se puede decir que el método cromatográfico tiene buena resolución, mientras que si R vale 1 indica que hay una sobreposición de

dos picos de igual tamaño y por lo tanto la cromatografía no tiene buena resolución. La manera más efectiva de modificarla resolución es cambiando la selectividad o la capacidad de la columna.

La eficiencia de una columna se refiere a la amplitud de los picos o bandas, los cuales están en función de la retención, lo que también es descrito como el número de platos teóricos (N). El término de platos teóricos representa el número de secciones delgadas de la columna que permite al soluto equilibrarse entre la fase estacionaria y la fase móvil. Se considera que entre mayor es el número de platos teóricos, mayor es la eficiencia de la columna.

$$H = \frac{L}{N}$$

Donde:

H = altura equivalente a un plato teórico

L = longitud de la columna

N = platos teóricos

Para realizar una buena separación cromatográfica es preciso conocer sobre las características que deben presentar la fase móvil y la fase estacionaria. La fase móvil es el o los disolventes que transporta la muestra a través de la columna. Las fases móviles para una cromatografía de fase normal son disolventes no polares como n-hexano, cloruro de metileno o cloroformo; mientras que en cromatografía de fase reversa los disolventes son polares tales como agua, metanol y acetonitrilo. Se sabe que un solo disolvente no provee una separación eficiente de un conjunto de compuestos, por lo cual una mezcla de dos o más disolventes es la que se utiliza. Se designa disolvente **A** al que posee menor fuerza de elución y disolvente **B** al que tiene una fuerza mayor; para la elección de los disolventes se toma en cuenta la selectividad y la retención de la columna y la polaridad del disolvente con el fin de obtener una separación completa de los compuestos.

Por otro lado la fase estacionaria es una columna empacada con un material adsorbente, las columnas típicas de cromatografía de líquidos son tubos de acero inoxidable empacadas micropartículas. La columna provee el medio de separación de una mezcla en sus componentes. La selectividad, la capacidad y la eficiencia dependerán de la naturaleza del material de empaque y el material de construcción. Los materiales de empaque son macropartículas de tamaño variable, forma y porosidad con las cuales va a interactuar la mezcla; la superficie de las partículas puede estar modificada física o químicamente para permitir cualquier modo de cromatografía, los materiales de construcción por lo general son materiales resistentes a la presión y a la interacción química con la fase móvil, estos materiales pueden ser acero inoxidable, vidrio, teflón y PEEK.

El tamaño del poro de las partículas del material de empaque proporciona la superficie con la cual va a interactuar la muestra, las partículas con tamaño de poro pequeño representan una gran superficie de contacto por lo tanto tienen una retención mayor que de tamaño de poro grande.

El tamaño de partícula del material de empaque determina el número de platos teóricos por unidad de longitud que pueden ser generados, las columnas que tienen partículas pequeñas tienen una alta eficiencia, así mismo si se empaqueta una columna de corta longitud se incrementa la eficiencia pero también se incrementa el tiempo de análisis.

Otros factores que se deben tomar en cuenta para la elección de una columna son el diámetro interno, la longitud y el material de construcción de la columna. El diámetro interno de la columna afecta en la capacidad de carga de la columna, la dilución del pico y la velocidad de flujo; entre mayor es el diámetro, la capacidad de carga y la velocidad de flujo también incrementan, sin embargo la sensibilidad disminuye. En cuanto a la longitud de la columna se tiene que con el incremento de la longitud se incrementa la eficiencia, sin embargo también aumenta el tiempo de análisis, las columnas tienen una longitud entre 30 y 300 mm. Los materiales de construcción de las columnas, como ya se mencionó deben ser resistentes a la interacción química con la fase móvil así como resistentes a las presiones utilizadas en HPLC que van de 900 a 3000 psi. Se deben tener ciertos cuidados durante el tiempo de vida de las columnas, los cuales son recomendados por el fabricante, entre estos cuidados se incluyen la velocidad de flujo, la máxima presión, el pH de la fase móvil, entre otros.

La temperatura es una magnitud que se considera en la separación cromatográfica y que juega un papel muy importante, ya que si la temperatura aumenta, la viscosidad de la fase móvil disminuye así como la contrapresión y el tiempo de retención de la muestra, a su vez se disminuye el tiempo de análisis, sin embargo esto conlleva a un decremento de la retención de la muestra y para tener el mismo desempeño de la columna se debe incrementar la velocidad de flujo para que la contrapresión de la columna sea la misma, por lo tanto el aumento de la temperatura lleva consigo la disminución del tiempo de análisis.

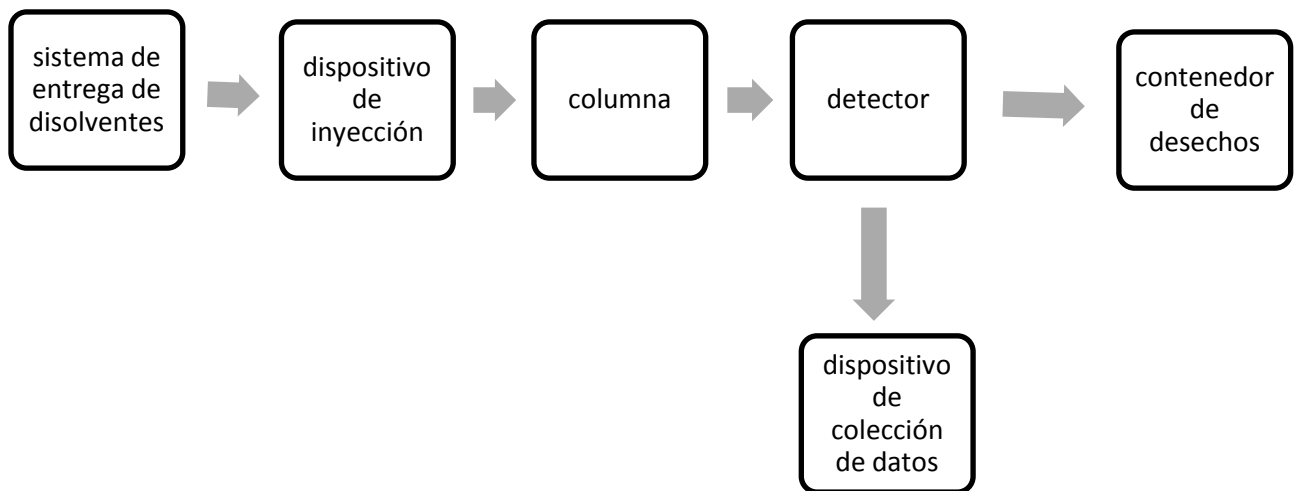
El pH es otro de los puntos clave en el desarrollo de una cromatografía, debido a que existe un gran número de compuestos químicos que contienen en su estructura grupos funcionales ácidos o básicos que pueden existir en solución tanto en forma ionizada como no ionizada; el grado de ionización que tiene un compuesto afecta la retención que tendrá la fase estacionaria, por lo tanto se requiere del uso de buffers para mantener un control sobre el pH de la fase móvil y favorecer la separación de analitos ácidos o básicos, los amortiguadores más utilizados son: fosfato, acetato, amonio, borato y dimetilamina.

3.4 Equipo

La cromatografía de líquidos de alta resolución es una técnica analítica muy amplia, tiene un excelente desempeño y confiabilidad, lo cual ha favorecido el desarrollo y mejoramiento de los equipos de cromatografía ya existentes.

Un equipo de CLAR consiste en una serie de módulos acoplados entre sí, los cuales son el sistema de entrega de disolventes, dispositivos de inyección, columnas, detector, contenedor de desechos y dispositivo de colección de datos, estos módulos forman un sistema, el cual puede ser clasificado como modular o integrado; el primero tiene cada uno de dichos módulos de manera separada apilados y conectados para funcionar como una unidad, mientras que en el sistema integrado los módulos están construidos como uno solo y comparten un tablero común de operación.

Los módulos o componentes básicos de un sistema de CLAR son los siguientes:



- **Sistema de entrega de disolventes.** Lleva la fase móvil a través del cromatógrafo de una manera exacta y reproducible; está formado principalmente por un depósito de disolventes, una o más bombas y un degasificador. Las bombas deben ser resistentes a la corrosión de los eluyentes utilizados, deben mantener la velocidad de flujo que puede ir de 1 $\mu\text{L}/\text{min}$ hasta más de 10 mL/min ; generalmente las bombas están construidas de acero inoxidable, sin embargo el titanio, teflón, cerámica o PEEK son utilizados para su fabricación. Por otro lado, los degasificadores son utilizados para eliminar gases disueltos en los disolventes, estos gases aparecen cuando los eluyentes son bombeados a través del sistema y la probabilidad aumenta cuando dos o más líquidos son mezclados y las microburbujas que presentan interfieren en buen funcionamiento del equipo y la velocidad de flujo de este. La eliminación de los gases disueltos se puede llevar a cabo con un degasificador de vacío externo en el cual se tiene a la fase móvil en un matraz al vacío con agitación en un sonicador; otro método consiste en burbujear un volumen definido de helio por minuto a los disolventes durante el tiempo que dura el análisis; otro método que existe y que se usa con mayor frecuencia es el degasificador al vacío en línea, en el cual los disolventes pasan a través de tubos con membranas semipermeables colocados en una cámara aislada por la que pasan las moléculas disueltas de oxígeno y nitrógeno para ser eliminadas.

- **Dispositivo de inyección.** Permite la introducción de un volumen preciso de muestra a la columna, la muestra en solución es introducida al cromatógrafo usando una jeringa de punta cuando la válvula está en posición LOAD, después la muestra es inyectada hacia la columna cambiando la posición de la válvula a INJECT.
- **Columna.** Proporciona el medio para separar una muestra en sus componentes; la sensibilidad, capacidad y eficiencia de la columna son afectadas por la naturaleza del material de empaque o material de construcción de la muestra. El tema fue tratado anteriormente.
- **Detector.** Los detectores monitorean los cambios en el afluente de la columna y los convierte en una señal eléctrica que es registrada en un sistema de datos. Se monitorea la concentración o masa de los analitos eluidos. El detector ideal tiene que ser versátil, sensible, debe tener la capacidad de monitorear los cambios en el afluente de la columna, respuesta linear, debe responder a todos o a la gran mayoría de los compuestos. Algunos detectores usados comúnmente en CLAR son: detectores de UV/Visible, de arreglo de diodos, detectores electroquímicos, de fluorescencia, refractométricos y de espectrometría de masas.
- **Contenedor de desechos.** Es un contenedor donde quedan las fases móviles utilizados para el desarrollo de un método la cromatográfico.
- **Dispositivo de colección de datos.** La muestra pasa a través del instrumento de detección y genera una señal que es registrada por la estación de datos. La señal es convertida en información cuantitativa o cualitativa, posteriormente se hace el análisis de los datos.

3.5 Preparación de la muestra

La preparación de una muestra se refiere al conjunto de técnicas utilizadas para extraer o enriquecer los analitos de esta con el fin de llevarlos a una forma susceptible a ser analizada ya que raramente se encuentran en una forma tal que puedan ser inyectadas directamente en el cromatógrafo. Las técnicas usadas para la preparación de las muestras incluyen la dilución, concentración, filtración, extracción líquido-líquido o con fase sólida, entre otras. Esta preparación puede hacerse de la siguiente manera:

- **Preparación fuera de línea:** para la preparación del material de análisis se emplea técnicas como filtración, dilución, adición de estándar, extracción y derivatización entre otras; las muestras que requieren este tratamiento previo son aquellas donde el analito de interés puede estar enmascarado por la presencia de altas concentraciones de sustancias que interfieren en el análisis y también en aquellas muestras de origen biológico donde se remueven las proteínas presentes. Esta preparación requiere de mayor cantidad de tiempo, además es más susceptible a errores del analista y/o contaminación de la muestra.

- **Preparación en línea:** En esta preparación generalmente se usan automuestreadores, los cuales inyectan la muestra automáticamente y pueden ser programados para realizar diluciones antes de la inyección. Se suele utilizar cuando ya se ha desarrollado y validado el método cromatográfico. Con esta preparación se reduce el número de pasos y de manos para la preparación de la muestra, se mejora la reproducibilidad del método.

3.6 Aplicaciones de la Cromatografía De Líquidos De Alta Resolución

La cromatografía de líquidos de alta resolución tiene diversas áreas de aplicación, solo por mencionar algunas se le puede encontrar en el control de calidad, en la investigación de nuevos compuestos, en estudios de ciencias ambientales, en el desarrollo de medicamentos, en la industria alimenticia y cosmética entre otros; a continuación se mencionaran algunos de los usos que tiene dentro del área del conocimiento del QFB, haciendo la aclaración que no son las únicas aplicaciones⁷.

- **Industria farmacéutica.** Dentro de la industria farmacéutica la CLAR es muy utilizada en el control de calidad de principios activos, materias primas y productos terminados; además que es utilizada en todas las etapas de desarrollo y producción de los preparados farmacéuticos. Así mismo también tiene aplicación dentro de los estudios de biodisponibilidad y bioequivalencia de medicamentos.
- **Diagnostico clínico.** En el campo del diagnostico clínico es utilizada la CLAR en la determinación de metabolitos inmersos en fluidos corporales como sangre, orina, saliva, etc., siendo de gran utilidad en la detección de enfermedades metabólicas, sustancias de abuso, medicamentos, etc⁸.
- **Investigación.** En laboratorios donde se realiza investigación encuentra la CLAR lugar en la separación, detección, identificación y cuantificación de diversos compuestos químicos de esta manera facilitando un mejor análisis. Se aplica en laboratorios dedicados a investigación médica, química, bioquímica, fitoquímica, etc.

3.7 Software educativo

Se entiende por software educativo a los programas por ordenador creados con la finalidad específica de ser utilizados para facilitar los procesos de enseñanza aprendizaje. Estos programas utilizan la computadora como soporte en la cual los alumnos realizan actividades propuestas, son interactivos y tienen una respuesta inmediata a las acciones de los estudiantes, se adaptan al ritmo de cada individuo, por lo general los conocimientos informáticos necesarios para utilizar el programa son mínimos a pesar de que cada programa tiene sus propias reglas de uso que es necesario conocer⁹.

Las funciones que desempeña el software dependen del uso y de la forma en que se utilice, así como las ventajas e inconvenientes que pueda presentar serán el resultado de las características del material, su adecuación al contexto educativo al que se aplica y de la manera en que el docente organice su utilización.

En la actualidad se cuenta con un sinfín de software educativo lo cual abre una amplia gama de posibilidades para introducir este tipo de programas en las aulas por lo que resulta de suma importancia conocer el material que se va a utilizar, sus características y posibilidades, además de la población a la cual esta dirigido de tal manera que se pueda elegir el mas conveniente.

Existen diversas formas de clasificar el software, la siguiente clasificación esta en función a la forma de utilizar las actividades que presentan cada uno^{10, 11}:

- Ejercitación. Se refiere a programas que intentan reforzar hechos y conocimientos que han sido analizados en una clase expositiva o de laboratorio. Su modalidad es pregunta respuesta.
- Tutorial. Esencialmente presenta información que se plasma en un dialogo entre el aprendiz y la computadora. Utiliza un ciclo de presentación de información respuesta a una o más preguntas o solución de un problema. Esto se hace para que la información presentada estimule al alumno a comprometerse en alguna acción relacionada con la información.
- Simulación. Son principalmente modelos de algunos eventos y procesos de la vida real, que proveen al aprendiz de ambientes fluidos, creativos y manipulativos. Normalmente las simulaciones son utilizadas para examinar sistemas que no pueden ser estudiados a través de experimentación real, debido a que involucra largos periodos, grandes poblaciones, aparatos de costo elevado o materiales con un cierto riesgo de manipulación.
- Juego educativo. Es muy similar a las simulaciones, la diferencia radica en que incorpora un nuevo componente: la acción de un competidor, el cual puede ser real o virtual.
- Material de referencia multimedia. Usualmente presentado como enciclopedias interactivas. La finalidad de estas aplicaciones reside en proporcionar el material de referencia e incluyen tradicionalmente estructura hipertexto con clips de video, sonido, imágenes, etc.
- Editores. El objetivo de estos productos no es dar respuesta a preguntas del usuario, sino dar un marco de trabajo donde el alumno pueda crear y experimentar libremente en un dominio gráfico o similar.
- Hiperhistoria. Es un tipo de software donde a través de una metáfora de navegación espacial se transfiere una narrativa interactiva. Su característica principal reside en que combina activamente

un modelo de objetos reactivos en un ambiente virtual navegable. Tiene cierta semejanza con videojuegos de aventuras

3.8 Evaluación del software educativo

Con el fin de asegurar que un software educativo es eficaz y facilita el logro de su objetivo requiere ser sometido a una evaluación para lo cual se toman en cuenta las siguientes características¹²:

- Facilidad de uso e instalación.
- Versatilidad (adaptación a diversos contextos).
- Calidad del entorno audiovisual.
- Calidad en los contenidos (información actualizada y correcta).
- Navegación e interacción.
- Capacidad de motivación.
- Adecuación a los usuarios y a su ritmo de trabajo.
- Fomento de la iniciativa y el autoaprendizaje.
- Documentación de instructivos para ejecutar el software (ficha resumen con sus características básicas, manual de usuario, guía práctica).

La técnica de evaluación que se utiliza con mayor frecuencia es la elaboración de un instrumento de observación, es decir, una cedula con preguntas acerca de los aspectos a considerar del programa. El profesor es quien llevara a cabo la evaluación del programa ya que el conoce a sus alumnos, circunstancias personales y sus necesidades de aprendizaje; debe ser cuidados no confundir calidad con cantidad, para conseguirlo debe interactuar con el programa de forma analítica y anotar sus observaciones¹³.

El cuestionario debe tener en cuenta los siguientes puntos:

- Experiencia por parte del profesor en el uso de computadoras
- Tiempo requerido para aprender a utilizar el software
- Utilidad de la información obtenida del software
- El contenido del software cumple con los objetivos establecidos
- Los elementos del software motivan continuar con su uso
- El software permite la retroalimentación
- Tiempo de respuesta del software
- Opinión de forma global sobre el software
- Integración de los elementos multimedia: texto, imagen, sonido, animación y video
- Mencionar fallas del software
- Experiencia obtenida sobre el uso del software en comparación con la enseñanza tradicional

Como ejemplo para la evaluación del software educativo se tiene el siguiente formato¹⁴:

3.9 Ficha de evaluación de aplicaciones multimedia

Nombre: _____

Grupo: _____

Asignatura _____

Curso: _____

Presentación:

Titulo:	
Autor y/o editor: Dirección web:	
Idioma	
Año de publicación (versión)	

Descripción general:

Usuarios a los que va dirigido:	
Tema:	
Descripción general:	
Objetivos:	
Contenidos:	

Catalogación

Tipo de aplicación multimedia:	<input type="checkbox"/> Informativa <input type="checkbox"/> Formativa	Tipo:
Teoría subyacente	<input type="checkbox"/> Conductismo <input type="checkbox"/> Aprendizaje por descubrimiento <input type="checkbox"/> Cognitivismo	<input type="checkbox"/> Procesamiento Información <input type="checkbox"/> Aprendizaje significativo <input type="checkbox"/> Constructivismo
Nivel de control:	<input type="checkbox"/> Cerrado <input type="checkbox"/> Semiabierto <input type="checkbox"/> Abierto	
Modo de uso	<input type="checkbox"/> Local (off-line) <input type="checkbox"/> Web (on-line)	
Contenido:	<input type="checkbox"/> General <input type="checkbox"/> Específico: _____	

Requisitos Técnicos					
Sistema Operativo					
Requisitos técnicos					
Características Técnicas/ Estéticas					
Grado de adecuación de:	Muy Inadecuado	Inadecuado	Normal	Adecuado	Muy adecuado
Sistema de instalación y puesta en marcha					
Componentes multimedia					
Procesamiento y presentación de la información (fluidez, rapidez,...)					
Entorno visual (calidad, sencillez, claridad y coherencia)					
Accesibilidad					
Estructura y sistema de navegación (sencillez, claridad y coherencia)					
OBSERVACIONES					

ADECUACIÓN COMO RECURSO PARA EL APRENDIZAJE O INTERVENCIÓN

Grado de adecuación de:	Muy Inadecuado	Inadecuado	Medio	Adecuado	Muy Adecuado
Los objetivos propuestos					
Los contenidos					
Las actividades					
Vocabulario					
Componentes multimedia					
Estrategias didácticas					
Seguimiento de las acciones del usuario					
Motivación y retroalimentación					
Sistema de evaluación					

DESCRIBE:

Habilidades cognitivas que desarrolla	
Destrezas manuales y/o procedimentales	
Actitudes.	

OBSERVACIONES:

--

Funcionalidad

Nivel de....	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Eficacia para el logro de los objetivos					
Relevancia de los aprendizajes					
Aportación metodológica					
Relación inversión-eficacia					

Observaciones (aspectos positivos y negativos):

--

Valoración Global:

--

3.10 Uso de simuladores como recurso para la enseñanza

El uso de simuladores es una herramienta ocasionalmente utilizada para la transferencia del conocimiento, sin embargo en los últimos años su uso se ha incrementado ya que presenta ciertas ventajas con respecto a la enseñanza tradicional que algunas veces limita el conocimiento del alumno ya sea por falta de un espacio disponible, falta de tiempo, altos costos de operación e instrumentación, entre otros factores.

Un simulador se define como un programa que contiene un modelo de algún aspecto del mundo que permite a estudiante cambiar ciertos parámetros o variables, ejecutar el modelo y obtener resultados; los simuladores son utilizados como una herramienta de apoyo para la trasmisión de conocimientos con el fin de incrementar la efectividad de la enseñanza y no tiene como objetivo el remplazo de los recursos humanos.

Antes de considerar el uso de un simulador se deben tomar en cuenta ciertos aspectos con el fin de que este cumpla con su cometido de la mejor manera posible, los aspectos a considerar son los siguientes¹⁵:

- **Características del simulador.** Deberá ser una representación gráfica fiel a la realidad donde los detalles tengan complejidad para permitir que sea utilizado como una herramienta de aprendizaje o investigación y que pueda ser trasladado a la vida real, los resultados se tendrán de una manera instantánea para que los procesos que llevan largo tiempo en la vida real puedan ser simulados en pocos minutos, también deberán ofrecer la posibilidad de mejorar la situación cuando el usuario se dé cuenta de algún error cometido durante la simulación, no deberá ofrecer una calificación del desempeño ya que no significa que el conocimiento haya sido adquirido, sin embargo esto resulta favorable cuando el simulador ya ha sido probado.
- **Características del usuario.** Los usuarios deberán ser capaces de entender y controlar el simulador en base a su inteligencia y conocimiento y no en base a un ensayo y error ya que de este modo no encontrarán sentido al simulador, la medida del desempeño puede ser engañosa ya que no refleja cuando el usuario ha aprendido o solo controla el simulador. Se deberán tomar en cuenta las preferencias en el estilo de aprendizaje de cada individuo ya que algunas personas tendrán mejor desempeño en el uso de simuladores que otras. El usuario deberá tener conocimiento previo del tema así como conocimiento sobre computadoras.
- **Situación de uso.** Se deberá informar claramente a los usuarios sobre el objetivo que tiene el uso del simulador además de los conocimientos y metas a alcanzar, se explicara que el simulador provee un ambiente seguro sin los riesgos reales que se presentan frente a ciertas situaciones estresantes, el usuario deberá dedicar tiempo al desarrollo de la simulación. El simulador deberá ser usado en complemento con otros métodos de enseñanza.

Los simuladores brindan un gran apoyo para la enseñanza cuando en las instalaciones de un laboratorio no se tiene un espacio adecuado para el desarrollo de un experimento, cuando el tiempo es insuficiente para realizar un procedimiento que requiere largo tiempo, si no se tienen al alcance el equipo e instrumentos

requeridos, si los costos de operación para un experimento son altos y se tiene un grupo de alumnos numeroso, o si se desea complementar la información recibida durante un curso teórico¹⁶. Otra de las ventajas que se tiene con el uso de simuladores es que ayudan al estudiante a ser más productivo en el laboratorio real por el hecho de llevar conocimiento previo del equipo o tema del cual se trata la clase, contribuyendo de esta manera que el alumno desarrolle una actitud de aprendizaje activa¹⁷.

Así como se tienen ventajas con el uso de simuladores, también existen ciertas desventajas tales como el alto costo que tiene el desarrollo de los simuladores y el precio de instalación que suele ser alto, lo cual resulta en una fuerte cantidad de dinero que no todas las instituciones educativas son capaces de solventar, la obtención rápida de resultados puede engañar al usuario y puede tener una falsa percepción del tiempo que tarda cierto procedimiento, no toda la gente prefiere este método de aprendizaje por lo cual habrá gente mas interesada que otra, si los conocimientos a alcanzar con el uso del simulador no son claros puede llevar al usuario al desinterés, al proveer ambientes seguros el usuario al estar en un situación real puede tomar decisiones erróneas al sentirse bajo estrés, al requerir tiempo para su uso el alumno puede cansarse o aburrirse rápidamente y abandonar el simulador¹⁸. Por otro lado se requiere de un breve tutorial para el uso del simulador, además de dejar en claro las actividades que se realizaran y los objetivos a conseguir pues de otra forma el alumno podría usar el simulador sin siquiera saber cual es el fin y por lo tanto no adquirir el conocimiento al que se desea llegar¹⁹.

3.11 Uso de simuladores como recurso para la enseñanza de cromatografía de líquidos

La cromatografía es un tema que en algunas ocasiones resulta engañosamente fácil de enseñar, ya que conceptos básicos tales como eluyentes, elusión, fase estacionaria, entre otros son enseñados y demostrados en el laboratorio, sin embargo existen conceptos más complejos que presentan un reto para el profesor mostrarlos al alumno en una manera tal que pueda comprender el significado y su aplicación.

La aplicación de la cromatografía en investigación y en las diversas áreas de la industria sugiere que su enseñanza efectiva es una parte fundamental en la formación académica del licenciado en química, la mejor manera de enseñar cromatografía sería permitirle al alumno realizar sus propios ensayos, sin embargo la disponibilidad de un equipo y recursos, número de alumnos y tiempo son algunos factores que limitan la enseñanza de cromatografía dentro de un curso tradicional.

A pesar de los impedimentos que se pudieran presentar para la enseñanza de cromatografía en el laboratorio, existe una gran variedad de herramientas disponibles que sirven como complemento de las actividades que no pueden ser realizadas en el laboratorio. Dentro de estas herramientas se encuentran disponibles ejercicios virtuales de cromatografía, simulaciones, hojas de cálculo y diversos recursos de acceso libre en línea; en los cuales se puede tener la opción de elegir la columna, fases móviles y cambiar variables con el fin de desarrollar separaciones cromatográficas nuevas sin la necesidad de disponer de un equipo¹⁹.

Los simuladores de HPLC han sido utilizados con el objetivo de que los estudiantes puedan utilizarlo para aprender y experimentar los principios básicos de la cromatografía. Los simuladores de HPLC ofrecen las ventajas de ser fáciles de usar, no existe el riesgo de dañar el equipo, no se requieren reactivos, además que proveen el resultado instantáneamente lo cual puede ser atractivo en comparación con un experimento real de HPLC. El uso de estos simuladores permite a los estudiantes explorar los principios fundamentales de la cromatografía de una manera más eficiente de lo que se podría hacer en el laboratorio²⁰.

Se encuentran disponibles diversos simuladores de HPLC tanto comerciales como aquellos que se encuentran de forma libre o a bajo costo (tabla 1)²¹.

TABLA 1. SIMULADORES PARA HPLC

COMERCIALES	LIBRES
DryLab (Molnar-Institute)	HPLCSIM (Comenius University Bratislava)
ACD/LC Simulator (Advanced Chemistry Development)	HPLC for windows (University of Wisconsin)
Tabla 1. ChromSword (Iris Tech)	HPLC Simulation (Colby College)
	Chromulator (Ohio University)
	Chromatographic separations (National and Kapodistrian University of Athens)
	OpenChrom (Universidad de Hamburgo)
	HPLC Simulator (University of Minnesota)

Algunas características generales que presentan los simuladores son las siguientes:

- **DryLab.** Este simulador incluye opciones para modificar las condiciones de gradiente, % de solventes, pH, fases móviles ternarias, fuerza iónica, uso de buffer, temperatura, fase normal y reversa; además cuenta con la opción para cambiar dimensiones de columna, tamaño de partícula y velocidad de flujo. Cuenta con un mapa de resolución en 3D que predice las condiciones optimas para modos en los cuales se modifican dos variables al mismo tiempo. Permite comparar una separación bajo diversas condiciones. Ofrece la posibilidad de entrenar personal ya que al mismo tiempo que se alteran las condiciones experimentales se observa el resultado inmediatamente, además que cuenta con un tutorial y ejemplos para el aprendizaje autodidacta. Las simulaciones pueden imprimirse con buena resolución²².
- **ChromSword.** Es un ambiente que ayuda al desarrollo de métodos cromatográficos de separación con un mínimo de experimentos, puede ser utilizado para optimizar separaciones de cromatografía de fase normal, fase reversa y de intercambio iónico. En base de pocos experimentos o con la estructura química de los compuestos se pueden simular diversos experimentos cromatográficos con varios

compuestos, varias columnas y eluyentes. Permite la combinación con diferentes instrumentos y sistemas de datos como por ejemplo Agilent ChemStation, Waters Empower, Dionex, etc²³.

- **HPLCSIM.** Es un programa de simulación por computadora de HPLC de fase reversa el cual fue desarrollado con propósitos de enseñanza. Presenta valores experimentales de retención de 75 compuestos orgánicos en una columna de fase reversa a cuatro porcentajes diferentes de solventes orgánicos; se puede tener control de un amplio rango de parámetros experimentales para la simulación. Este programa esta escrito en como una aplicación DOS y tiene resolución VGA, es compatible con Windows 2000 y Windows XP sin embargo en versiones de Windows mas recientes el programa presenta problemas para ser usado por lo cual a pesar de su potencial utilidad este software esta destinado a quedar obsoleto^{24,25,26}.
- **HPLC for Windows.** En este simulador se puede manejar un amplio rango de condiciones experimentales, sin embargo hace también énfasis en consideraciones prácticas de un equipo de HPLC real como por ejemplo asegurarse de encender el equipo antes de comenzar. Es un programa publicado en DOS. Utiliza gráficos a color de cada uno de los módulos del instrumento para dar la sensación de la operación del instrumento, consiste en seis módulos: preparación de la muestra, selección de solvente, selector de columna, detector, panel de control del instrumento y sistema de recolección de datos. el programa requiere de Windows 3.1 o posterior, sin embargo en versiones mas recientes el programa no puede ser utilizado debido a que no se puede abrir lo cual lo hace obsoleto²⁷.
- **HPLC Simulation.** Este programa se utiliza a partir de una interfase Web-cgi o de una entrada de comandos y una entrada de archivo. El simulador puede ser utilizado para modelar diversos tipos de separación cromatográfica: fase reversa, fase normal, intercambio iónico, interacción hidrofóbica e interacción hidrofílica²⁸.
- **Chromulator.** El requerimiento mínimo para ejecutar este programa es una computadora Pentium; tiene problemas de compatibilidad con Windows 7 por lo cual requiere que el programa sea instalado en modo seguro. Este simulador puede ser usado para modelar una elusión isocratica, se puede estudiar el efecto de varios parámetros en la cromatografía de líquidos por medio de la sobreposición de dos cromatogramas El uso de este programa es con fines académicos²⁹.
- **Chromatographic separations.** Este simulador se utiliza a partir de una interfase Web-cgi. El programa representa la separación de cinco componentes de una muestra, se puede experimentar con diferentes valores de coeficientes de distribución y numero de platos teóricos. En un grafico se observan zonas de movimiento a través de la columna cromatográfica mientras que en otro se visualiza la señal resultante³⁰.

- **OpenChrom.** Es un software de simulación de cromatografía que tiene como detector un espectrómetro de masas, su objetivo es ofrecer una plataforma flexible tanto para laboratorios como para propósitos de docencia. Este simulador está basado en una plataforma Eclipse RCP que se puede extender por medio de plug-ins. Los datos que se obtienen son de espectrometría de masas sin embargo está planeado que en futuro soporte otros detectores. El programa es capaz de importar cromatogramas de bases de datos como Agilent Technologies. Se encuentra disponible para diversos sistemas operativos: Windows, Linux, Mac OSX, Ubuntu³¹.

A continuación se presentan las características de los simuladores empleados en el desarrollo de este proyecto.

- **ACD/LC Simulator (ACD LABS).** Simulador comercial con el cual se puede predecir el pKa y el tiempo de retención de compuestos orgánicos para separaciones por cromatografía de líquidos, realiza análisis de optimización de cromatogramas obtenidos experimentalmente. Predice cromatogramas en función al pH, temperatura y sistema de elusión, construye mapas de resolución con el fin de evaluar el mejor método que se puede llevar al laboratorio³². El programa es capaz de importar archivos de varios proveedores de software, importa directamente los siguientes formatos: Agilent ChemStation; Dionex Chromeleon 6.0; PerkinElmer TotalChrom 6.1 or TurboChrom 4.0; Waters Empower, Empower 2, or Millennium32; ASCII; and NetCDF (AIA) y exporta en formatos ASCII or NetCDF.

Se pueden realizar reportes y guardarlos en formato pdf o copiarlos en otras aplicaciones como por ejemplo Microsoft Word o PowerPoint. Los requerimientos del sistema son procesador Pentium de no menos de 1 GHz, adaptador de gráficos con una resolución no menor de 800 por 600 con 256 colores, espacio en el disco entre 10 y 12000 MB dependiendo de los módulos adquiridos, mínimo Windows 2000 SP4 o XP Professional SP2 con 1200 MB o más de memoria RAM. El programa esta dirigido hacia laboratorios de desarrollo analítico, desarrollo de productos, laboratorios de manufactura; así como profesores que buscan una manera interactiva de enseñar a los estudiantes sobre cromatografía de líquidos³³.

- **HPLC Simulator.** Es un software libre distribuido sin costo bajo los términos de Creative Commons Attribution-Noncommercial-Share Alike 3.0 United States License y se encuentra disponible en <http://hplcsimulator.org> esta dirigido para cualquier persona interesada en la simulación de cromatografía de líquidos, este programa pretende hacer sencillo el aprendizaje de la relación que existe entre diferentes parámetros que intervienen en una separación cromatográfica, esta diseñado para ser de utilidad a estudiantes, profesores e investigadores y su propósito es únicamente educacional. En este simulador se pueden ajustar parámetros experimentales y observar su efecto sobre los parámetros cromatográficos como el tiempo de retención, eficiencia de la columna y presión; para realizar las simulaciones se cuenta con 22 compuestos químicos con los que además se pueden realizar mezclas, los parámetros que se pueden modificar son la composición de la mezcla a separar, la fase móvil, temperatura, velocidad de flujo, volumen de inyección y propiedades de columna. Se encuentran ejercicios disponibles en línea que pueden ser resueltos con el simulador; además existe una sección de ayuda dentro del mismo software la cual contiene información relacionada a conceptos básicos de cromatografía. Los cromatogramas generados se pueden copiar y pegar como imagen en archivos de Word³⁴.

Los requerimientos del sistema son tener instalado el programa JavaHelp versión 2 o posterior.

3.12 Propuesta del uso de simuladores para la enseñanza de hplc en FES Zaragoza

Para la enseñanza de HPLC dirigida a los alumnos de los últimos semestres de la carrera de QFB de la FES Zaragoza se propone hacer uso de simuladores de cromatografía de líquidos, con el cual se pretende que el alumno observe por medio de cromatogramas generados en simulación el efecto que tienen los diversos parámetros fisicoquímicos (temperatura, composición de la fase móvil, longitud de la columna, pH, etc.) en la separación cromatográfica, y de este modo comprenda de una mejor manera los conceptos básicos de la cromatografía de líquidos.

Como parte del proyecto PAPIME PE 203712 se propone la generación de cursos presenciales de cromatografía de líquidos que comprenden los siguientes temas:

- Bases de cromatografía
- Equipo de cromatografía de líquidos
- Preparación de muestras
- Análisis cuantitativo
- Resolución de problemas en CLAR

Para explicar los conceptos de cromatografía se hará uso del software de simulación HPLC Simulator y ACD/LS Simulator con los cuales se generaran cromatogramas y sobre ellos se dará la explicación pertinente al efecto y/o concepto que se desea ilustrar.

Haciendo uso de este recurso didáctico se pretende que el alumno logre visualizar conceptos que resultarían abstractos y difíciles de explicar y sobre todo de entender.

3.13 Fiabilidad y validez del cuestionario de diagnóstico

La obtención de información para este proyecto se realizo mediante el uso de cuestionarios, los cuales se pueden definir como instrumentos que sirven para la recopilación de datos, integrados por preguntas que solicitan información referente a un tema o problema del cual se quiere investigar y que es aplicado a un grupo de personas. Los cuestionarios se utilizan con dos propósitos básicos: descripción y medición de la información obtenida³⁵.

Para que la información recopilada por medio de cuestionarios sea confiable, estos deberán cumplir con dos criterios importantes los cuales son: fiabilidad y validez.

La fiabilidad del instrumento de medida esta presente cuando las medidas que se hacen con él carecen de errores de medida y son consistentes, esto es que un cuestionario será fiable si cada vez que se aplica a los mismos sujetos da el mismo resultado. La fiabilidad se refiere a la estabilidad de las mediciones cuando no existen razones teóricas ni empíricas para suponer que la variable a medir haya sido modificada diferencialmente para los sujetos, por lo que se asume su estabilidad, mientras no se demuestre lo contrario

Por otro lado la validez del instrumento se refiere al conjunto de pruebas y datos que han de recogerse para garantizar la pertinencia de tales inferencias. Para hallar la validez de un cuestionario se hace uso de los métodos y procedimientos habituales de la investigación científica.

La validez de los cuestionarios esta formada por tres bloques:

- Validez de contenido. Se refiere a la necesidad de garantizar que el cuestionario constituye una muestra adecuada y representativa de los contenidos que se pretende evaluar con él.
- Validez predictiva. Alude al grado de eficacia con el que se puede predecir o pronosticar una variable de interés (criterio) a partir de las puntuaciones de ese cuestionario.
- Validez concurrente. Cuando el cuestionario y el criterio se miden al mismo tiempo, concurrentemente.
- Validez de pronóstico. Cuando el criterio se mide un período de tiempo después del cuestionario.
- Validez retrospectiva. Se aplica el cuestionario un cierto tiempo después del criterio que se desea pronosticar. La validez retrospectiva se refiere al interés que puede tener en ocasiones el predecir desde el presente, mediante un cuestionario, algún aspecto del pasado (criterio) que actualmente no es accesible directamente, y sin embargo, constituye una información relevante.
- Validez de constructo. Se refiere a la compilación de evidencia empírica que garantice la existencia de un constructo psicológico en las condiciones exigibles a cualquier otro modelo o teoría científica.

IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La cromatografía de líquidos es una técnica analítica de uso común en nuestros días para el análisis de un sinfín de compuestos químicos; cabe señalar que los alumnos de la carrera de QFB de la FES Zaragoza no llevan un módulo en particular que involucre un curso actualizado en cromatografía de líquidos, por lo tanto se presenta una desventaja cuando los alumnos egresen al mercado laboral.

En algunas ocasiones se puede pensar que la falta de un equipo de cromatografía disponible en el laboratorio es una limitante para la enseñanza práctica, sin embargo existen herramientas de apoyo que permiten tener un acercamiento a la práctica sin tener un equipo al alcance, entre estos recursos se encuentran el software de simulación y hojas de cálculo entre otros. Por lo que es posible, la generación de cursos de cromatografía dirigidos a alumnos de la carrera de QFB de la FES Zaragoza en los cuales se haga uso de estos recursos, así mismo se propone la evaluación del impacto que tiene el curso en los alumnos con el fin de tener las bases suficientes para que estos cursos sean parte del apoyo extra clase que se ofrece a los alumnos.

V. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Proponer una alternativa de enseñanza de conceptos básicos de cromatografía de líquidos de alta resolución empleando software de simulación (HPLC Simulator y ACD/LC Simulator).

5.2 Objetivos específicos

- Recolectar información relacionada al conocimiento e interés sobre cromatografía de líquidos de los alumnos que cursan 7°, 8° y 9° semestres de la carrera de QFB de la FES Zaragoza por medio de un cuestionario *ex professo*.
- Evaluar por medio de un cuestionario el aprendizaje de los alumnos después de asistir al curso de cromatografía de líquidos.

VI. HIPÓTESIS

Se espera observar una mejoría en los conocimientos sobre cromatografía de líquidos en los alumnos de los últimos semestres de la carrera de QFB de FES Zaragoza al generar cursos sobre esta técnica analítica en los cuales se haga uso de software de simulación.

VII. DISEÑO EXPERIMENTAL

7.1 Tipo de estudio

- Experimental
- Prospectivo
- Longitudinal
- Comparativo

7.2 Población de estudio

Alumnos de la carrera de QFB asistentes al CURSO TEÓRICO-PRÁCTICO EN HPLC CON SOFTWARE DE SIMULACIÓN considerando una muestra de aproximada de 120 participantes

Criterios de inclusión

Alumnos que cursan el 7°, 8° y 9° semestres, así como egresados de la carrera de QFB de la FES Zaragoza

Criterios de exclusión

Alumnos que no hayan contestado totalmente el cuestionario de diagnóstico

Alumnos que no hayan asistido al 90% de las sesiones del curso

Criterios de eliminación

Alumnos que abandonaron el curso

7.3 Variables

Independiente

Conocimiento de los alumnos sobre:

Conceptos y definiciones básicos sobre cromatografía de líquidos

Componentes del equipo para cromatografía de líquidos

Nociones prácticas

Dependiente

Respuesta de los alumnos hacia el curso

Sugerencias hechas por los alumnos para mejorar el curso

7.4 Material y método

Material

- Cuestionario de diagnóstico sobre conocimientos en cromatografía
- Cuestionario de evaluación para el curso teórico-práctico en hplc con software de simulación
- Software de simulación para cromatografía de líquidos de código libre y comercial (HPLC Simulator y ACD/LC Simulator respectivamente)
- Computadora portátil con sistema operativo Windows 2000 o superior.

Método

Para este proyecto se planearon una serie de actividades que llevaron a la recopilación de información que demuestra que la generación de cursos de CLAR dirigidos a alumnos de los semestres terminales de la carrera de QFB de FES Zaragoza sirve como complemento a sus conocimientos de cromatografía.

Inicialmente se aplicó un cuestionario *ex professo* a alumnos que cursaban el 7°, 8° y 9° semestres con preguntas relacionadas al conocimiento de técnicas analíticas así como el interés para tomar un curso extra clase sobre cromatografía con la finalidad de recabar información suficiente para evidenciar la necesidad de generar cursos sobre cromatografía de líquidos. Además de analizar la información recabada se determino la fiabilidad y validez del instrumento aplicado.

Se diseñó el curso de conceptos básicos de cromatografía, se eligieron y evaluaron los software a utilizar como apoyo a la enseñanza (HPLC Simulator y ACD/LC Simulator), para lo cual se utilizó como guía el formato de la página 18.

Se diseñó un cuestionario de diagnóstico para evaluar el conocimiento de los alumnos con respecto a la cromatografía de líquidos; el cuestionario fue aplicado al inicio y al final del curso.

El instrumento inicial consta de 11 preguntas con respuesta cerrada a un si o no, y un espacio para ampliar la respuesta en caso de responder afirmativamente. Los temas que abarca el cuestionario son muy específicos a conceptos de cromatografía de líquidos y sus aplicaciones.

El instrumento final además de constar de las mismas 11 preguntas que el cuestionario inicial se agregó una pregunta referente a como considera el alumno que se maneja el contenido del curso, y una sección para sugerencias para mejorar los cursos.

Se impartieron dos cursos de cromatografía de líquidos, los cuales tuvieron duración de cinco sesiones de dos horas por semana cada uno. En dichos cursos se hizo uso de los software de simulación: HPLC Simulator y ACD/LC Simulator como herramienta para explicar conceptos teóricos de cromatografía.

Con la información obtenida se construyó una base de datos que posteriormente fue utilizada para realizar un análisis estadístico y analizar si la mejoría en los conocimientos es significativa o no.

7.5 Diseño estadístico

Con los cuestionarios debidamente contestados se procederá a la generación de una base de datos para realizar diversas pruebas estadísticas:

- Validez del instrumento
- Fiabilidad del instrumento
- Análisis descriptivo de la muestra
- Análisis estadístico para la diferencia significativa entre antes y después del curso

VIII. RESULTADOS

8.1 Validación del cuestionario de diagnóstico para evaluar el conocimiento de los alumnos sobre cromatografía de líquidos

Con la finalidad de contar con información confiable para la elaboración de este proyecto se realizó la validación del CUESTIONARIO DE DIAGNÓSTICO PARA EVALUAR EL CONOCIMIENTO DE LOS ALUMNOS SOBRE CROMATOGRAFÍA DE LÍQUIDOS aplicado a los alumnos de la carrera de QFB de FES Zaragoza de 7°, 8° y 9° semestres.

Para la validación del cuestionario se realizó prueba de fiabilidad y validez con el programa SPSS versión 20.

- **Fiabilidad**

Para la prueba de fiabilidad del cuestionario se encontró que el valor para alfa de Cronbach es de 0.662 por lo cual el instrumento se considera aceptablemente confiable. (Tabla **estadísticos confiabilidad 1** en anexos)

Para confirmar la fiabilidad del instrumento se hizo un análisis de dos mitades del cuestionario teniendo para los primeros 5 elementos el valor de alfa de Cronbach es de 0.588 mientras que para los 5 restantes es de 0.473, con dichos valores se puede observar que con ambas partes del instrumento se obtiene información confiable y son equivalentes. (Tabla **estadísticos confiabilidad 2** en anexos).

También se encontró que los elementos del instrumento que tienen mayor correlación con el resto del cuestionario (valor mayor a 0.3) se refieren a la necesidad que se tiene de generar cursos de cromatografía y cromatografía de líquidos en el intersemestre, además de la disposición que tienen los alumnos para dedicar tiempo a un taller complementario de cromatografía de líquidos. (Ver tabla **estadísticos total-elemento** en anexos).

- **Validez**

Para la prueba de validez del instrumento se realizó un análisis de factores, con el cual se encontró que la mayoría de los elementos del cuestionario son pertinentes y que la información que se obtiene tiene relación entre sí; a excepción de la pregunta que se refiere a la necesidad de un curso de química analítica previo al de cromatografía donde se podría intuir que quienes respondieron no están seguros de la necesidad de conocer de química analítica para entender cromatografía. (Tabla **Comunalidades**, anexos).

Por otro lado se tiene que la información obtenida a partir del cuestionario es explicada en un 58% mediante las tres primeras preguntas, este valor aumenta conforme aumenta el número de elementos, por lo tanto se puede decir que el cuestionario está construido de una forma tal que con todos sus elementos se tiene información válida para los fines del estudio. (Ver tabla **Varianza total explicada** columna de Kaiser, en anexos).

Con el fin de conocer el grado de relevancia que tuvo cada pregunta del cuestionario se construyó una tabla de matriz de componentes rotados a partir de un análisis Varimax donde se observa que para los alumnos lo que más les importa es “la generación de cursos tanto de cromatografía y cromatografía de líquidos en el intersemestre” (valor de 0.82 y 0.79 respectivamente), le sigue en importancia que los alumnos “están dispuestos a invertir horas en un taller complementario sobre cromatografía de líquidos” (0.66), le sigue en importancia el que ellos “creen que es necesario incluir un apartado de cromatografía dentro del programa de

desarrollo analítico donde se haga uso de software de simulación como apoyo a la enseñanza del tema” (0.65). De misma tabla se puede apreciar que los alumnos consideran que “la cromatografía de líquidos de alta resolución es una herramienta indispensable dentro de la formación del QFB” (0.52). Ver tabla **Matriz de componentes rotados** en anexos).

8.2 Validación del cuestionario para evaluar el aprendizaje de los alumnos asistentes al curso teórico-práctico en HPLC con software de simulación

Con la finalidad de contar con información confiable para la elaboración de este proyecto se realizó la validación del CUESTIONARIO PARA EVALUAR EL CONOCIMIENTO DE LOS ALUMNOS SOBRE CROMATOGRFÍA DE LÍQUIDOS aplicado a los alumnos de la carrera de QFB de FES Zaragoza asistentes al curso de teórico – práctico en HPLC con software de simulación.

Para la validación del cuestionario se realizó prueba de fiabilidad y validez con el programa SPSS versión 20.

- **Fiabilidad**

Para la prueba de fiabilidad del cuestionario se encontró que el valor para alfa de Cronbach es de 0.702 por lo cual es instrumento se considera confiable. (Tabla **estadísticos confiabilidad 3** en anexos)

Para determinar la consistencia interna del instrumento se hizo un análisis de dos mitades teniendo para los primeros 6 elementos el valor de alfa de Cronbach es de 0.430 mientras que para los 5 restantes es de 0.793, con dichos valores se puede observar que con ambas partes del instrumento se obtiene información confiable y son equivalentes. (Tabla **estadísticos confiabilidad 4** en anexos).

Los elementos que conforman el cuestionario están correlacionados entre si al presentar valores de alfa de Cronbach mayores de 0.3 . (Ver tabla **estadísticos total-elemento 2** en anexos).

- **Validez**

Para la prueba de validez del instrumento se realizó un análisis de factores, con el cual se encontró que la mayoría de los elementos del cuestionario son pertinentes y que la información que se obtiene tiene relación entre si; a excepción de la pregunta que se refiere a los perfiles de solubilidad con respecto al pH con lo cual se puede intuir que los alumnos desconocen la aplicación de estos perfiles en cromatografía. (Tabla **Comunalidades 2**, anexos).

Por otro lado se tiene que la información obtenida a partir del cuestionario es explicada en un 76% mediante las cuatro primeras preguntas, este valor aumenta conforme aumenta el número de elementos, por lo tanto se puede decir que el cuestionario está construido de una forma tal que con todos sus elementos se tiene información válida para los fines del estudio. (Ver tabla **Varianza total explicada 2**, en anexos).

Con los resultados obtenidos de las pruebas de fiabilidad y validez se tiene la seguridad que la información generada con el cuestionario es confiable y pertinente.

8.3 Resultados del cuestionario para evaluar el aprendizaje de los alumnos asistentes al curso teórico-práctico en hplc con software de simulación

8.3.1 CURSO 1

1.- ¿Conoce que es un diagrama de distribución de especies y su aplicación?

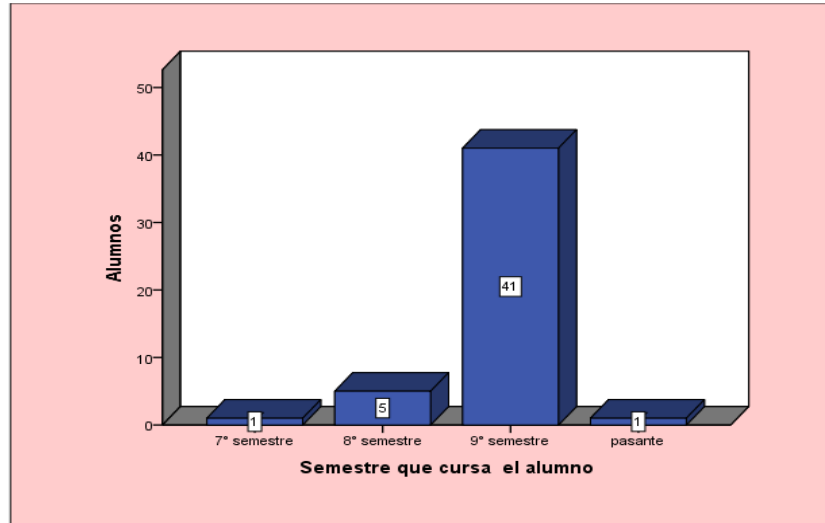


Gráfico 1.

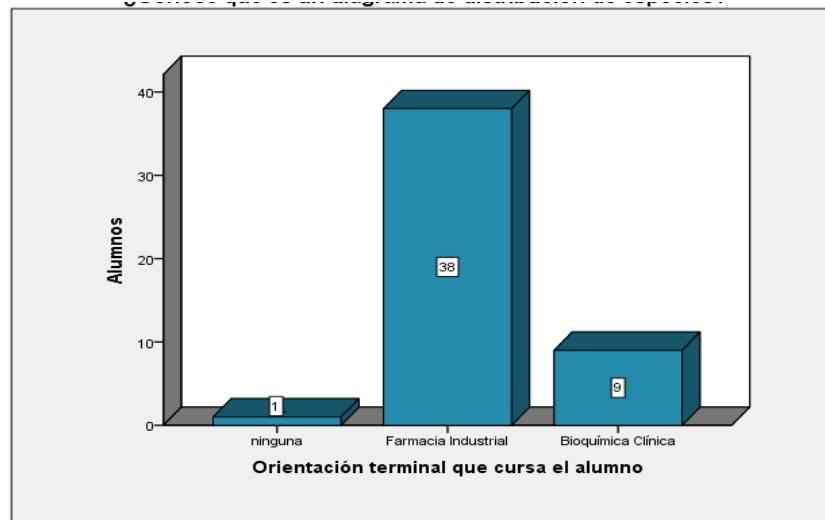


Gráfico 2.

Frecuencia de alumnos que conocen que es un diagrama de distribución de especies y su aplicación al inicio del curso.

En ambos gráficos se puede apreciar que los alumnos asistentes al curso de CLAR no saben que es un diagrama de distribución de especies, y por lo tanto tampoco conocen su aplicación. Se puede intuir que el desconocimiento sobre tema es general en todos los alumnos al inicio del curso y no tiene relación con el semestre o con el área terminal que cursa el alumno.

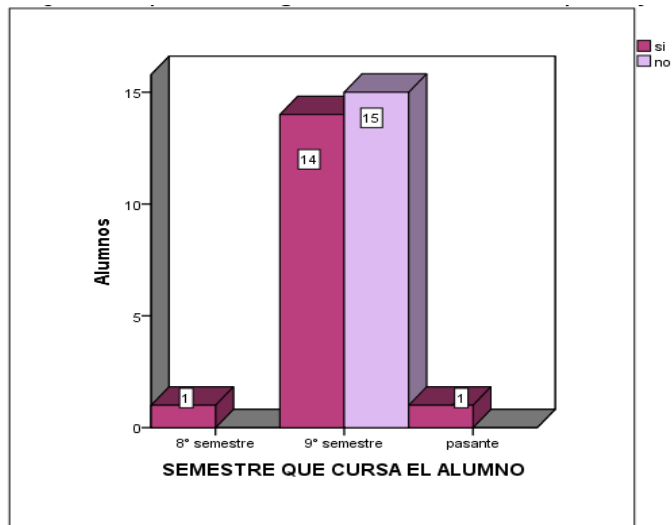


Gráfico 3.

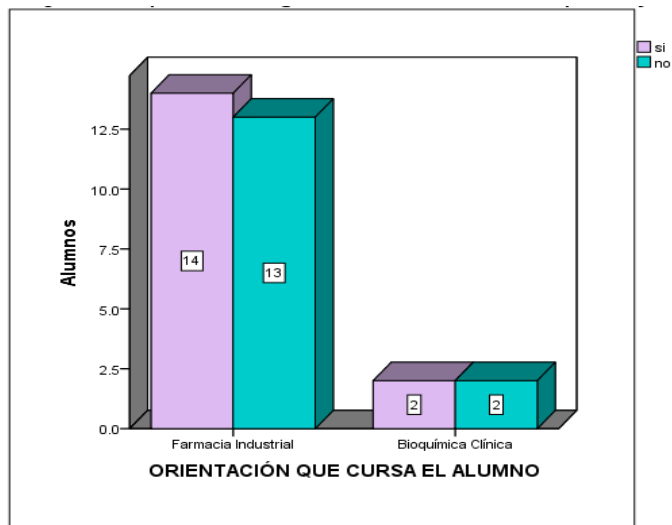


Gráfico 4

Frecuencia de alumnos que conocen que es un diagrama de distribución de especies y su aplicación al final del curso.

Los gráficos 3 y 4 muestran que más de la mitad de los asistentes al curso conocen que es un diagrama de distribución de especies, sin embargo aun hay alumnos que indican no conocerlo; se observa que hay una mejoría del conocimiento con respecto al inicio del curso (gráficos 1 y 2) donde la totalidad de los asistentes afirma no tener conocimiento sobre el tema. La mejoría se observa por semestre y área.

2.- ¿Podrías obtener un perfil de solubilidad con respecto al pH? ¿Conoces su aplicación en cromatografía?

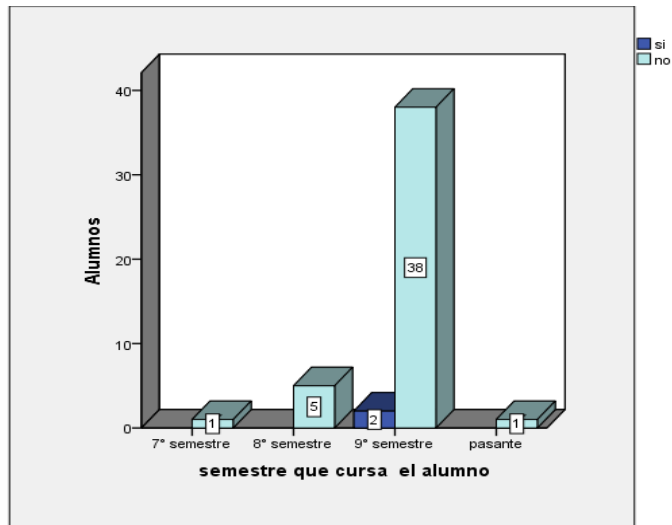


Gráfico 5.

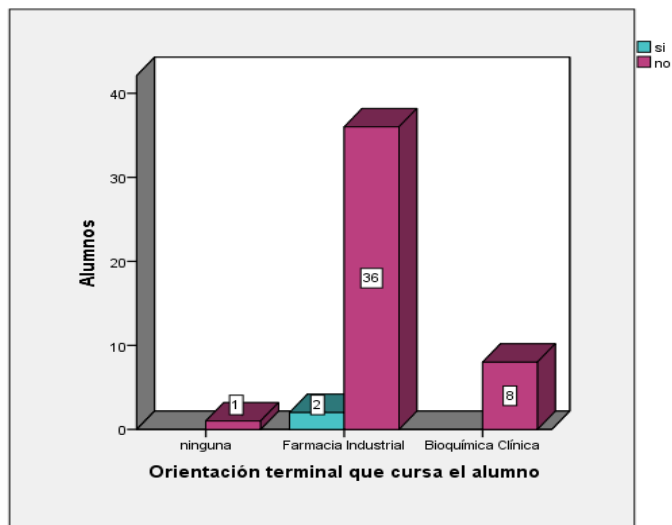


Gráfico 6.

Frecuencia de alumnos que conocen como obtener un perfil de solubilidad con respecto al pH y su aplicación en cromatografía al inicio del curso.

Los gráficos muestran que la mayoría de los alumnos no sabe cómo obtener un perfil de solubilidad ni su aplicación en cromatografía al inicio del curso. Además la mayoría de quienes afirman que saben como hacerlo pertenecen al área terminal de Farmacia Industrial.

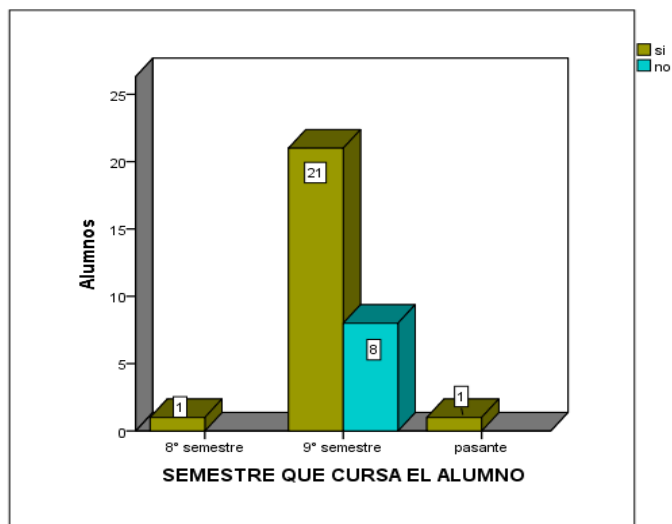


Gráfico 7

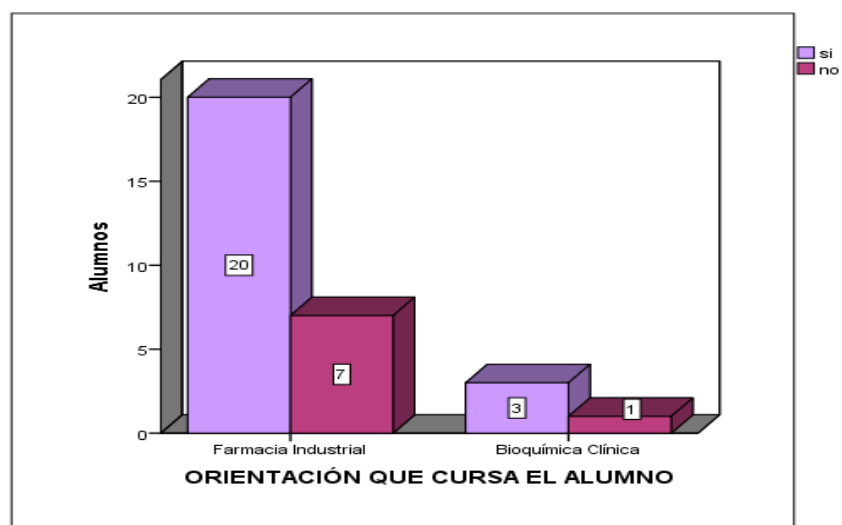


Gráfico 8

Frecuencia de alumnos que conocen como obtener un perfil de solubilidad con respecto al pH y su aplicación en cromatografía al final del curso.

En los gráficos 7 y 8 se muestra que la mayoría de los alumnos afirma ser capaces de obtener perfiles de solubilidad con respecto al pH, mientras que al inicio del curso solo dos personas afirmaron que podrían obtener dichos perfiles (gráfico 5 y 6), con lo cual se observa que al tomar el curso los asistentes recordaron o adquirieron el conocimiento sobre el tema.

3.- ¿Has realizado el diseño de un método cromatográfico?

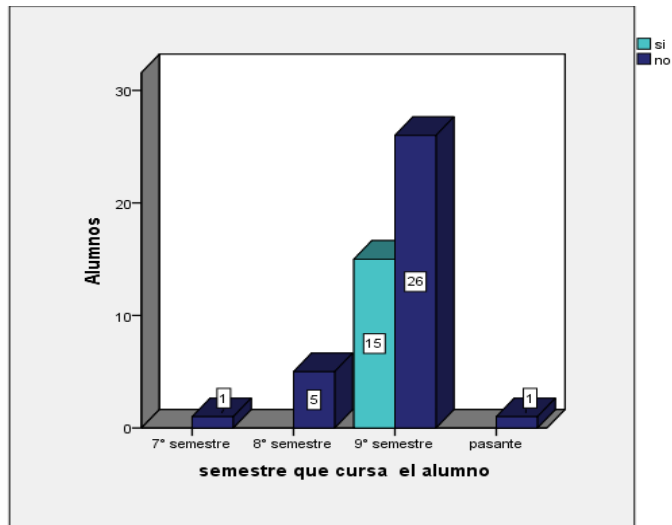


Figura 9.

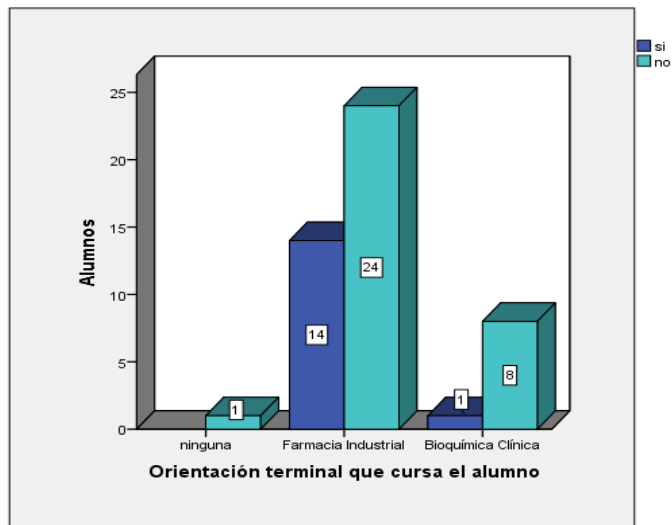


Figura 10

Frecuencia de alumnos que han desarrollado un método cromatográfico al inicio del curso.

La mayoría de los alumnos encuestados afirma que no ha realizado el diseño de un método cromatográfico, sin embargo solo 15 alumnos afirman que lo han hecho; además de ser quienes cursan el 9° semestre de la carrera de QFB. La mayoría de los alumnos que han desarrollado métodos cromatográficos cursan el área de Farmacia Industrial, con lo cual se puede percibir que existe una relación entre el área que cursa el alumno y el contacto que tiene con la cromatografía.

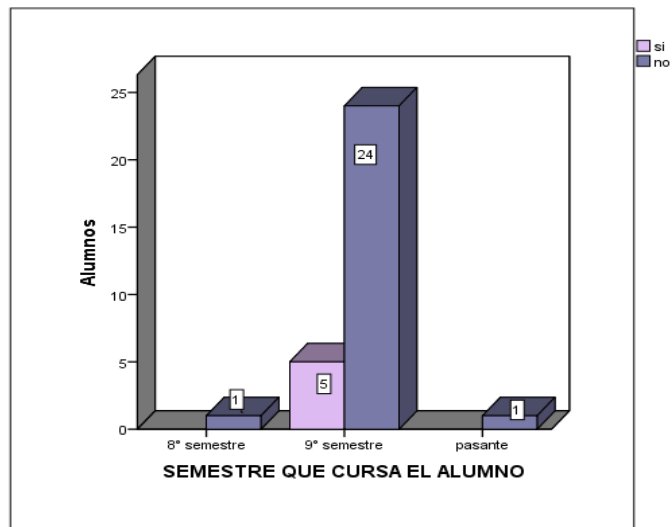


Figura 11.

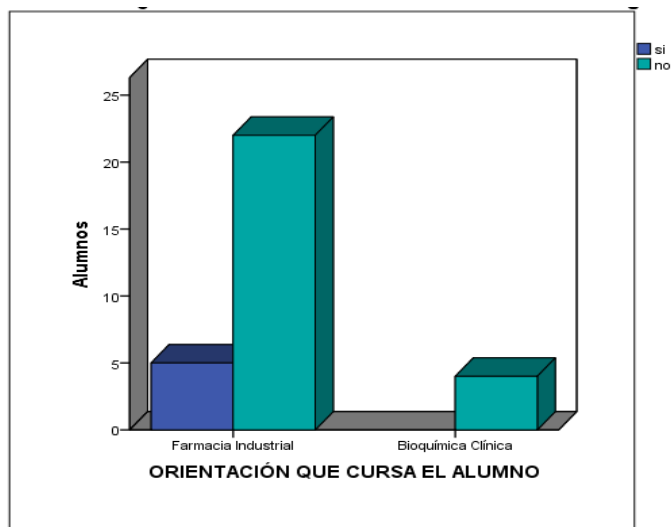


Figura 12.

Frecuencia de alumnos que han desarrollado un método cromatográfico al final del curso.

En los gráficos 11 y 12 se aprecia que una pequeña porción de los alumnos no han desarrollado un método cromatográfico, quienes afirman que lo han hecho pertenecen al área de Farmacia Industrial. Los resultados para esta pregunta se mantienen con respecto al inicio del curso (gráfico 9 y 10) ya que durante el mismo no se diseñaron métodos cromatográficos, sin embargo resultaría de gran utilidad que se realizara el diseño de un método cromatográfico al menos de manera teórica como parte del curso.

4.- ¿Conoces cuáles son las características que debes conocer en una columna cromatográfica?

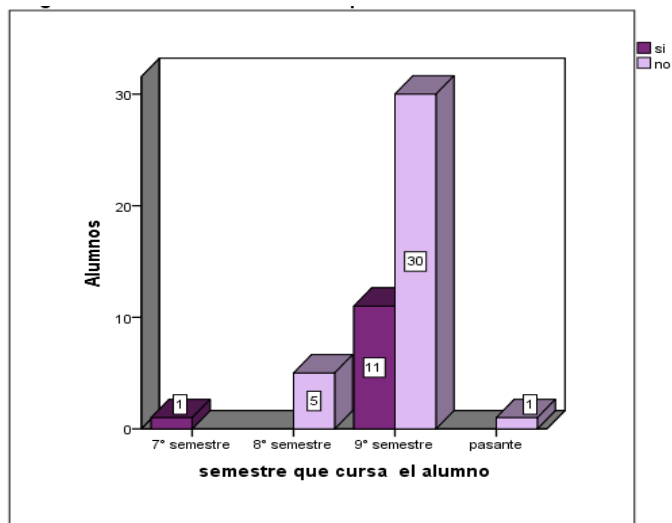


Gráfico 13.

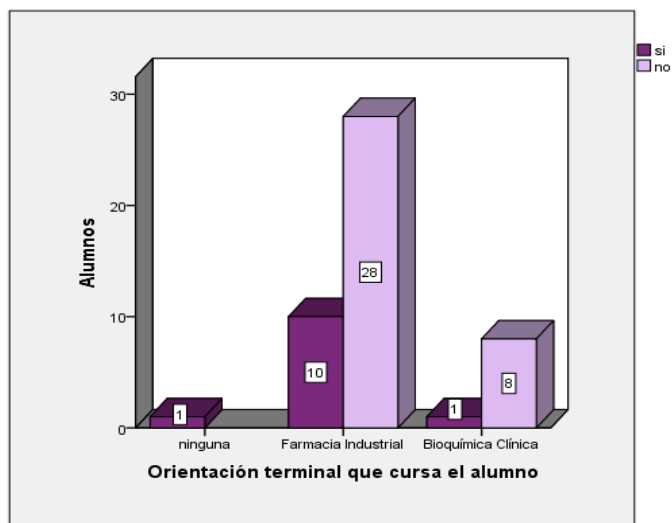


Gráfico 14.

Número de alumnos que conocen las características principales de una columna cromatográfica al inicio del curso.

Se observa que al inicio del curso de CLAR la mayoría de los alumnos no conoce las características que debe considerar al utilizar una columna cromatográfica, de quienes conocen las características de la columna son alumnos de 9° semestre de la carrera, sin embargo no hay una relación entre el semestre y el conocimiento sobre el tema (gráfico 13).

Los alumnos que conocen sobre las características de una columna cromatográfica se ubican en su mayoría en el área de Farmacia Industrial, el resto se encuentra distribuido en Bioquímica Clínica y en semestres previos a los terminales (gráfico 14). Se puede intuir que no hay una relación entre el área del alumno y su conocimiento del tema.

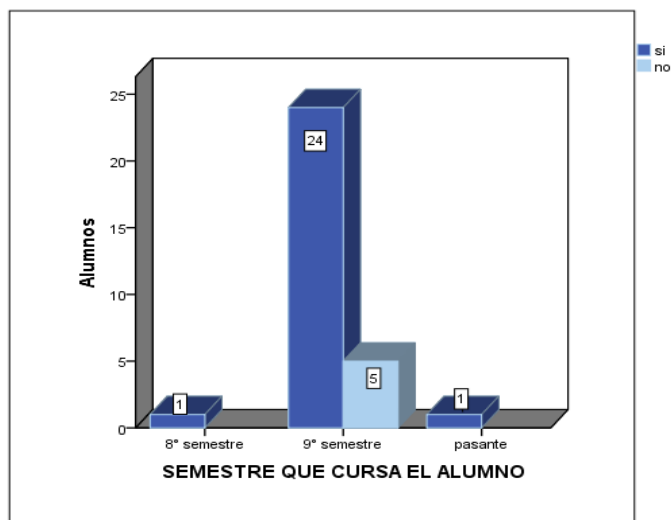


Gráfico 15

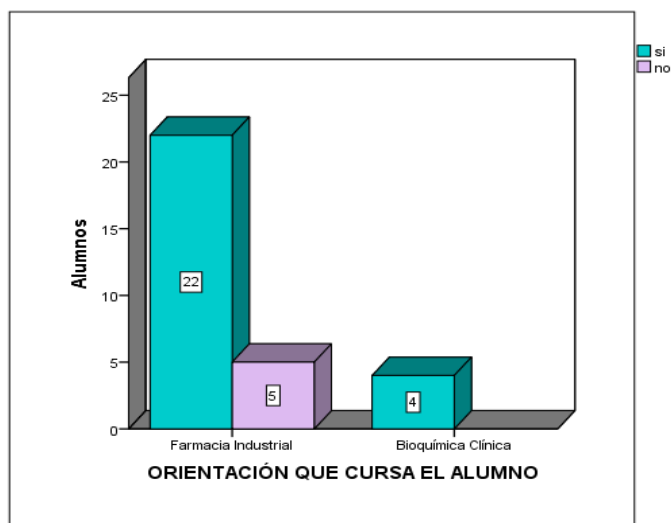


Gráfico 16

Número de alumnos que conocen las características principales de una columna cromatográfica al final del curso.

Se observa en los gráficos 15 y 16 que la mayoría de los alumnos conoce las características que se debe conocer sobre una columna cromatográfica, al inicio del curso (gráficos 13 y 14) la minoría de los alumnos afirmo saber las características, con estos resultados se aprecia que el contenido del curso aporato al conocimiento de los asistentes.

5.- ¿Conoces la ecuación de la resolución que es función de las variables de selectividad, retención y eficiencia?

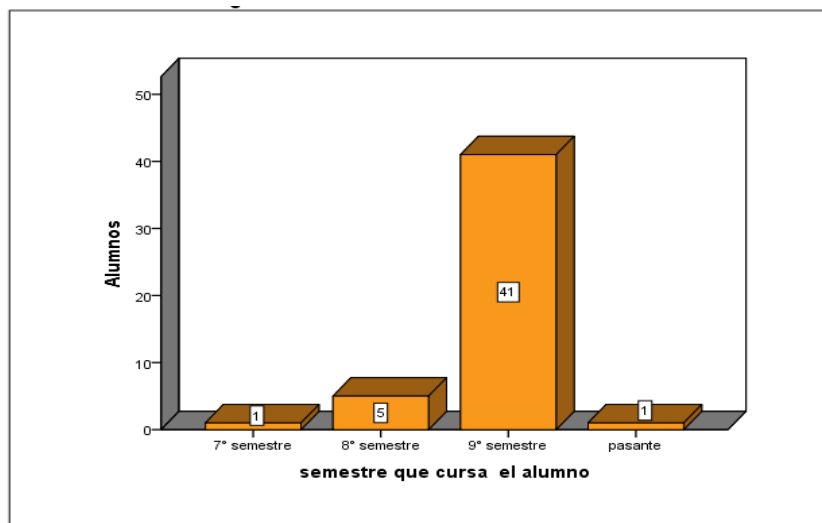


Gráfico 17

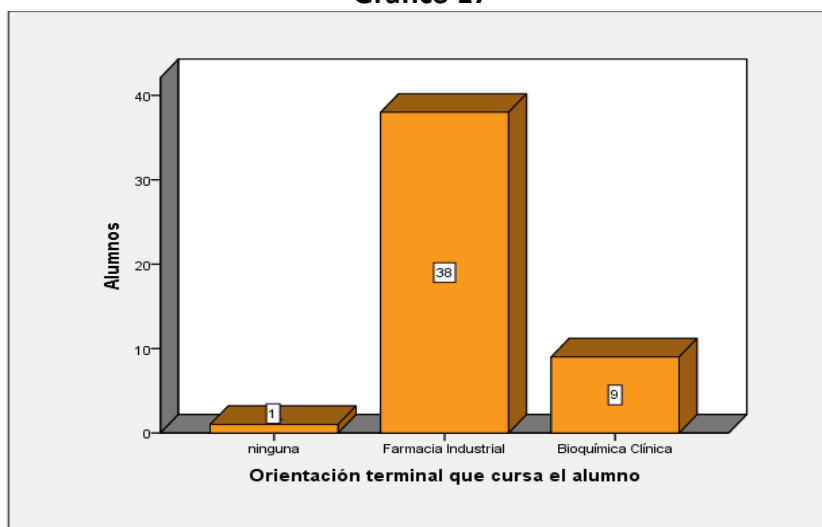


Gráfico 18

Frecuencia de alumnos que conocen la ecuación de resolución en función de selectividad, retención y eficiencia al inicio del curso.

En los gráficos 17 y 18 se observa que al inicio del curso los alumnos no conocen la ecuación de la resolución cromatográfica. No hay relación entre el semestre y/o área que cursan los alumnos con el desconocimiento que tienen sobre el tema.

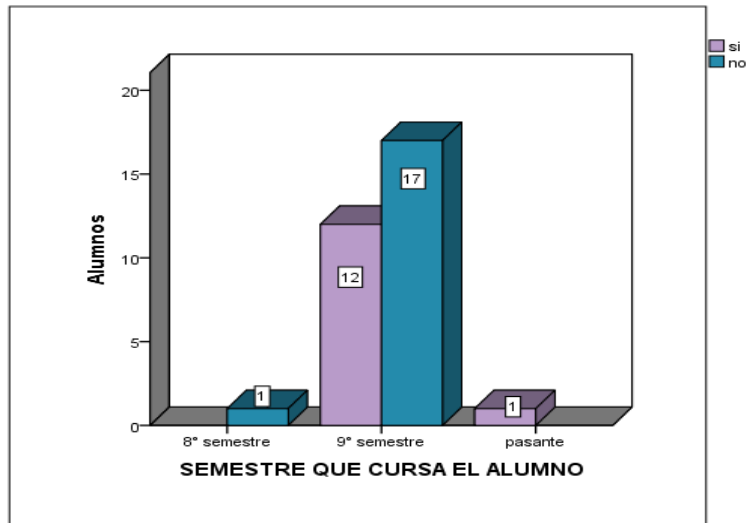


Gráfico 19

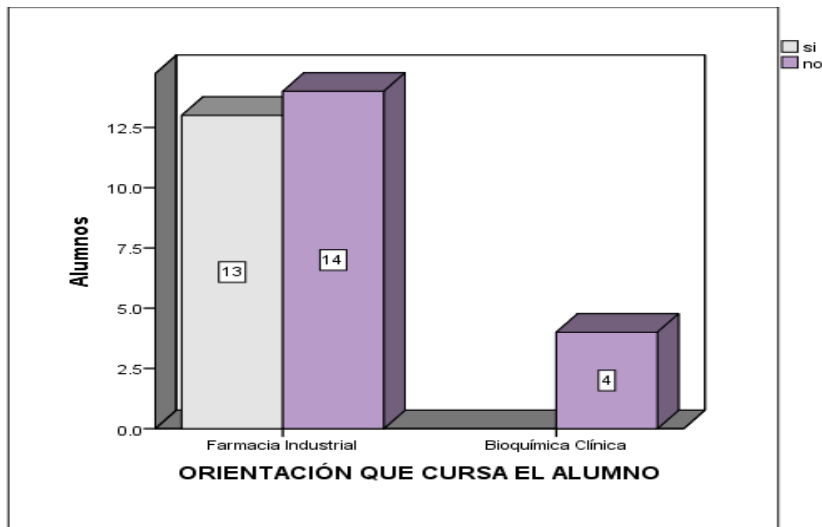


Gráfico 20

Frecuencia de alumnos que conocen la ecuación de resolución en función de selectividad, retención y eficiencia al final del curso.

En los gráficos 19 y 20 se observa que la mayoría de los alumnos afirma conocer la ecuación de resolución, sin embargo en los cuestionarios la mayoría indica conocer la ecuación no la recuerda en el momento; en comparación con el inicio del curso se observa un avance en el conocimiento de los asistentes (Figura 18 y 17).

6.- ¿Sabes que es la eficiencia cromatográfica y su simbología?

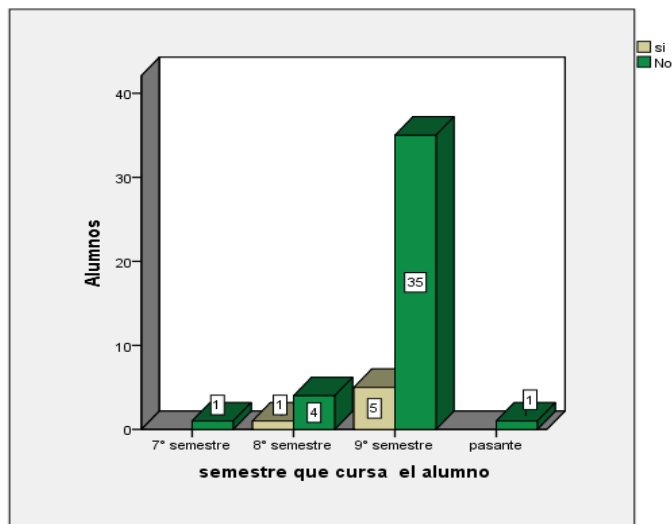


Gráfico 21

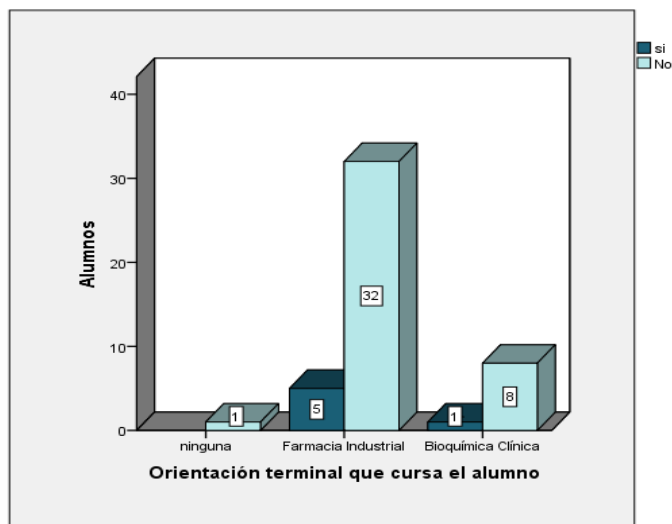


Gráfico 22

Frecuencia de alumnos que saben que es la eficiencia cromatográfica al inicio del curso.

En el gráfico 21 se observa que la mayoría de los asistentes al curso desconoce a que se refiere el término de eficiencia cromatográfica, no se observa relación entre el semestre que cursa el alumno y el conocimiento que tiene sobre el tema.

El gráfico 22 muestra que la mayoría de quienes afirman conocer el término de eficiencia cromatográfica cursan el área de farmacia industrial, sin embargo el número es pequeño por lo que no se puede decir que existe una relación entre el conocimiento del tema y el área que cursa el alumno.

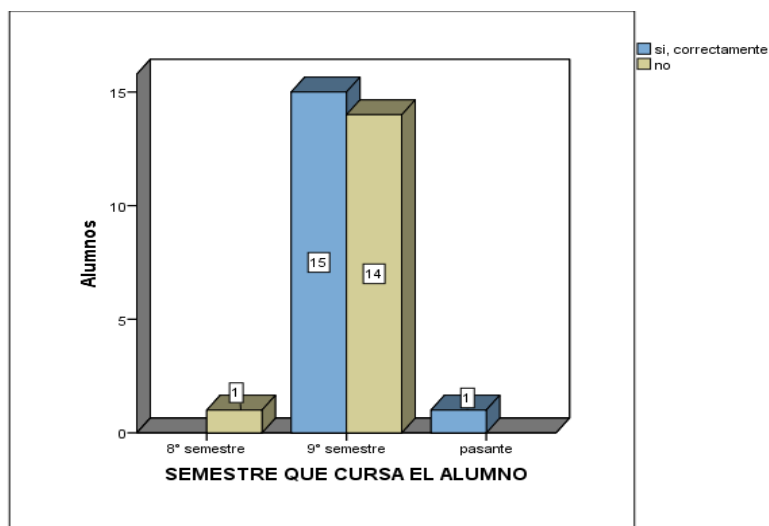


Gráfico 23

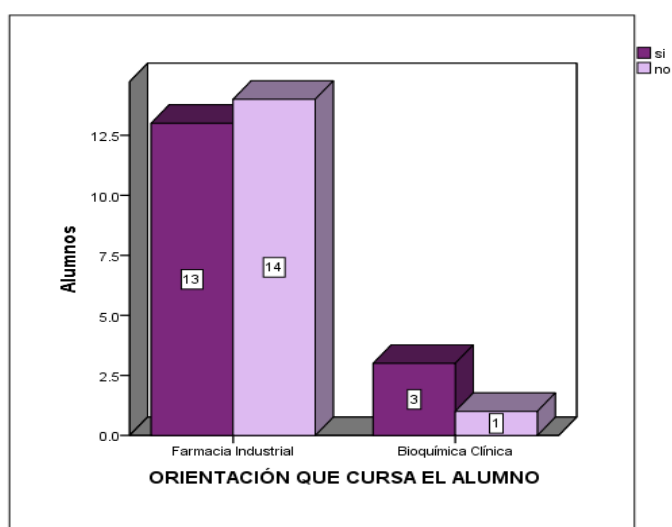


Gráfico 24

Frecuencia de alumnos que saben que es la eficiencia cromatográfica al final del curso.

Las figuras 23 y 24 muestran el número de alumnos quienes afirman saber que es la eficiencia en cromatografía, también se observa que la mitad de los asistentes dice no saberlo probablemente requieran de un curso de mayor duración para afirmar los conceptos; a pesar de los resultados finales se aprecia una mejora con respecto al inicio del curso donde la mayoría desconoce a que se refiere el termino (figuras 21 y 22).

7.- ¿Sabes que es selectividad cromatográfica y su simbología?

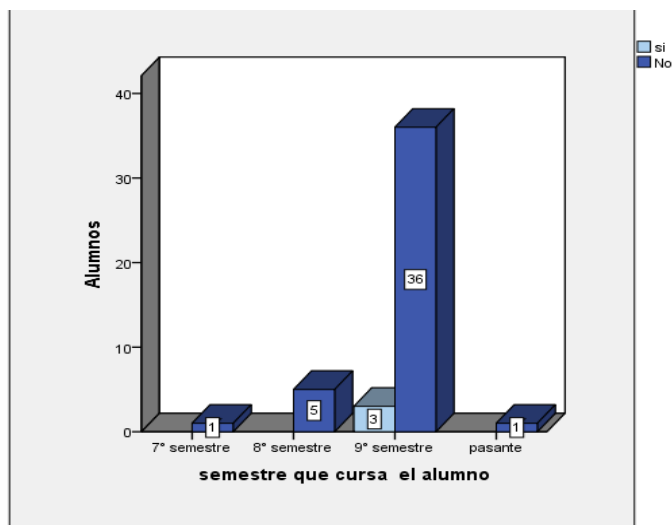


Gráfico 25

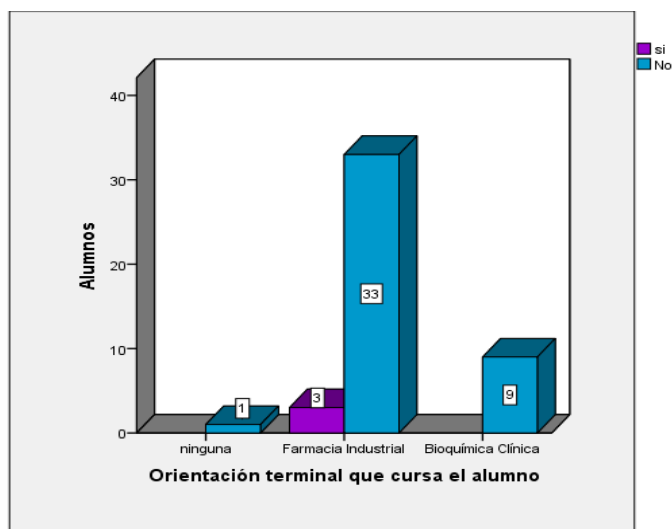


Gráfico 26

Frecuencia de alumnos que saben que es la selectividad cromatográfica al inicio del curso.

La mayoría de los asistentes al curso desconoce que es selectividad cromatográfica, un número pequeño indica saber a qué se refiere el término y se encuentran cursando el 9° semestre de la carrera de QFB (gráfico 25) . Se observa que los alumnos que saben que es selectividad cursan el área de farmacia industrial, sin embargo es un número pequeño por lo que no se puede indicar que hay relación entre el área que cursa el alumno y su conocimiento sobre el tema (gráfico 26).

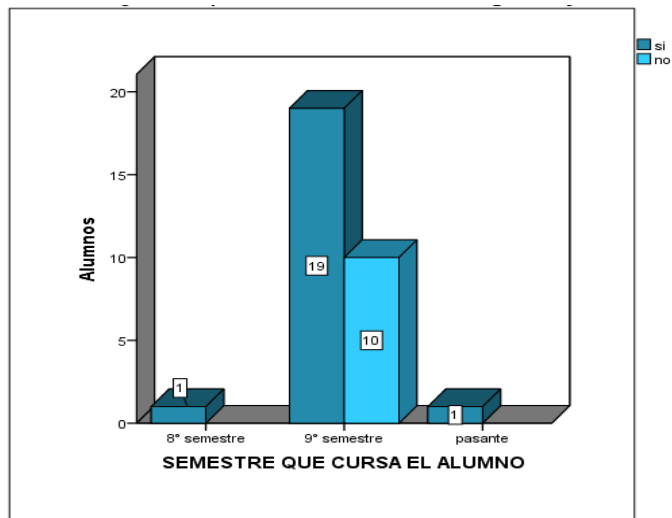


Gráfico 27.

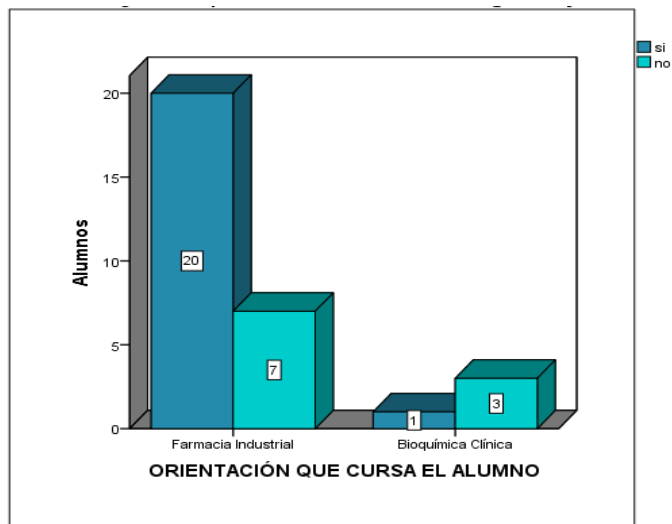


Gráfico 28

Frecuencia de alumnos que saben que es la selectividad cromatográfica al final del curso.

Se aprecia en las figuras 27 y 28 que la mayoría de los alumnos afirma saber a que se refiere la selectividad en cromatografía, se observa mejoría con respecto al inicio del curso donde solo 3 personas afirmaron conocer sobre el tema (figuras 25 y 26).

8.- ¿Sabes que es retención cromatográfica y su simbología?

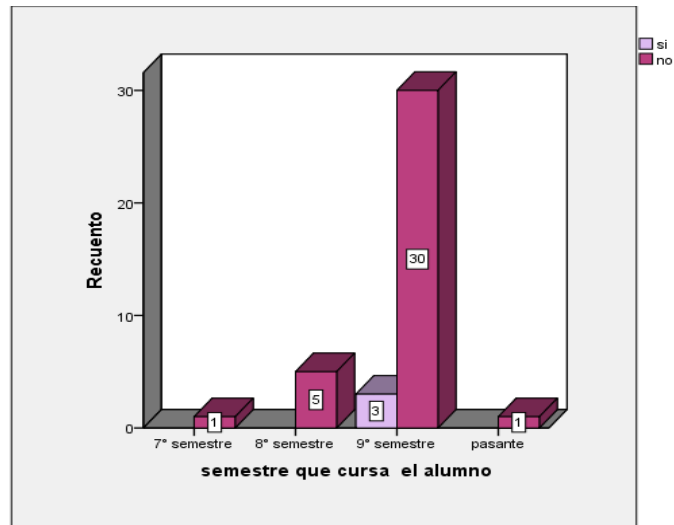


Gráfico 29

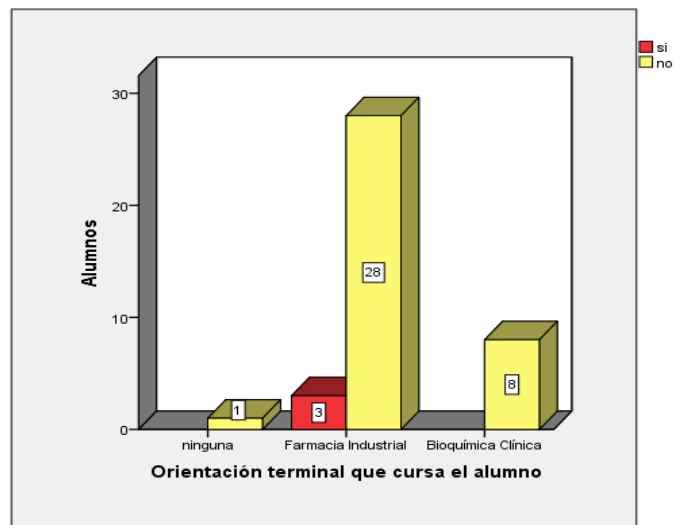


Gráfico 30

Frecuencia de alumnos que saben que es la retención en cromatografía al inicio del curso.

En los gráficos 29 y 30 se puede observar que la mayoría de los alumnos encuestados no saben que es retención cromatográfica, sin embargo un pequeño número contestó saber a que se refiere el termino pero no se puede establecer una relación entre semestre y/o área que cursa el alumno al ser una cantidad poco representativa de la población.

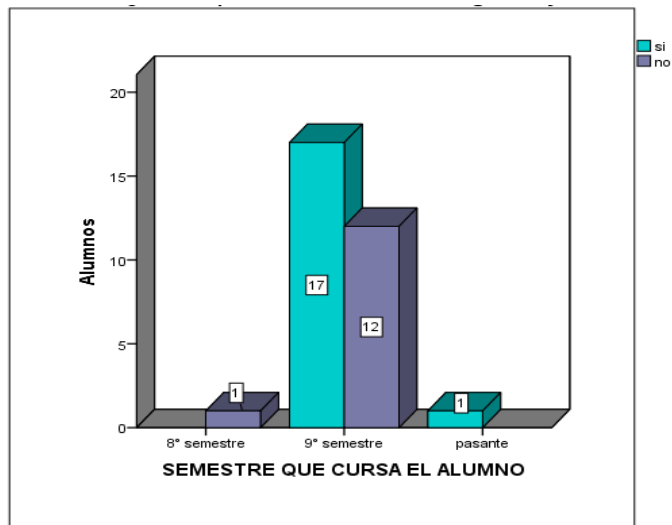


Gráfico 31

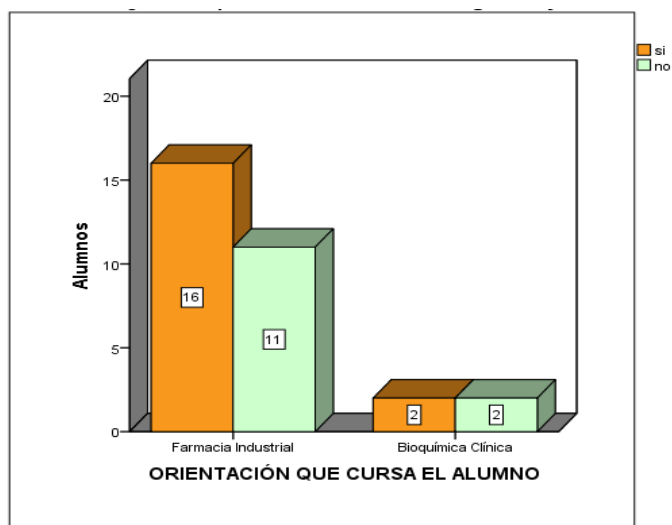


Gráfico 32

Frecuencia de alumnos que saben que es la retención en cromatografía al final del curso.

Al final del curso la mayoría de los alumnos sabe que es la retención cromatográfica (figuras 31 y 32), sin embargo todavía hubo gente que afirmó no saber a que se refiere el término. Con respecto al inicio del curso se observa que los asistentes tuvieron un progreso en su conocimiento ya que una pequeña parte respondió conocer el termino (figuras 29 y 30).

9.- ¿Sabes cual es la diferencia entre un equipo de CLAR de alta y baja presión?

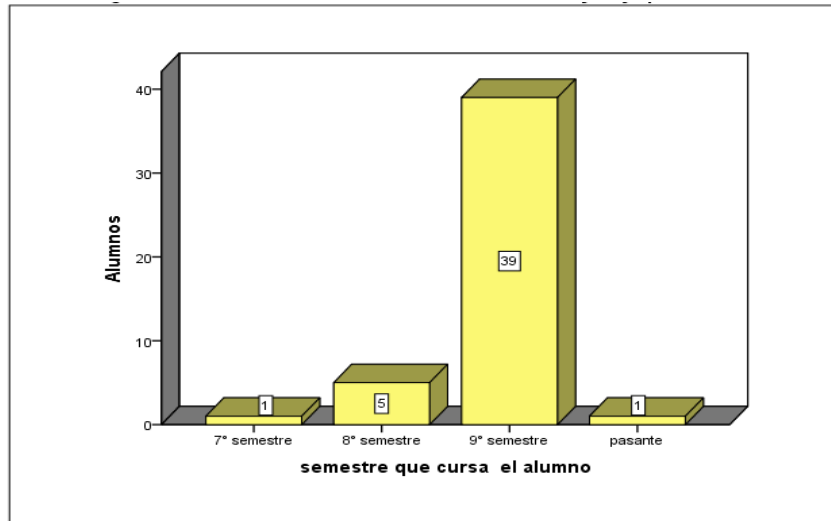


Gráfico 33

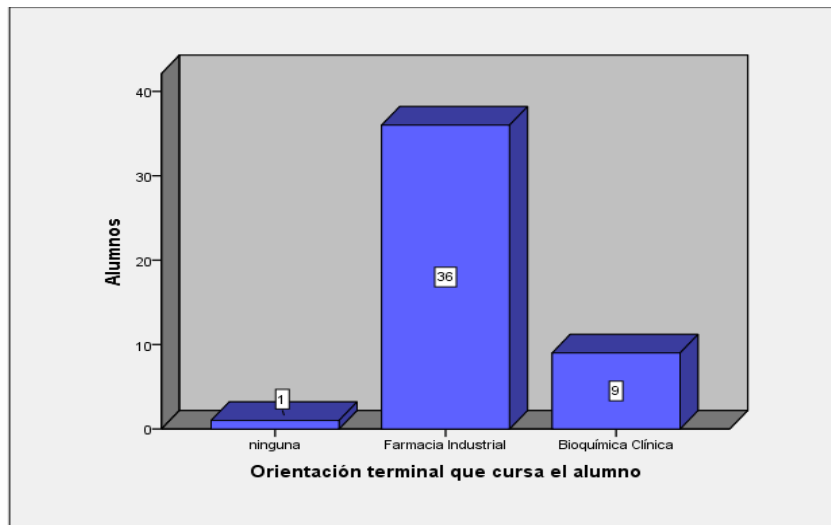


Gráfico 34

Frecuencia de alumnos que saben la diferencia entre un equipo de CLAR de alta y baja presión al inicio del curso.

En los gráficos 33 y 34 se puede apreciar que los alumnos no conocen la diferencia entre un CLAR de alta y baja presión, por lo cual se puede decir que la falta de conocimiento es independiente al semestre y/o área que cursa el alumno.

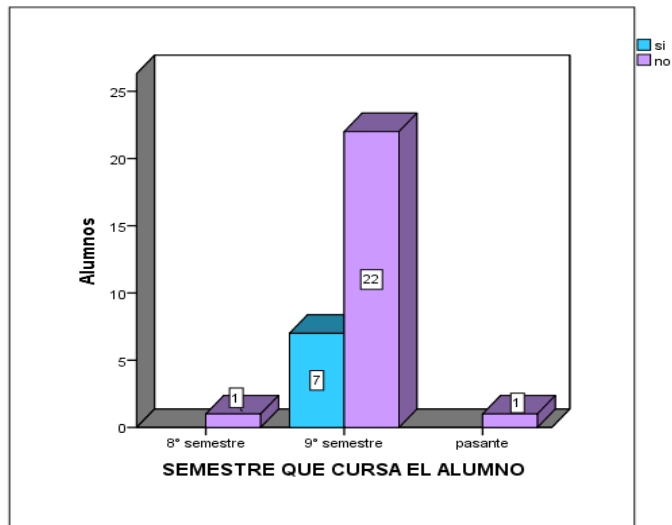


Gráfico 35

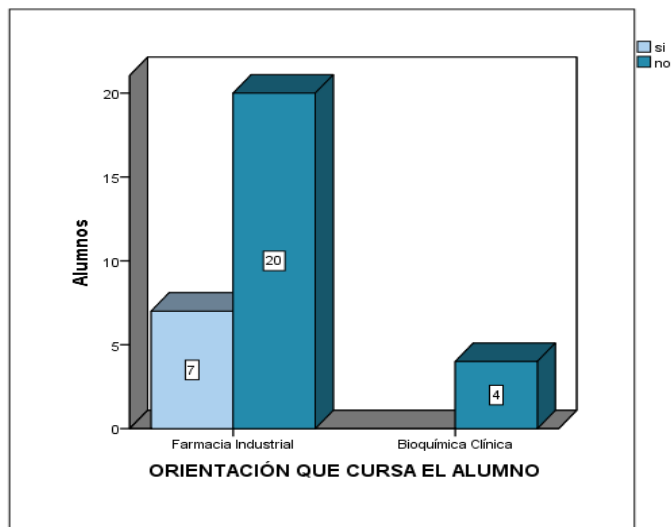


Gráfico 36

Frecuencia de alumnos que saben la diferencia entre un equipo de hplc de alta y baja presión al final del curso.

Se observa que la mas de la mitad de los asistentes afirma no saber la diferencia entre un CLAR de alta y baja presión (gráficos 35 y 36), con respecto al inicio del curso la mejoría que se logró fue poca ya que todos los alumnos indicaron no saber la diferencia (gráficos 33 y 34). Probablemente se requiera de una explicación más detallada de estas diferencias para que los alumnos lo comprendan en su totalidad.

10.- En estos momentos ¿podrías programar y aplicar una hoja de cálculo para obtener parámetros cromatográficos?

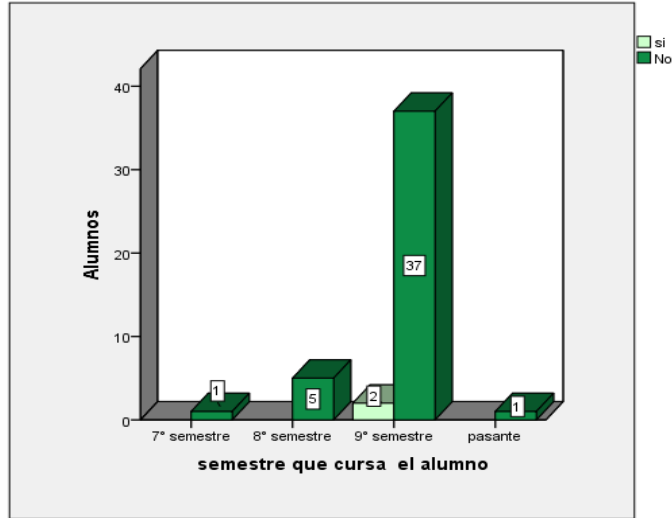


Gráfico 37

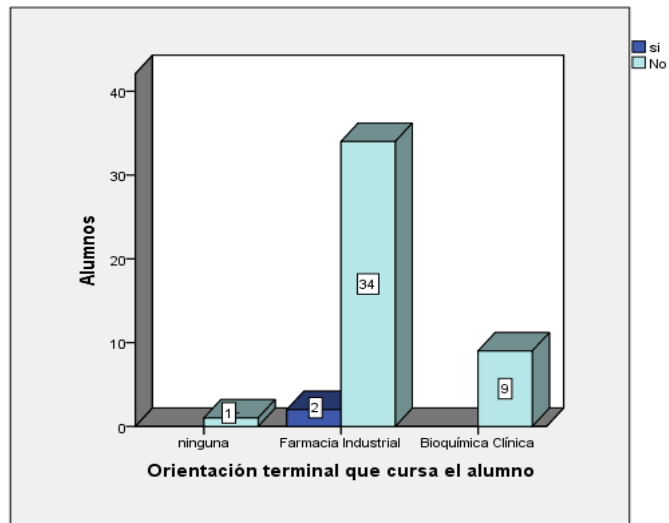


Gráfico 38

Frecuencia de alumnos que afirman ser capaces de programar una hoja de cálculo para obtener parámetros cromatográficos al inicio del curso.

En los gráficos 37 y 38 se observa que la mayoría de los alumnos afirma que no podría programar una hoja de cálculo, es posible asegurar que hace falta la enseñanza de las múltiples utilidades que podría tener una hoja de cálculo y enfocarlas a las necesidades de la carrera de QFB.

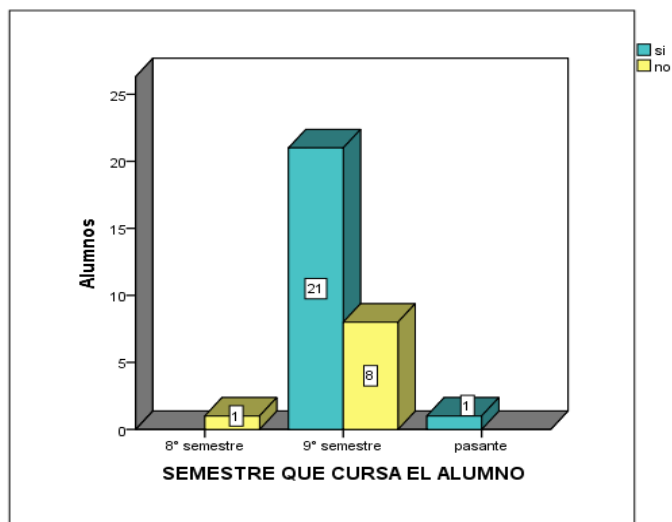


Gráfico 39

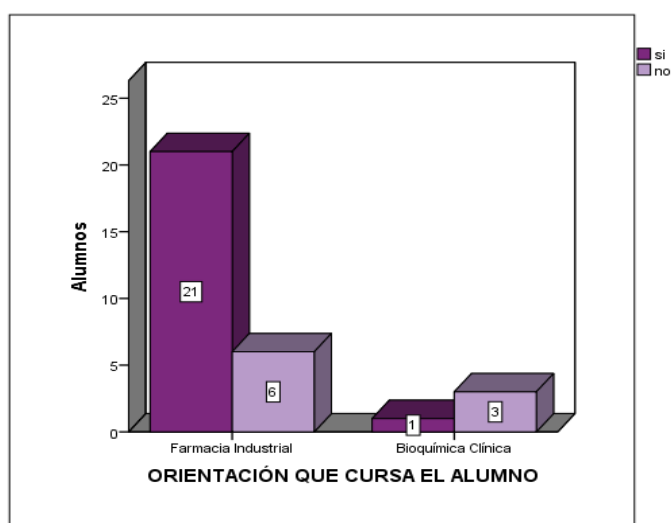


Gráfico 40

Frecuencia de alumnos que afirman ser capaces de programar una hoja de cálculo para obtener parámetros cromatográficos al final del curso.

En los gráficos 39 y 40 se observa que la mayoría de los alumnos afirma ser capaz de programar y aplicar una hoja de cálculo, con lo cual se observa que al utilizar hojas de calculo para mostrar ejemplos durante el curso es de gran utilidad, además que los alumnos al observar la aplicación de dichas hojas les resulta más sencillo programar una hoja; al inicio del curso solo 2 personas afirmaron que lo podrían hacer (gráficos 37 y 38). Las personas que indican que podrían programar una hoja de cálculo pertenecen al área de Farmacia Industrial, probablemente les resulta más sencillo por el hecho de llevar durante dos semestres taller de computo donde conocen las bondades que tienen las hojas de calculo, quizá en el área de Bioquímica Clínica hace falta conocimiento sobre estas herramientas y su aplicación en el área de QFB.

11.- En estos momentos ¿podrías aplicar una hoja de cálculo para interpretar cambios en los parámetros que afectan una separación cromatográfica?

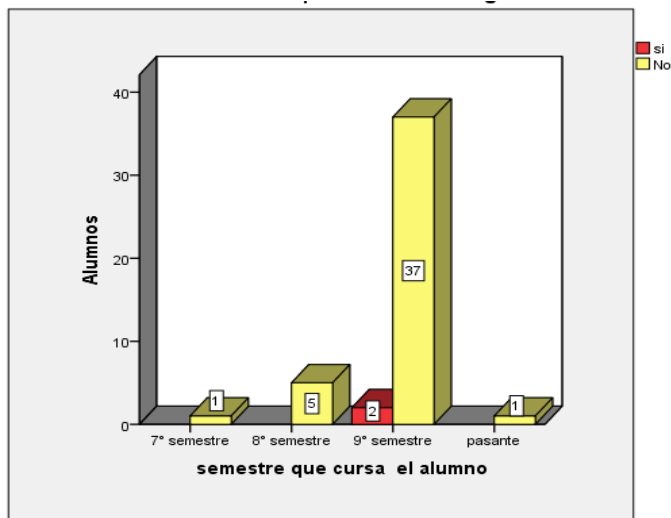


Gráfico 41

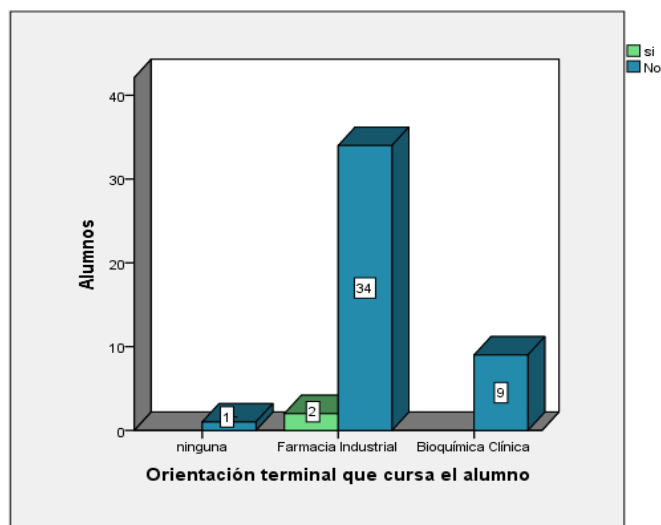


Gráfico 42

Frecuencia de alumnos que afirman ser capaces de aplicar una hoja de cálculo para interpretar cambios en los parámetros cromatográficos que afectan una separación cromatográfica al inicio del curso.

Los gráficos 41 y 42 muestran el número de alumnos que indican que no podría aplicar una hoja de cálculo para interpretar los cambios en una separación cromatográfica, si se parte de un desconocimiento en el tema de cromatográfica resulta difícil que el alumno sea capaz de utilizar una hoja de cálculo para interpretar una separación cromatográfica.

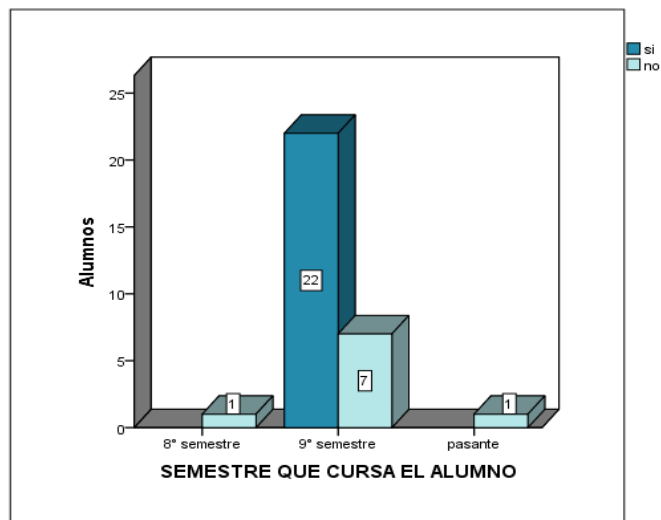


Gráfico 43

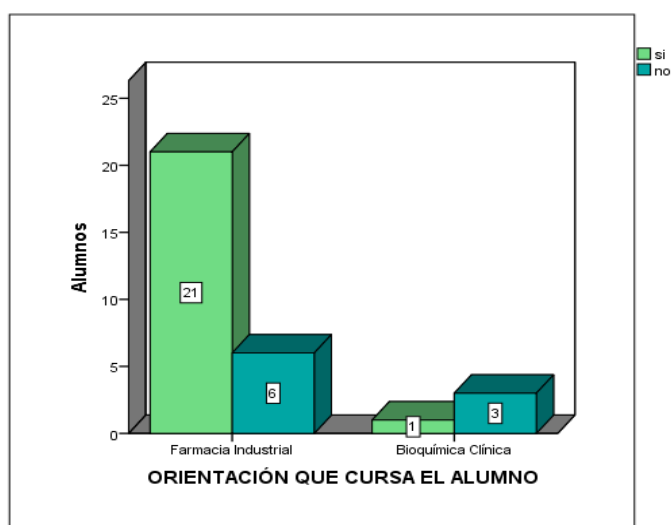


Gráfico 44

Frecuencia de alumnos que afirman ser capaces de aplicar una hoja de cálculo para interpretar cambios en los parámetros cromatográficos que afectan una separación cromatográfica al final del curso.

Al tener las bases de cromatografía resulta más sencillo utilizar hojas de cálculo para interpretar separaciones cromatográficas, lo cual se puede observar en el aumento en el número de personas que afirma ser capaz de hacerlo (gráficas 43 y 44) con respecto al inicio del curso (graficas 41 y 42) donde solo dos personas indican que lo podrían hacer. Al tener mayor conocimiento sobre cromatografía resulta más sencillo entender y utilizar herramientas de apoyo para la interpretación de los cambios en una separación cromatográfica, lo cual muestra que se puede enseñar esta técnica con ayuda de material didáctico en forma electrónica.

12. ¿Cómo considera que se manejan los contenidos del curso?

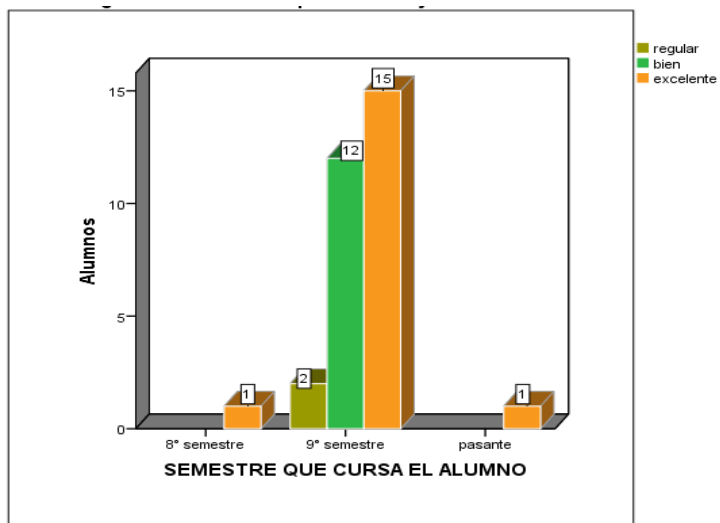


Gráfico 45

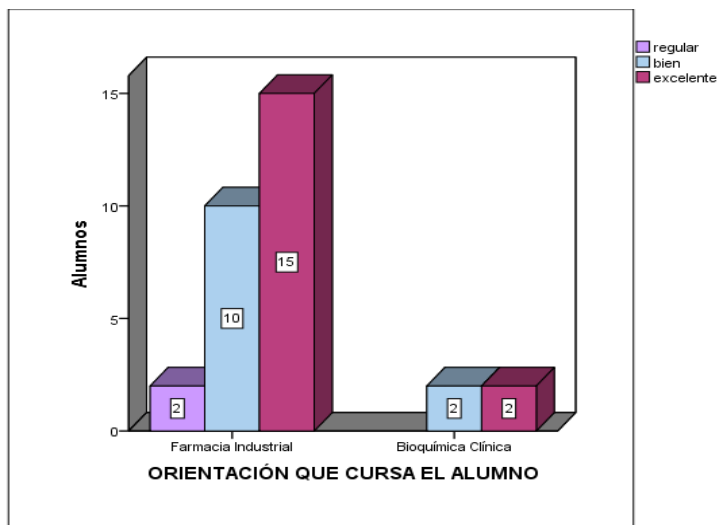


Gráfico 46

Opinión de los alumnos con respecto al manejo del contenido del curso.

En las gráficas 45 y 46 se observa que la mayoría de los asistentes consideró que la forma en la cual se manejó el contenido durante el curso fue excelente, mientras que el resto consideró que fue bueno, y para una mínima cantidad de asistentes el curso fue regular.

13. Sugerencias hacia el curso



Gráfico 47.

Sugerencias de los alumnos hacia el curso

Se muestran las sugerencias que los asistentes aportaron para la mejora del curso, la gran mayoría indica que se requiere de un curso con mayor duración para que los temas que se imparten se vean con mayor detalle, además sugieren que se dejen tareas que sirvan como complemento para lo que se ve en clase, sin embargo al tener un curso corto limita las actividades que se puedan realizar durante la clase, otra sugerencia es que antes del curso de cromatografía el alumno tome un curso de Química Analítica con el fin de recordar y comprender mejor el fundamento de la cromatografía así como su uso como técnica analítica y no solo como de separación. El resto de las sugerencias se divide entre tener contacto físico con el quipo, tener conocimientos sobre estadística así como usar computadoras por alumno para facilitar el uso de las hojas de cálculo y software de simulación como herramienta de apoyo al curso.

8.3.2 CURSO 2

1.- ¿Conoce que es un diagrama de distribución de especies y su aplicación?

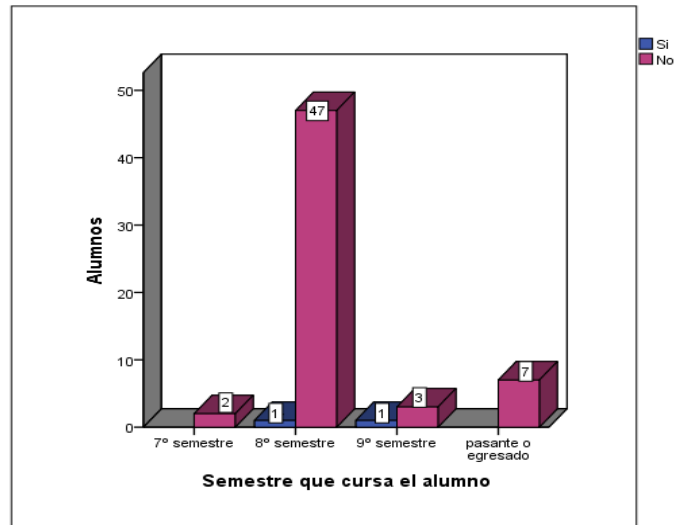


Gráfico 48

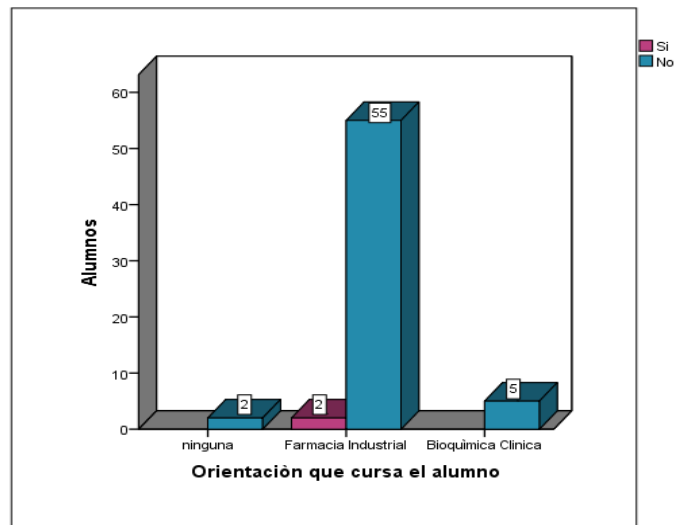


Gráfico 49

Frecuencia de alumnos que conocen que es un diagrama de distribución de especies y su aplicación al inicio del curso.

Al inicio del curso la mayor parte de los alumnos afirman no saber que es un diagrama de distribución de especies (gráficas 68 y 69), por lo que se puede inferir que tampoco saben de su aplicación; independientemente del semestre y área que cursan los alumnos se podría decir que llegan al inicio el curso con un nivel de conocimientos homogéneo.

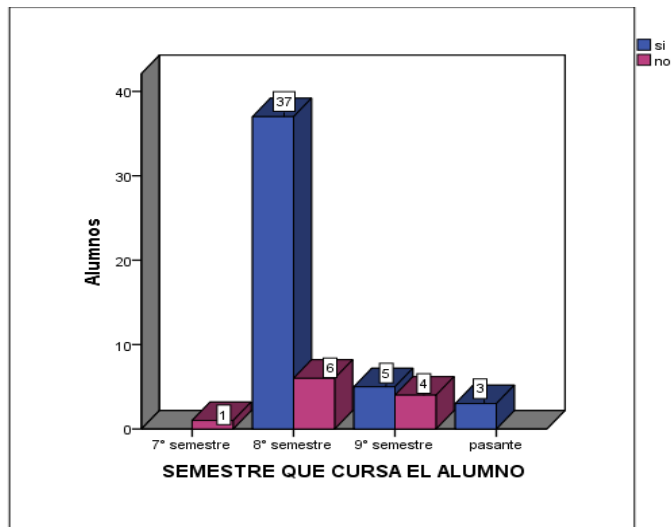


Gráfico 50

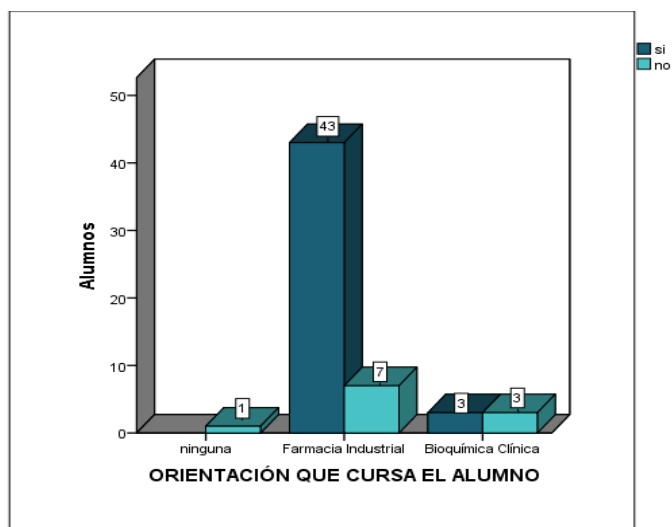


Gráfico 51

Frecuencia de alumnos que conocen que es un diagrama de distribución de especies y su aplicación al final del curso.

En la figura 50 y 51 se aprecia una mejora en el conocimiento que poseen los alumnos sobre los diagramas de distribución de especies con respecto al inicio del curso (gráficas 48 y 49), por lo que se puede afirmar que el curso cumplió con sus objetivos al observar un incremento en el número de alumnos que conocen sobre dichos diagramas.

2.- ¿Podrías obtener un perfil de solubilidad con respecto al pH? ¿Conoces su aplicación en cromatografía?

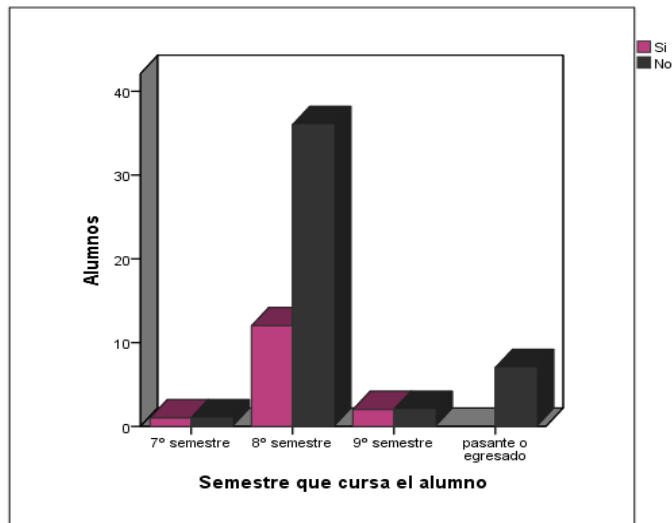


Gráfico 52

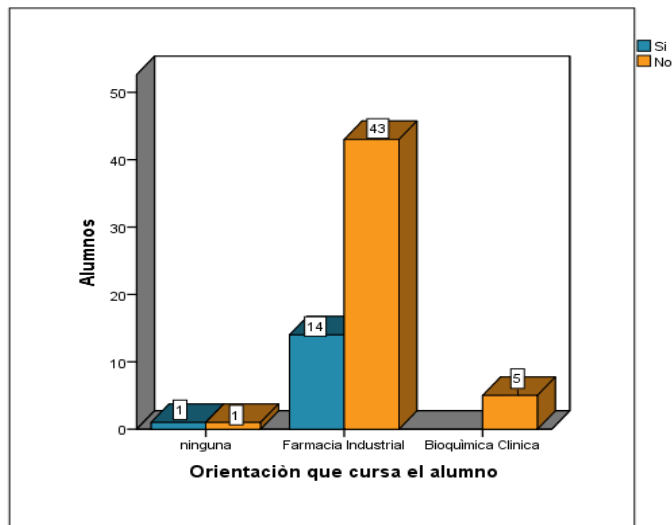


Gráfico 53

Frecuencia de alumnos que conocen como obtener un perfil de solubilidad con respecto al pH y su aplicación en cromatografía al inicio del curso.

En las gráficas 52 y 53 se observa que asistieron al curso alumnos que conocen sobre los diagramas de distribución de especies, sin embargo la mayoría no sabe sobre el tema, no se aprecia que existe relación entre el semestre o área que cursa el alumno con el conocimiento que posee del tema.

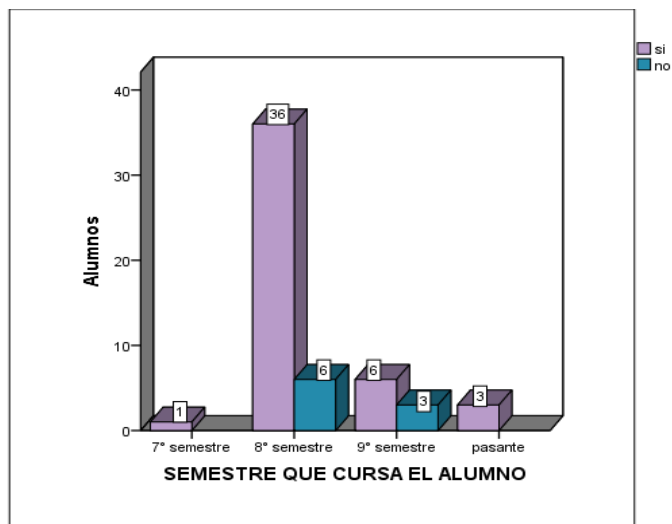


Gráfico 54

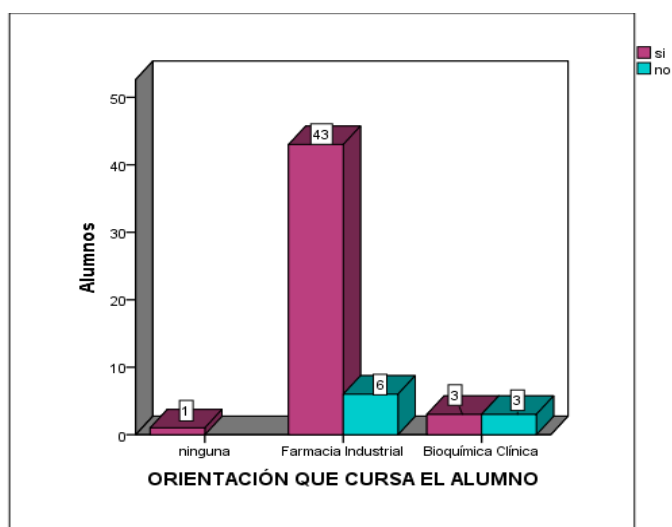


Gráfico 55

Frecuencia de alumnos que conocen como obtener un perfil de solubilidad con respecto al pH y su aplicación en cromatografía al final del curso.

Se aprecia un incremento en el número de personas que afirman ser capaces de obtener un perfil de solubilidad con respecto al pH y su aplicación en cromatografía (graficas 54 y 55), con respecto al inicio del curso se observa una mejoría en el conocimiento de los alumnos sobre el tema (figuras 52 y 53)

3.- ¿Has realizado el diseño de un método cromatográfico?

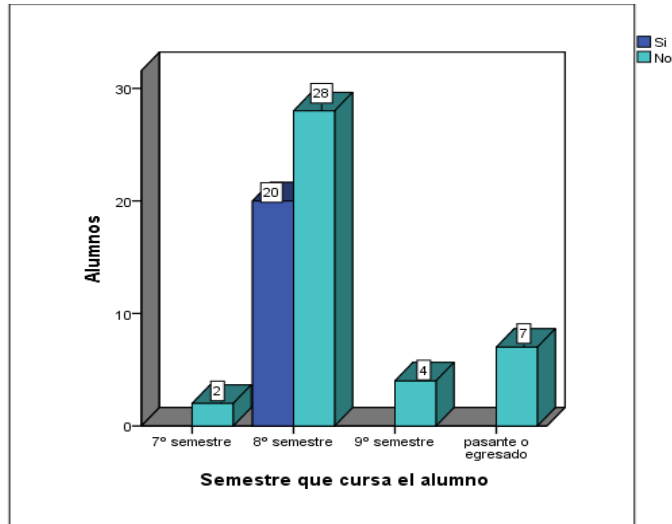


Gráfico 56

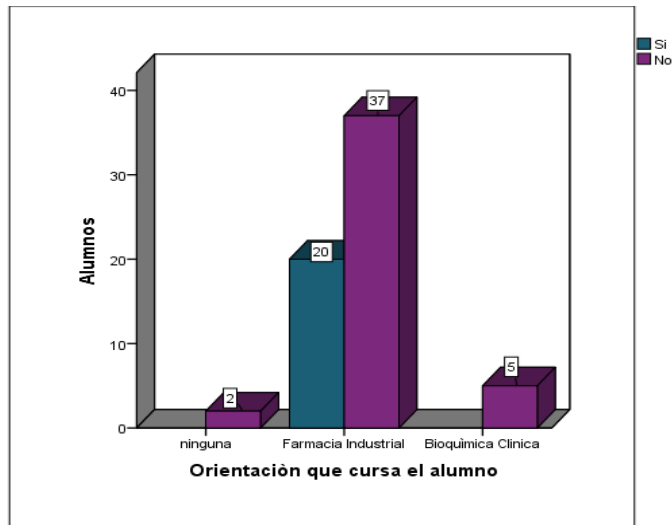


Gráfico 57

Frecuencia de alumnos que han desarrollado un método cromatográfico al inicio del curso.

Se observa en las gráficas 56 y 57 que la mayoría de los asistentes al curso no han desarrollado un método cromatográfico, sin embargo la minoría que lo ha hecho pertenece al área de Farmacia Industrial por lo que se puede decir que existe una relación entre el área que cursa el alumno y sus conocimientos y habilidades sobre los métodos cromatográficos.

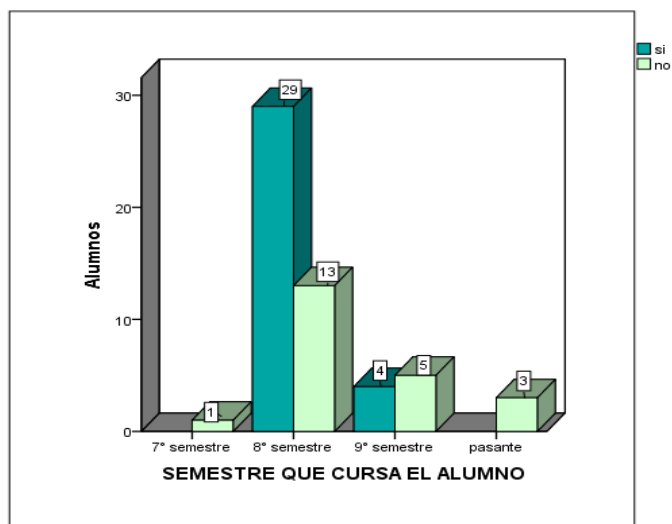


Gráfico 58

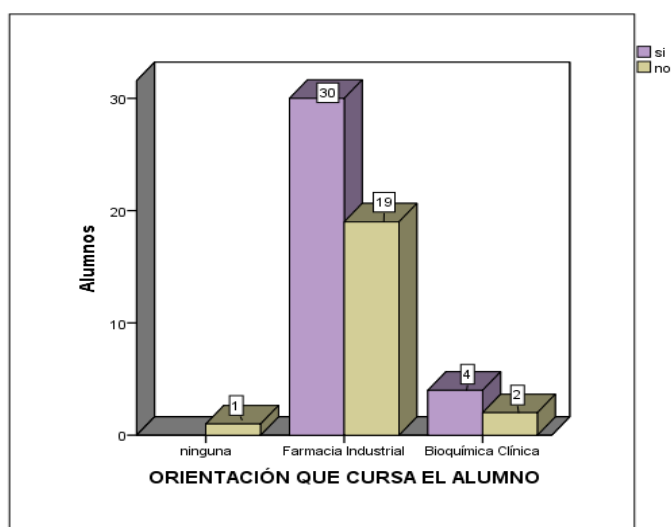


Gráfico 59

Frecuencia de alumnos que han desarrollado un método cromatográfico al final del curso.

En los gráficos 58 y 59 se observa que hay alumnos que han desarrollado métodos cromatográficos, no se puede concluir si hay aumento en el número de personas que lo ha hecho con respecto al inicio del curso (gráficos 56 y 57), ya que el ultimo cuestionario se aplicó a un menor numero de personas, sin embargo se aprecia que la mayoría de quienes han desarrollado métodos cromatográficos pertenecen al área de Farmacia Industrial.

4.- ¿Conoces cuales son las características que debes conocer en una columna cromatográfica?

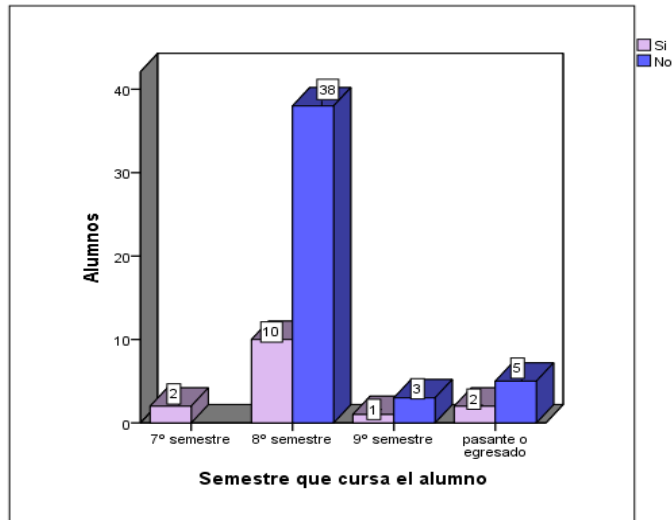


Gráfico 60

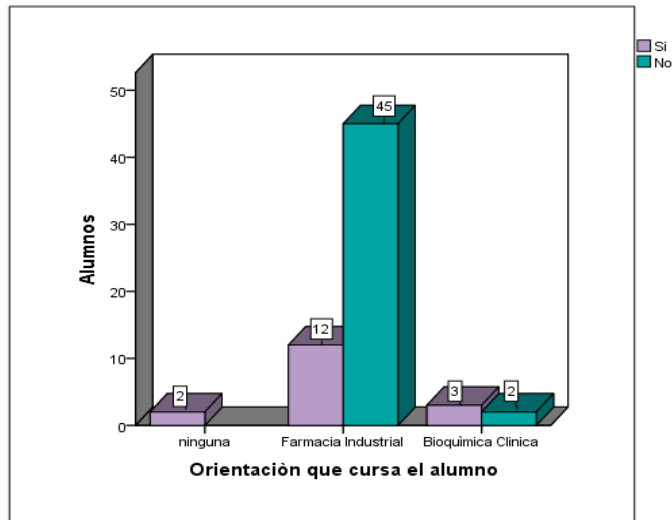


Gráfico 61

Número de alumnos que conocen las características principales de una columna cromatográfica al inicio del curso.

La mayoría de los alumnos no conoce las características que se deben observar en una columna antes de elegirla para su uso, una pequeña cantidad de alumnos conoce al menos alguna característica a saber sobre las columnas, no se observa una relación entre el grado de conocimiento del tema y el semestre o área que cursa el alumno (gráficos 60 y 61).

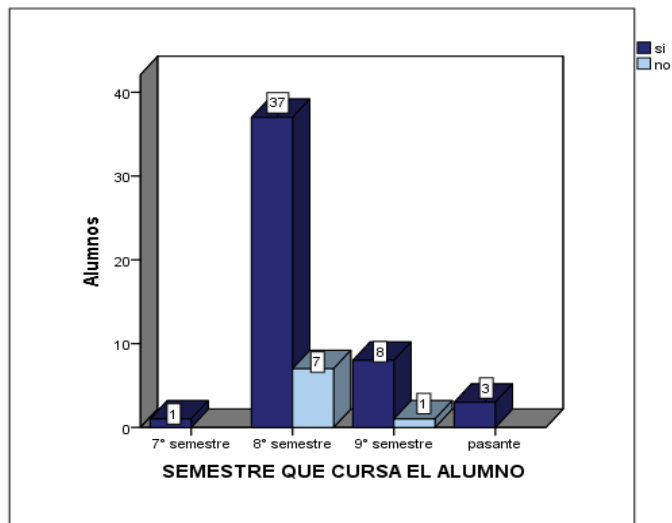


Gráfico 62

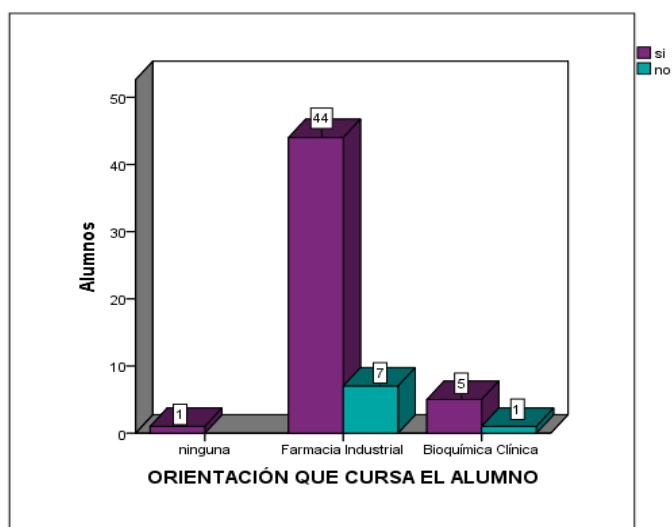


Gráfico 63

Número de alumnos que conocen las características principales de una columna cromatográfica al final del curso.

Se aprecia un incremento en el número de personas que conocen las características que se deben considerar en una columna cromatográfica para su uso (gráficas 62 y 63) con respecto al inicio del curso (gráficos 60 y 61), con lo cual se confirma que el curso mejoro el conocimiento que tienen los alumnos sobre el tema.

5.- ¿Conoces la ecuación de la resolución que es función de las variables de selectividad, retención y eficiencia?

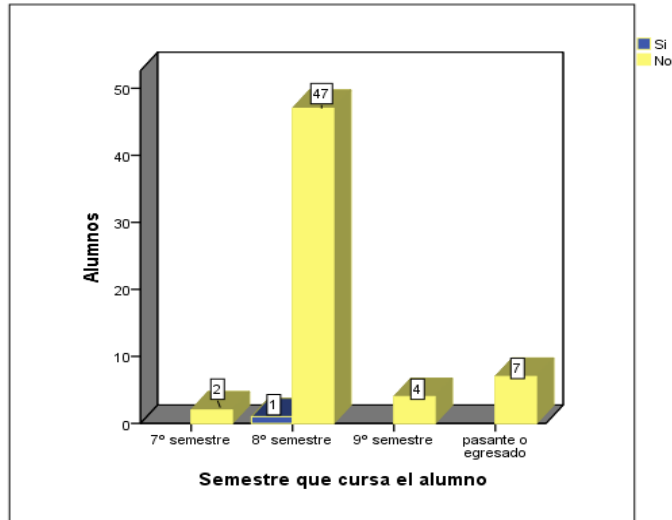


Gráfico 64

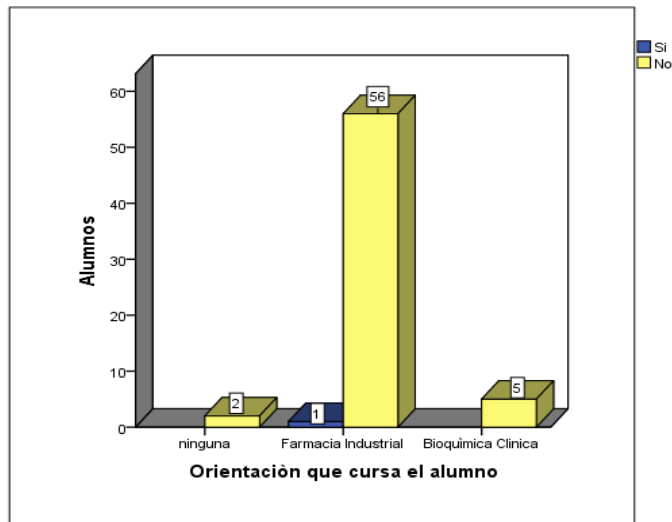


Gráfico 65

Frecuencia de alumnos que conocen la ecuación de resolución en función de selectividad, retención y eficiencia al inicio del curso.

En los gráficos 64 y 65 se aprecia que al inicio del curso los alumnos desconocen la ecuación de la resolución, por lo cual se podría intuir que tampoco conocen que es selectividad retención y eficiencia. Por lo que muestran los gráficos los alumnos tienen un desconocimiento sobre el tema.

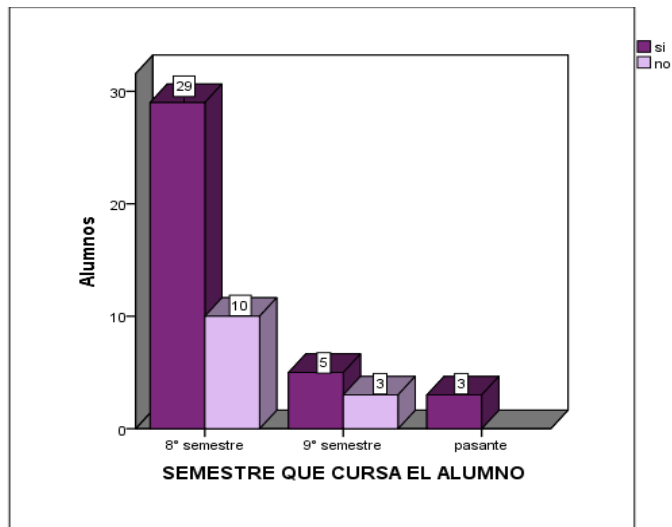


Gráfico 66

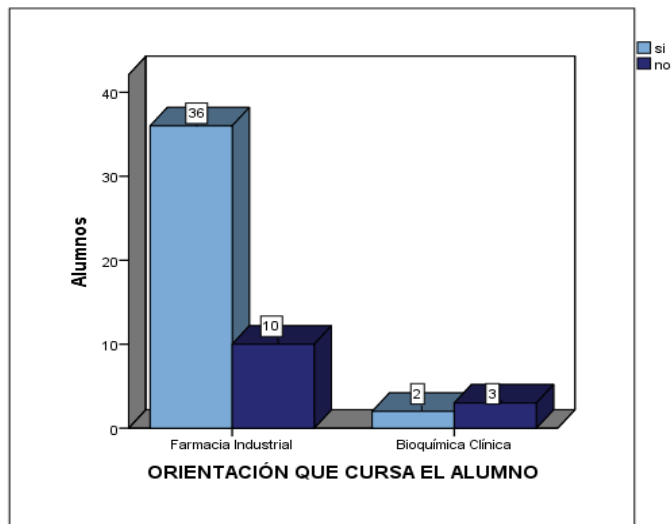


Gráfico 67

Frecuencia de alumnos que conocen la ecuación de resolución en función de selectividad, retención y eficiencia al final del curso.

Se aprecia que al final del curso hay más alumnos que conocen la ecuación de resolución, por lo que también da a entender que conocen los términos de selectividad, retención y eficiencia (gráficos 66 y 67). Al inicio del curso (gráficos 64 y 65) se observa un desconocimiento en general del tema

6.- ¿Sabes que es la eficiencia cromatográfica y su simbología?

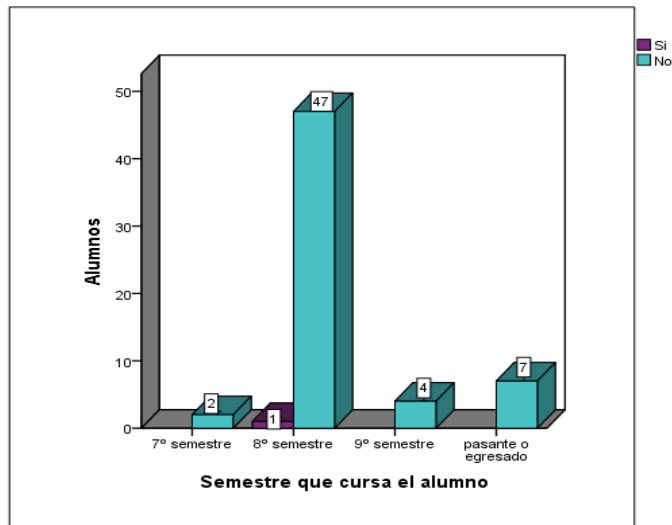


Gráfico 68

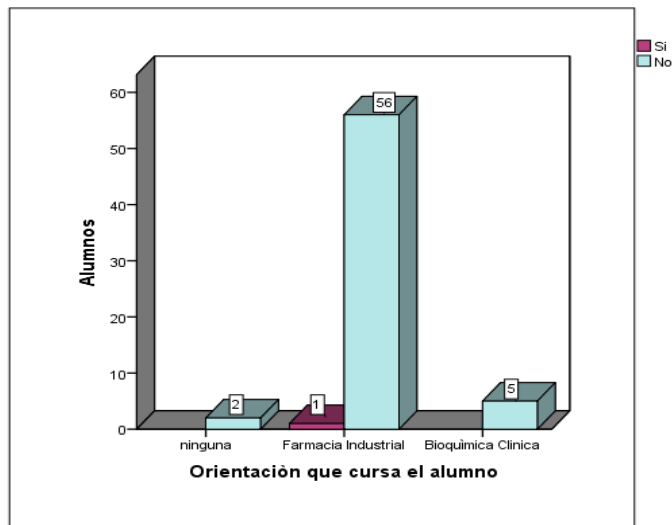


Gráfico 69

Frecuencia de alumnos que saben que es la eficiencia cromatográfica al inicio del curso.

Puede observarse que al inicio del curso los alumnos desconocen que es la eficiencia cromatográfica y por lo tanto desconocen también su simbología. Los alumnos tienen en general un desconocimiento sobre el tema (gráficos 68 y 69).

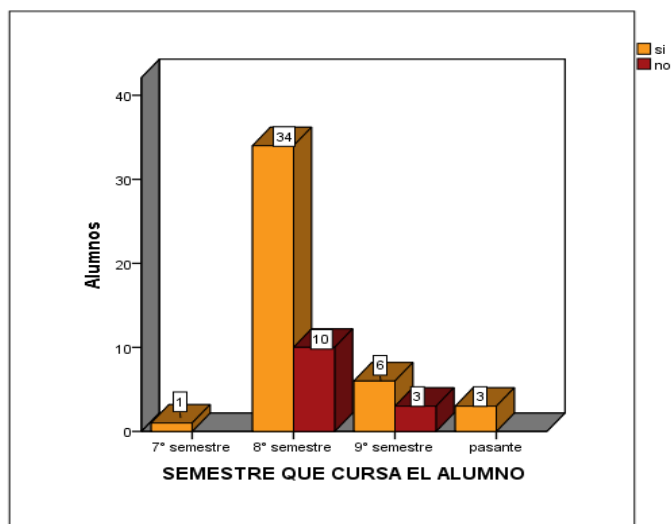


Gráfico 70

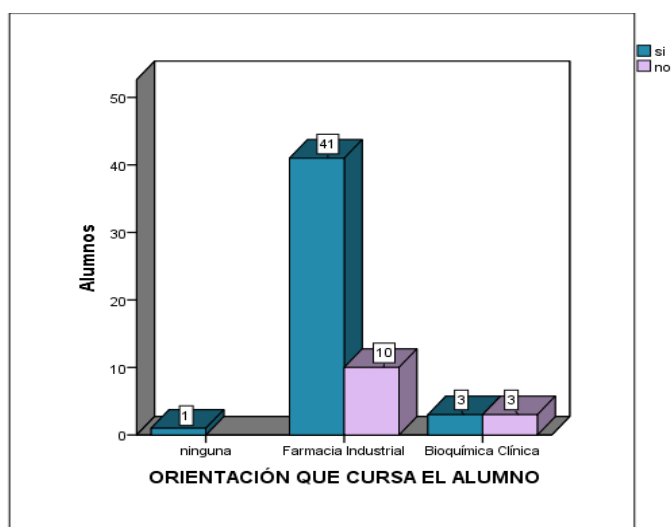


Gráfico 71

Frecuencia de alumnos que saben que es la eficiencia cromatográfica al final del curso.

La mayoría de los alumnos afirman conocer el concepto de eficiencia cromatográfica y la simbología empleada (gráficos 70 y 71), se observa un incremento considerable en el número de personas que conocen el término de eficiencia en comparación con el inicio del curso (gráficos 68 y 69), con lo cual se puede asegurar que el curso mejora los conocimientos que poseen los alumnos sobre cromatografía.

7.- ¿Sabes que es selectividad cromatográfica y su simbología?

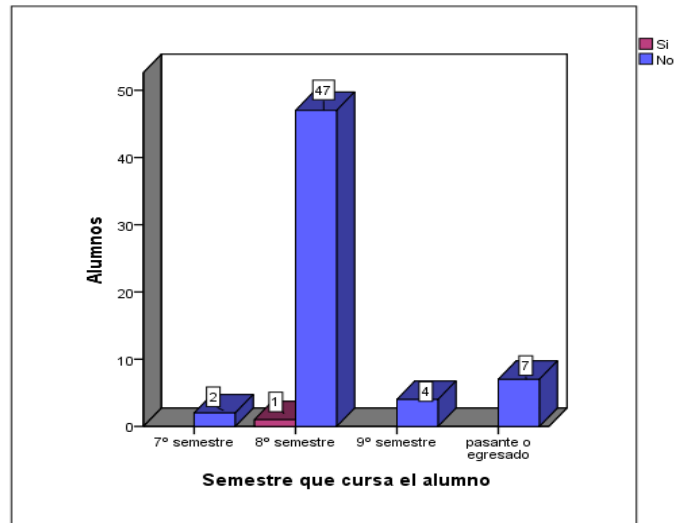


Gráfico 72

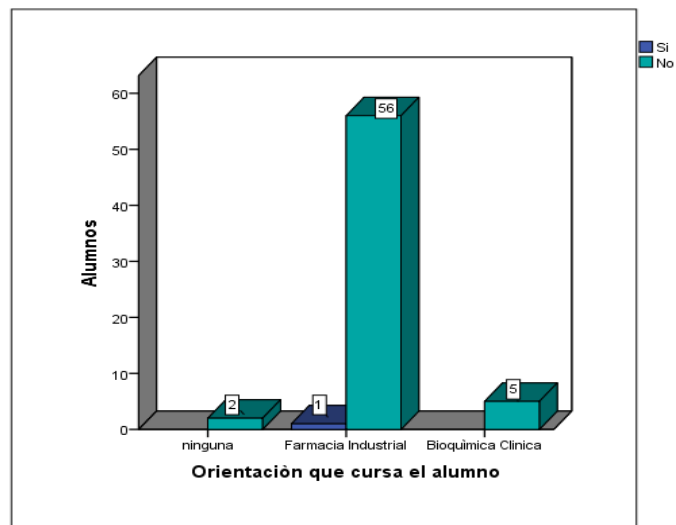


Gráfico 73

Frecuencia de alumnos que saben que es la selectividad cromatográfica al inicio del curso.

Se aprecia que los alumnos desconocen que es la selectividad en cromatografía y por lo tanto se puede intuir que también desconocen la simbología utilizada para este concepto (gráficos 72 y 73).

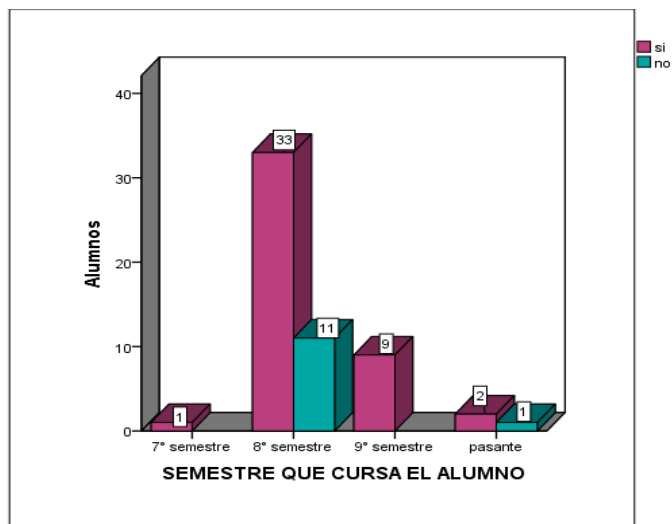


Gráfico 74

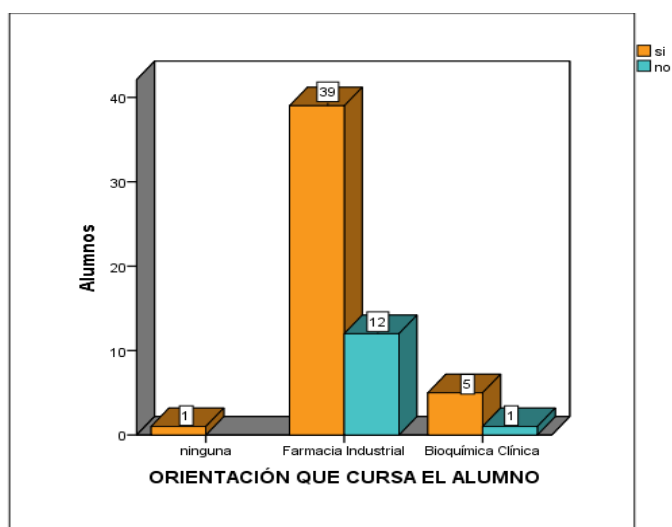


Gráfico 75

Frecuencia de alumnos que saben que es la selectividad cromatográfica al final del curso.

La mayoría de los alumnos afirman conocer el concepto de selectividad en cromatografía y la simbología empleada (gráficas 74 y 75), se observa un incremento considerable en el número de personas que conocen el concepto en comparación con el inicio del curso (gráficos 72 y 73) donde casi todos los alumnos desconocen a que se refiere el término.

8.- ¿Sabes que es retención cromatográfica y su simbología?

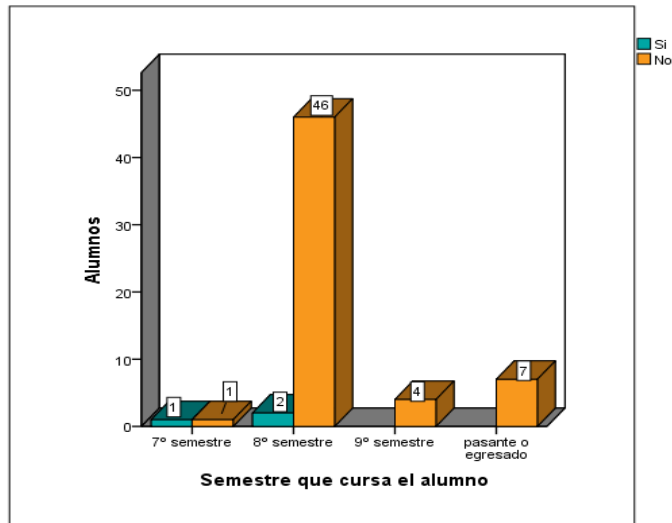


Gráfico 76

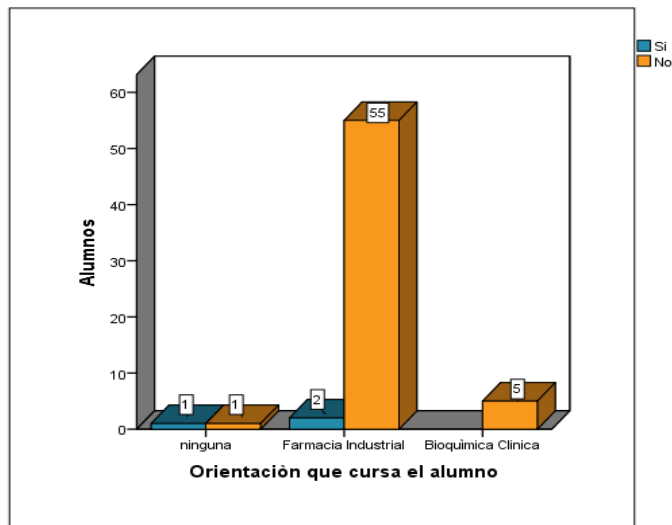


Gráfico 77

Frecuencia de alumnos que saben que es la retención en cromatografía al inicio del curso.

En los gráficos 76 y 77 se observa que la mayoría de los alumnos desconocen que es la retención en cromatografía y por lo tanto se puede intuir que también desconocen la simbología utilizada para este concepto. En general se observa que hay desconocimiento de conceptos básicos utilizados en cromatografía.

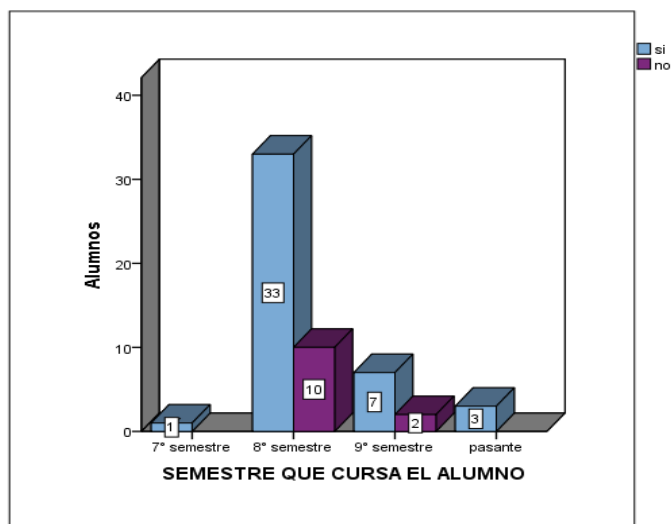


Gráfico 78

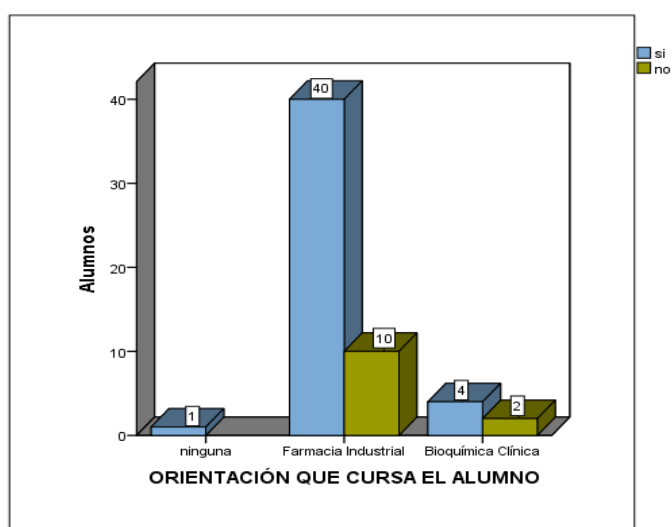


Gráfico 79

Frecuencia de alumnos que saben que es la retención en cromatografía al inicio del curso.

Al final del curso la mayoría de los alumnos sabe que es la retención cromatográfica (gráficos 78 y 79), sin embargo todavía hubo gente que afirmó no saber a que se refiere el término. Con respecto al inicio del curso se observa que los asistentes tuvieron un progreso en su conocimiento ya que solo tres alumnos afirmaron conocer el termino (gráficas 78 y 99).

9.- ¿Sabes cual es la diferencia entre un equipo de CLAR de alta y baja presión?

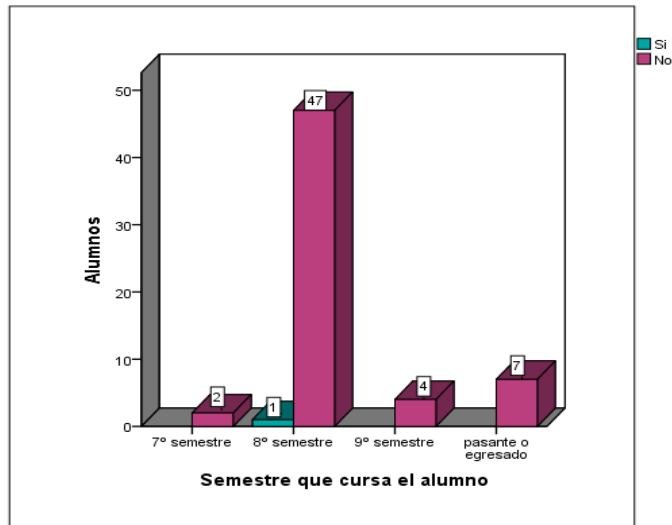


Gráfico 80

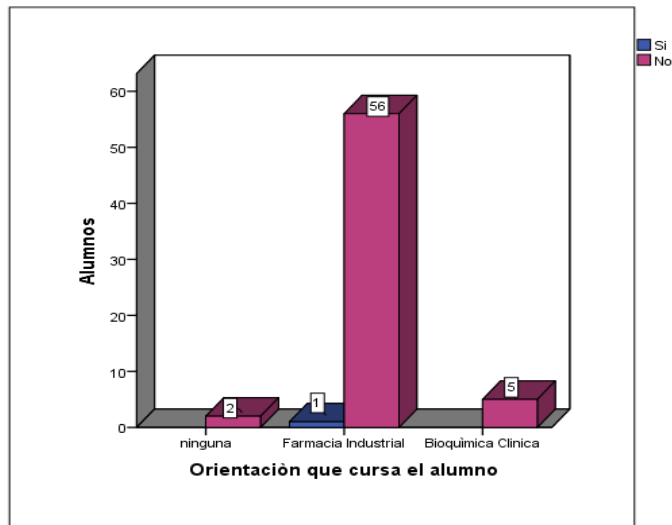


Gráfico 81

Frecuencia de alumnos que saben la diferencia entre un equipo de CLAR de alta y baja presión al inicio del curso.

Se aprecia que los alumnos asistentes al curso desconocen la diferencia entre un equipo de CLAR de alta y baja presión (gráficos 80 y 81), de acuerdo a las gráficas actuales y las anteriores se podría decir que los alumnos llegan al curso con un desconocimiento sobre cromatografía.

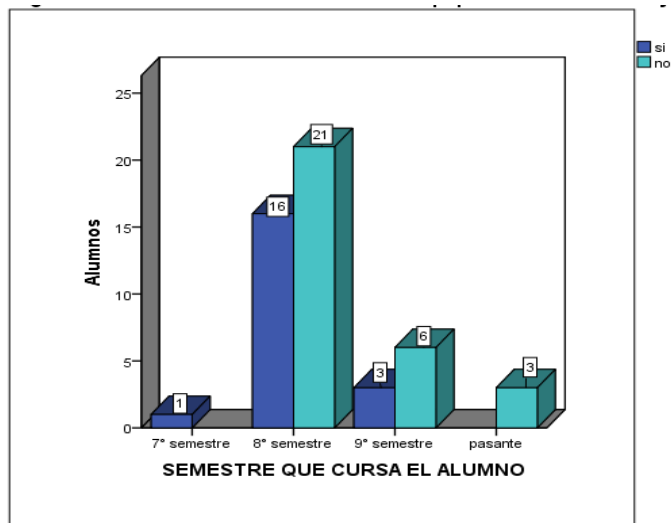


Gráfico 82

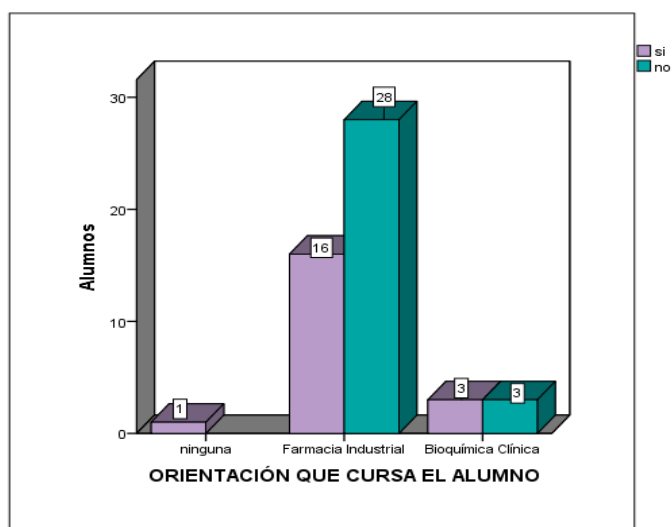


Gráfico 83

Frecuencia de alumnos que saben la diferencia entre un equipo de CLAR de alta y baja presión al final del curso.

Se observa que la mayoría de los asistentes afirma no saber la diferencia entre un CLAR de alta y baja presión (gráficos 82 y 83), con respecto al inicio del curso (gráficos 80 y 81) se observa una mejoría sin embargo todavía hay muchos alumnos que no conocen las diferencias entre los equipos de alta y baja presión. Probablemente se requiera de una explicación más detallada de estas diferencias para que los alumnos lo comprendan en su totalidad.

10.- En estos momentos ¿podrías programar y aplicar una hoja de cálculo para obtener parámetros cromatográficos?

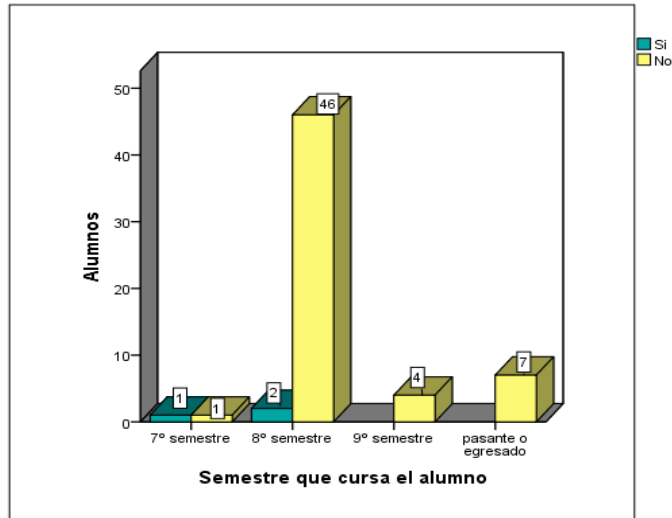


Gráfico 84

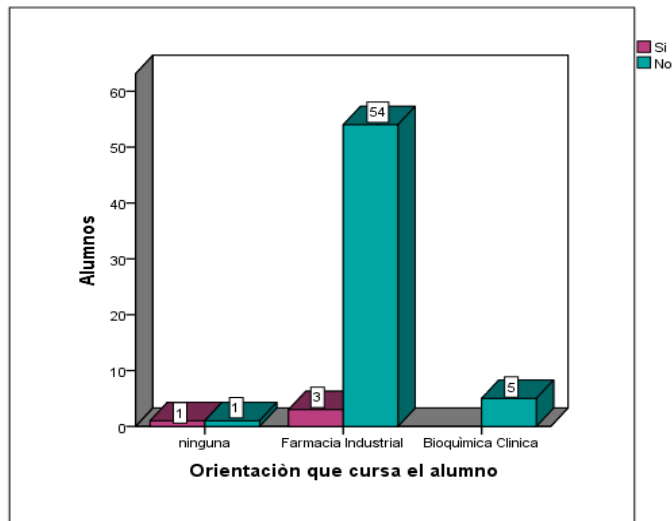


Gráfico 85

Frecuencia de alumnos que afirman ser capaces de programar una hoja de cálculo para obtener parámetros cromatográficos al inicio del curso.

Los alumnos afirman no ser capaces de programar y aplicar hojas de cálculo relacionadas a la cromatografía (gráficas 84 y 85), si se parte de un desconocimiento de cromatografía resulta casi imposible que el alumno programe una hoja de cálculo aplicada a cromatografía. Los pocos alumnos que afirman ser capaces de programar una hoja de cálculo pertenecen al área de Farmacia Industrial, lo cual sugiere una relación entre los conocimientos adquiridos en el área ya que en Farmacia industrial se lleva taller de cómputo en ambos semestres donde se practica la programación de hojas de cálculo.

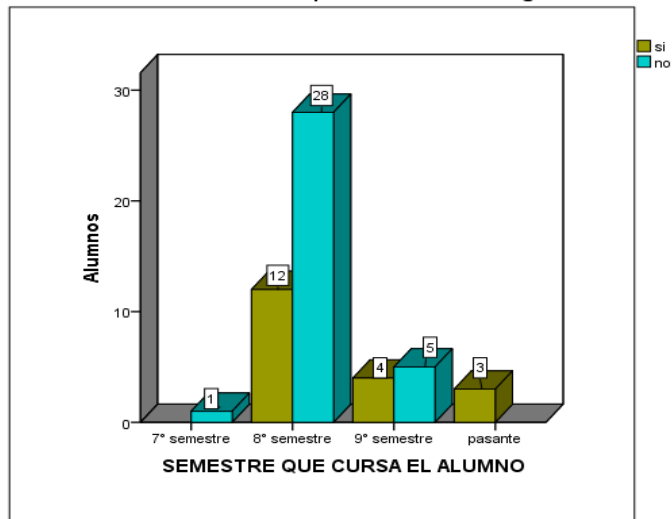


Gráfico 86

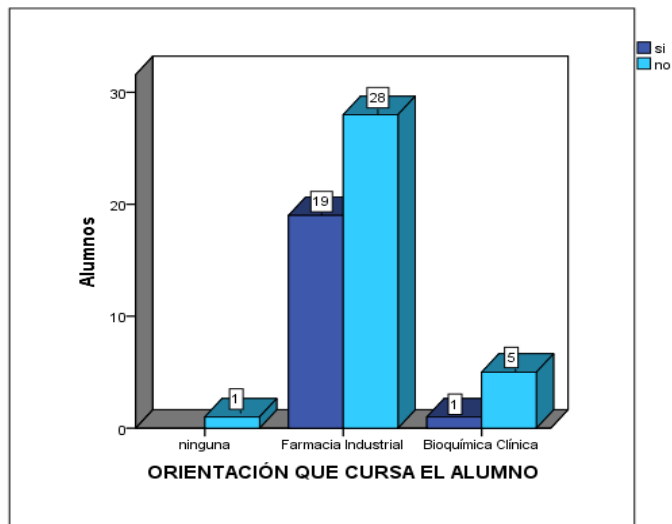


Gráfico 87

Frecuencia de alumnos que afirman ser capaces de programar una hoja de cálculo para obtener parámetros cromatográficos al final del curso.

En las gráficas 86 y 87 se observa que la mayoría de los alumnos afirma ser capaz de programar y aplicar una hoja de cálculo; al inicio del curso solo 3 personas afirmaron que lo podrían programar una hoja de cálculo (gráficos 84 y 85). Las personas que indican que podrían programar dichas hojas pertenecen al área de Farmacia Industrial, probablemente les resulta más sencillo por el hecho de llevar durante dos semestres taller de computo donde conocen las bondades que tienen las hojas de calculo, quizá en el área de Bioquímica Clínica hace falta conocimiento sobre estas herramientas y su aplicación en el área.

11.- En estos momentos ¿podrías aplicar una hoja de cálculo para interpretar cambios en los parámetros que afectan una separación cromatográfica?

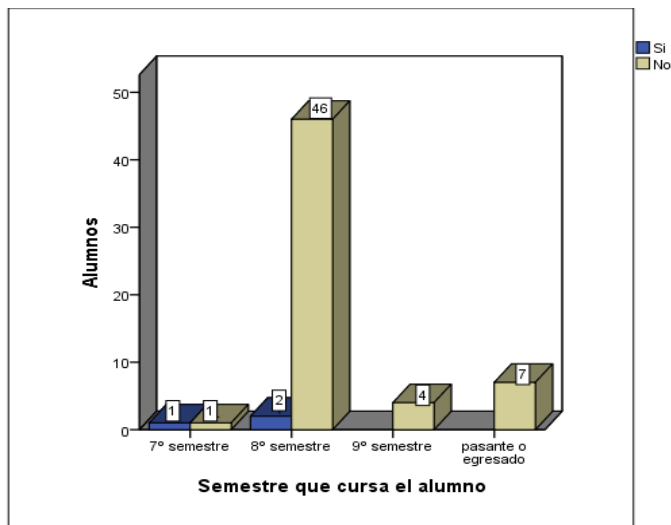


Gráfico 88

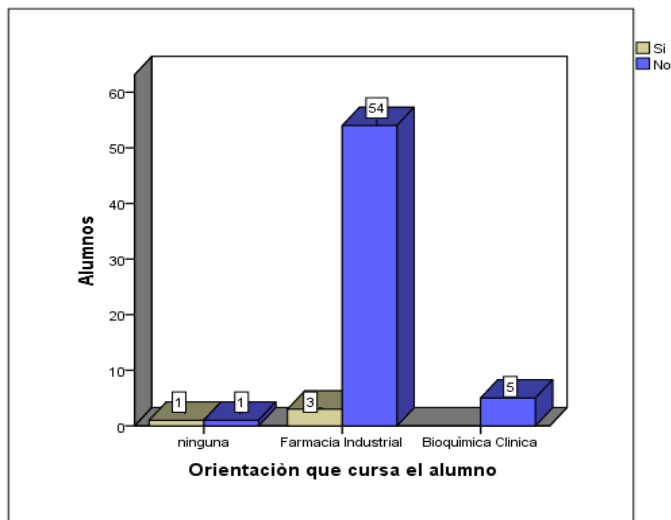


Gráfico 89

Frecuencia de alumnos que afirman ser capaces de aplicar una hoja de cálculo para interpretar cambios en los parámetros cromatográficos que afectan una separación cromatográfica al inicio del curso.

Los alumnos afirman no ser capaces de aplicar hojas de cálculo para interpretar los cambios que afectan una separación cromatográfica (gráficos 88 y 89). Si se tiene en general desconocimiento sobre cromatografía resulta difícil que el alumno pueda interpretar los cambios que afectan a la cromatografía independientemente de que se aplique o no una hoja de cálculo, lo cual hace evidente la necesidad de un curso que de aporte los conocimientos básicos de cromatografía para que posteriormente el alumno sea capaz de aplicarlos e interpretarlos.

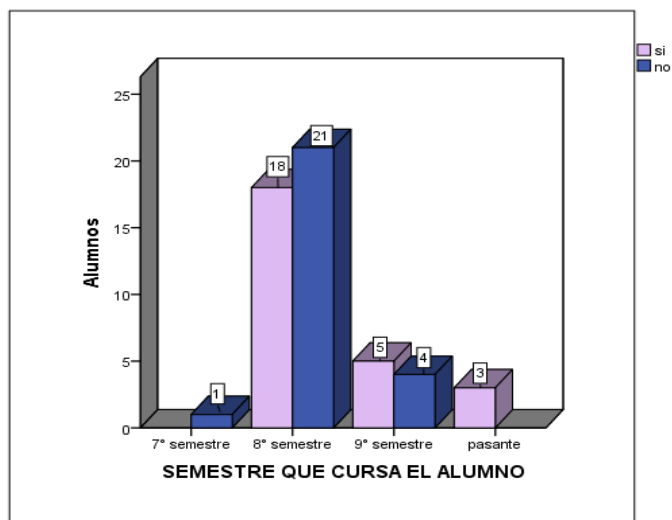


Gráfico 90

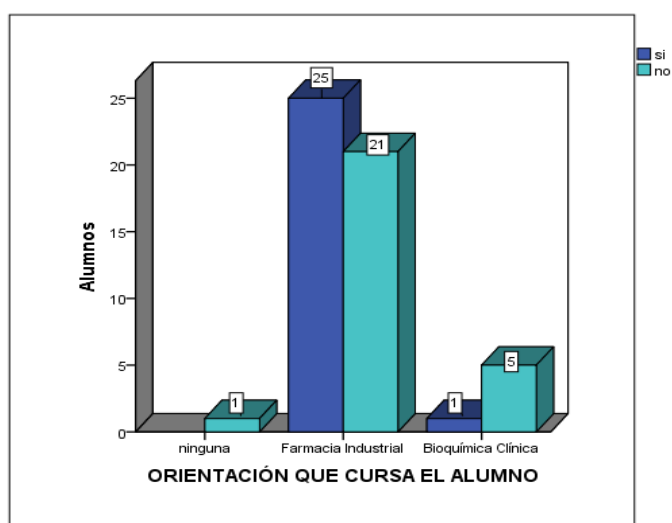


Gráfico 91

Frecuencia de alumnos que afirman ser capaces de aplicar una hoja de cálculo para interpretar cambios en los parámetros cromatográficos que afectan una separación cromatográfica al final del curso.

Al tener las bases de cromatografía resulta más sencillo utilizar hojas de cálculo para interpretar separaciones cromatográficas, lo cual se puede observar en el aumento en el número de personas que afirma ser capaz de hacerlo (gráficas 90 y 91) con respecto al inicio del curso (gráficos 88 y 89) donde solo cuatro personas indican que lo podrían hacer. Al observar esta mejoría se puede decir que utilizar material electrónico para la enseñanza de cromatografía es de gran ayuda para la comprensión de los conceptos y su interpretación.

12. ¿Cómo considera que se manejaron los contenidos del curso?

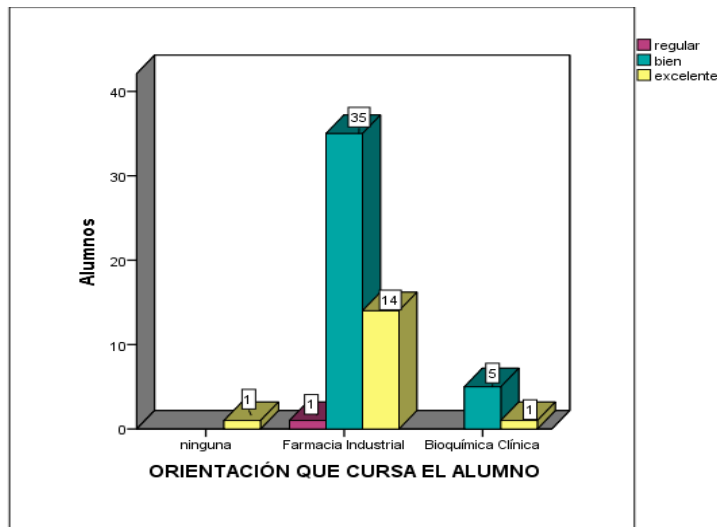


Gráfico 92

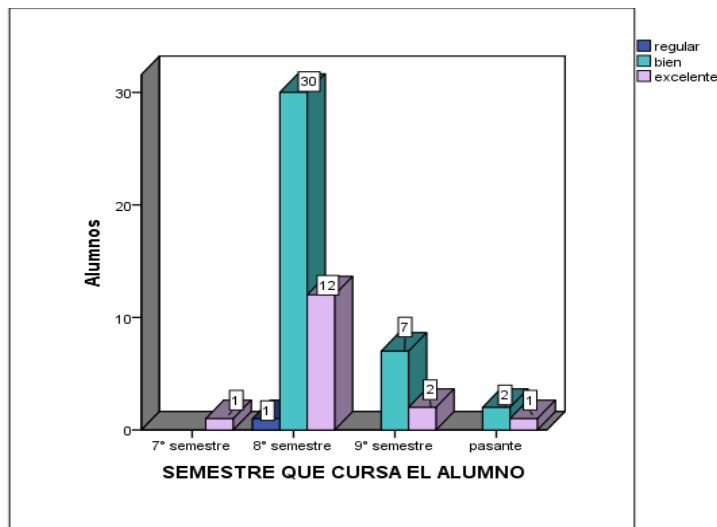


Gráfico 9

Opinión de los alumnos con respecto al manejo del contenido del curso

En los gráficos 92 y 93, se observa que la mayoría de los asistentes al curso consideró que la forma en la cual se impartió el curso, así como el manejo de los contenidos durante el mismo fue buena, mientras que el resto de los alumnos afirmó que fue excelente la manera en la cual se impartió el curso y como se manejó la información

8.4 Evaluación de los programas informáticos de simulación empleados en los cursos de CLAR

- a) HPLC Simulator. Ver ficha de evaluación en anexos
- b) ACD/LC Simulator. Ver ficha de evaluación en anexos

8.5 Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

Para determinar si existe una diferencia significativa en cuanto al conocimiento de los alumnos antes y después de haber asistido al curso de HPLC se realizó la prueba estadística de los rangos con signo de Wilcoxon, para lo cual se utilizó el programa SPSS V 20.

Para determinar si existía una diferencia significativa entre el antes y después del curso se evaluaron los cuestionarios aplicados contando el número de respuestas correctas y asignando así un valor, posteriormente se comparó el resultado del cuestionario aplicado al inicio del curso con respecto al cuestionario aplicado al final; para llevar a cabo la comparación se partió de la siguiente hipótesis:

Ho: $X_1 = X_2$ si ≥ 0.05

Ha: $X_1 \neq X_2$ si ≤ 0.05

Siendo X_1 el resultado de los cuestionarios al inicio del curso y X_2 el resultado del mismo al final del curso

El valor encontrado para la asíntota lateral es de 0.000 con lo cual se puede decir que existe una diferencia estadísticamente significativa entre el conocimiento sobre HPLC que poseen los estudiantes antes de asistir al curso y después.

Estadísticos de contraste^a

	Después del curso - Antes del curso
Z	-7.099 ^b
Sig. asíntota. (bilateral)	.000

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos negativos.

A través del presente estudio experimental, prospectivo, longitudinal y comparativo se logró lo siguiente:

Con el primer cuestionario se captó una población de 149 alumnos pertenecientes a 7°, 8° y 9° semestres de la carrera de QFB de la FES Zaragoza, con la información recabada se obtuvo conocimiento de la percepción que tienen los alumnos con respecto a la cromatografía de líquidos y el grado de conocimientos que poseen. Se logró detectar que los alumnos de los últimos semestres de la carrera de QFB de la FES Zaragoza tienen conocimientos y experiencia en el uso de diversas técnicas para el análisis de compuestos, sin embargo se tiene deficiencia en el conocimiento de cromatografía de líquidos a pesar de ser una técnica cada vez más común. Con este diagnóstico se justifica la generación de cursos introductorios y/o complementarios sobre cromatografía de líquidos dirigidos a los alumnos de los últimos semestres de la carrera de QFB.

Los programas informáticos utilizados en los cursos fueron evaluados con el fin de encontrar el mejor tiempo y forma de aplicarlos dentro de las clases, entre algunos de los aspectos evaluados se encuentran los usuarios hacia los cuales están dirigidos, el contenido, requisitos técnicos, las habilidades que se desarrollan con el programa y la funcionalidad.

Los cursos de cromatografía fueron dirigidos a alumnos de los últimos semestres de la carrera, pues se tenía contemplado que para ese nivel los conceptos y aplicaciones serían más sencillos de comprender, sin embargo, durante las sesiones se observó que los alumnos pedían aclarar conceptos de química analítica, lo cual hizo que se atrasara el cumplimiento total del temario contemplado para el curso. También se observó el interés de los alumnos por un curso más largo o bien programar un curso más avanzado, sin embargo no fue posible continuar por falta de un espacio disponible.

Al evaluar el conocimiento de los alumnos con un cuestionario al inicio y final del curso se encontró que los asistentes mejoraron su nivel de conocimientos sobre cromatografía de líquidos, esto demostrado estadísticamente por la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon. Este hallazgo deja las bases para considerar la generación de cursos complementarios para la enseñanza de cromatografía de líquidos como parte de la formación de los futuros farmacéuticos egresados de FES Zaragoza.

IX CONCLUSIONES

Se cumplió el objetivo principal, el cual fue proponer el uso de software de simulación como alternativa de enseñanza de conceptos básicos de cromatografía, ya que a pesar de que este recurso existe desde hace tiempo no se había implementado para la docencia dentro de la FES Zaragoza donde no se cuenta con un equipo cromatográfico disponible .

Dentro de los asistentes al curso se observaron tanto alumnos con conocimientos básicos como alumnos que mostraron no poseer esos conocimientos, la evaluación al término de los cursos muestra la obtención y/o mejoría en los conocimientos básicos de cromatografía de líquidos. En base a los resultados también se puede inferir que los alumnos de la carrera de QFB de FES Zaragoza conocen técnicas analíticas sin embargo requieren de los conocimientos básicos de cromatografía de líquidos para tener herramientas suficientes para enfrentar su futura vida laboral, al ser esta una técnica cada vez más frecuente para el análisis de compuestos.

Este trabajo da la pauta para considerar seriamente la creación de cursos extra-clase sobre cromatografía de líquidos con el fin de mejorar la calidad de la formación de los alumnos de la carrera de QFB de la FES Zaragoza para lograr un mejor desempeño como futuros egresados.

X REFERENCIAS

1. Braithwaite, A; Smith, F. Chromatographic Methods. 5thed. United Kingdom: Kluwer Academic Publishers; 1999.
2. Christian G. Analytical Chemistry. 6th ed. USA: John Wiley and Sons, Inc.; 2004.
3. Snyder L. Chromatography, Part A: fundamentals and techniques. 5thed. Journal of Chromatography Library, 1992.
4. Weston, A; Brown, P. HPLC and CE Principles and Practice. USA: W. B. Saunders Company; 1997
5. Ahujas, S; Dong, M. Handbook of Pharmaceutical Analysis by HPLC. United Kingdom: Elsevier Inc.; 2005
6. Kazakevich Y. HPLC for Pharmaceutical Scientist. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.; 2007
7. Dong M. Modern HPLC for Practicing Scientist. New Jersey: Wiley-Interscience; 2006
8. Shushan B. A Review of Clinical Diagnostic Applications of Liquid Chromatography-Tandem Spectrometry. Mass Spectrometry Reviews. 2010; 29:930–944.
9. Poole B. Tecnología Educativa. Educar para la Sociocultura de la Comunicación y del conocimiento. Madrid: McGraw-Hill; 1999
10. Colección educ.ar. Software Educativo. [sede web]. Argentina. [2003; acceso junio 11 2013]. <http://coleccion.educ.ar/coleccion/CD6/contenidos/teoricos/modulo-2/m2-2.html>
11. Del Moral E. Tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Creatividad y Educación. Educar. 1999, 25: 33-52
12. Méndez P. evaluación de Multimedia Aplicados a la educación. Revista Pedagógica. 2000; 21(62): 363-374
13. Barrera M. Las tecnologías de la Información y Comunicación en Educación. X Congreso Nacional de Investigación Educativa. Entornos Virtuales del Aprendizaje. México: Consejo Mexicano de Investigación Educativa. 2010; 1-13.
14. Universidad de Valencia. Criterios de Calidad de las aplicaciones Multimedia Educativas. [sede web]. España; [2010; acceso junio 10 2013]. <http://www.uv.es/bellochc/pwedu5.htm>

15. Andreas Größler. Don't Let History Repeat itself- Methodological Issues Concerning the Use of Simulators in Teaching and Experimentation. *System Dynamics Review*. 2004; 20 (3): 263-274.
16. Contreras G. Uso de Simuladores como Recurso Digital para la Transferencia de Conocimiento. *Apertura, Innovación Educativa*. 2010. 10 (12): 86-100
17. Effiong M., Ufonabasi R. Computer-Based Science Simulations, Guided-Discovery and Students' Performance in Chemistry. *Modern Applied Science*. 2011. 5 (6): 211- 217
18. Rasteiro M., Ferreira L. LABVIRTUAL- A Platform to Teach Chemical Process. *Education for Chemical Engineers*. 2009. 4: e9-e19.
19. Larive C. A Picture is Worth a Thousand Words: Animations and Simulations in the Teaching of Analytical Science. *Anal Bioanal Chem*. 2008. 390:71–75
20. Stone D. Teaching Chromatography Using Virtual Laboratory Exercises. *Journal of Chemical Education*. 2009. 84(9): 1488- 1496.
21. Boswell P. An Advanced, Interactive, High-Performance liquid Chromatography Simulator and Instructor Resources. *Journal of Chemical Education*. 2013. 90(2): 198-202
22. Molnar- Institute for applied chromatography. DryLab Software [sede web]. Alemania; [2013; acceso mayo 30 2013]. <http://www.molnar-institut.com/HP/index.php>
23. ChromSword. [sede web]. Alemania; [2013; acceso mayo 30 2013]. <http://www.chromsword.com/en/products/>
24. Reijenga J. training software for high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*. 2000. 903: 41-48
25. Jetse's Simulations of CE and other analytical techniques. HPLCSIM simulation software. [sede web]. [acceso mayo 31 2013]. <http://edu.chem.tue.nl/ce/simulations.htm>
26. Reijenga J. Simulators for analytical separation methods. User manual. Slovakia: Comenius University in Bratislava. 2004, 13-17 pp
27. Rittenhouse R. HPLC for windows: a computer simulation of high-performance liquid chromatography. *Journal of Chemical Education*. 1995. 72 (12): 1086-1087
28. Colby Chemistry Home Page. HPLC Simulator. [sede web]. [2010; acceso mayo 31 2013]. <http://www.colby.edu/chemistry/NMR/hplc.html>

29. Ohio University. Chromatography Simulation Software (Chromulator). [sede web]. [acceso junio 1 2013]. <http://www.ohio.edu/people/gu/CHROM/>
30. University of Athens. Chromatographic Separations. [sede web]. Grecia: [acceso junio 1 2013]. <http://www.chem.uoa.gr/applets/AppletChrom/AppletChrom2.html>
31. OpenChrom. Software for Chromatography and mass spectrometry. [sede web]. Alemania: [acceso junio 1 2013]. <http://www.openchrom.net/main/content/index.php>
32. ACD/Labs. ACD/LC Simulator. [sede web]. [enero 2013; acceso junio 1 2013]. http://www.acdlabs.com/products/com_iden/meth_dev/lc_sim/ ACD/Labs. ACD/Labs Products Catalogue 2007/2008. [sede web]. [enero 2013; acceso junio 1 2013]. www.acdlabs.com/catalog
33. hplcsimulator.org, the free open-source simulator project. [sede web]. United States: [acceso mayo 20]. <http://www.hplcsimulator.org/index.php>

XI. ANEXOS

11.1 Validación del cuestionario de diagnóstico para evaluar el conocimiento de los alumnos sobre cromatografía de líquidos

11.1.1 Análisis de fiabilidad

TABLA ESTADÍSTICOS DE FIABILIDAD 1

Alfa de Cronbach	N de elementos
.662	10

TABLA ESTADÍSTICOS TOTAL-ELEMENTO 1

	Media de la escala si se elimina el elemento	Varianza de la escala si se elimina el elemento	Correlación elemento-total corregida	Alfa de Cronbach si se elimina el elemento
1. ¿Conoce de cromatografía?	31.53	11.132	.125	.674
2. ¿Conoce de cromatografía de líquidos?	32.43	10.387	.242	.655
3. ¿Cree que la cromatografía de líquidos de alta resolución es una herramienta indispensable para el Q.F.B?	30.38	9.986	.335	.636
4. ¿Cree necesaria la generación de cursos de cromatografía en intersemestre?	30.30	9.372	.575	.590
5. ¿Cree necesaria la generación de cursos de cromatografía de líquidos en intersemestre?	30.24	9.692	.578	.596
6. Si el programa de Desarrollo Analítico por su carga académica no permite inclusión de más tiempo, ¿Estaría dispuesto a invertir horas en tomar taller complementario dedicado a la cromatografía de líquidos?	30.57	9.296	.453	.609
7. ¿Ha utilizado software de simulación para cromatografía de líquidos?	33.72	10.904	.210	.658
8. ¿Ha utilizado hojas de cálculo para cromatografía de líquidos?	33.77	11.297	.199	.658

9. ¿Considera necesario incluir un apartado dedicado a cromatografía de líquidos, empleando simulación en el programa del módulo de desarrollo analítico?	30.56	9.773	.357	.631
10. ¿Cree necesario un curso de química analítica previo al curso de cromatografía?	31.14	9.701	.258	.660

TABLA ESTADÍSTICOS DE FIABILIDAD 2

Alfa de Cronbach	Parte 1	Valor	.588
		N de elementos	5 ^a
	Parte 2	Valor	.473
		N de elementos	5 ^b
	N total de elementos		10
Correlación entre formas			.425
Coeficiente de Spearman-Brown	Longitud igual		.596
	Longitud desigual		.596
Dos mitades de Guttman			.596

a. Los elementos son: 1. ¿Conoce de cromatografía?, 2. ¿Conoce de cromatografía de líquidos?, 3. ¿Cree que la cromatografía de líquidos de alta resolución es una herramienta indispensable para el Q.F.B?, 4. ¿Cree necesaria la generación de cursos de cromatografía en intersemestre?, 5. ¿Cree necesaria la generación de cursos de cromatografía de líquidos en intersemestre?

b. Los elementos son: 6. Si el programa de Desarrollo Analítico por su carga académica no permite inclusión de más tiempo, ¿Estaría dispuesto a invertir horas en tomar taller complementario dedicado a la cromatografía de líquidos?, 7. ¿Ha utilizado software de simulación para cromatografía de líquidos?, 8. ¿Ha utilizado hojas de cálculo para cromatografía de líquidos?, 9. ¿Considera necesario incluir un apartado dedicado a cromatografía de líquidos, empleando simulación en el programa del módulo de desarrollo analítico?, 10. ¿Cree necesario un curso de química analítica previo al curso de cromatografía?

11.1.2 Análisis de validez

TABLA DE COMUNALIDADES 1

	Inicial	Extracción
1. ¿Conoce de cromatografía?	1.000	.683
2. ¿Conoce de cromatografía de líquidos?	1.000	.673
3. ¿Cree que la cromatografía de líquidos de alta resolución es una herramienta indispensable para el Q.F.B?	1.000	.311
4. ¿Cree necesaria la generación de cursos de cromatografía en intersemestre?	1.000	.707
5. ¿Cree necesaria la generación de cursos de cromatografía de líquidos en intersemestre?	1.000	.686
6. Si el programa de Desarrollo Analítico por su carga académica no permite inclusión de más tiempo, ¿Estaría dispuesto a invertir horas en tomar taller complementario dedicado a la cromatografía de líquidos?	1.000	.453
7. ¿Ha utilizado software de simulación para cromatografía de líquidos?	1.000	.765
8. ¿Ha utilizado hojas de cálculo para cromatografía de líquidos?	1.000	.794
9. ¿Considera necesario incluir un apartado dedicado a cromatografía de líquidos, empleando simulación en el programa del módulo de desarrollo analítico?	1.000	.446
10. ¿Cree necesario un curso de química analítica previo al curso de cromatografía?	1.000	.250

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

TABLA DE VARIANZA TOTAL EXPLICADA 1

Componete	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Tot al	% de la varian za	% acumula do	Tot al	% de la varian za	% acumula do	Tot al	% de la varian za	% acumula do
1	2.817	28.173	28.173	2.817	28.173	28.173	2.706	27.055	27.055
2	1.675	16.753	44.926	1.675	16.753	44.926	1.657	16.565	43.621
3	1.275	12.753	57.679	1.275	12.753	57.679	1.406	14.058	57.679

4	.969	9.693	67.372
5	.815	8.150	75.522
6	.770	7.704	83.226
7	.605	6.053	89.279
8	.495	4.947	94.226
9	.380	3.797	98.022
10	.198	1.978	100.000

TABLA DE MATRIZ DE COMPONENTES ROTADOS^A

	Componente		
	1	2	3
4. ¿Cree necesaria la generación de cursos de cromatografía en intersemestre?	.825		
5. ¿Cree necesaria la generación de cursos de cromatografía de líquidos en intersemestre?	.796		
6. Si el programa de Desarrollo Analítico por su carga académica no permite inclusión de más tiempo, ¿Estaría dispuesto a invertir horas en tomar taller complementario dedicado a la cromatografía de líquidos?	.665		
9. ¿Considera necesario incluir un apartado dedicado a cromatografía de líquidos, empleando simulación en el programa del módulo de desarrollo analítico?	.650		
3. ¿Cree que la cromatografía de líquidos de alta resolución es una herramienta indispensable para el Q.F.B?	.524		
10. ¿Cree necesario un curso de química analítica previo al curso de cromatografía?	.488		
8. ¿Ha utilizado hojas de cálculo para cromatografía de líquidos?		.887	
7. ¿Ha utilizado software de simulación para cromatografía de líquidos?		.873	
1. ¿Conoce de cromatografía?			.826
2. ¿Conoce de cromatografía de líquidos?			.809

11.2 Validación del cuestionario de diagnóstico para evaluar el conocimiento de los alumnos sobre cromatografía de líquidos

11.2.1 Análisis de fiabilidad

TABLA ESTADÍSTICOS DE FIABILIDAD 3

Alfa de Cronbach	N de elementos
.702	11

TABLA ESTADÍSTICOS TOTAL-ELEMENTO 2

	Media de la escala si se elimina el elemento	Varianza de la escala si se elimina el elemento	Correlación elemento-total corregida	Alfa de Cronbach si se elimina el elemento
¿Conoce que es un diagrama de distribución de especies y su aplicación?	19.07	1.947	.508	.676
¿Podrías obtener un perfil de solubilidad con respecto al pH? ¿Conoces su aplicación en cromatografía?	19.21	1.686	.351	.686
¿Has realizado el diseño de un método cromatográfico?	19.34	1.862	.071	.770
¿Conoces cuales son las características que debes conocer en una columna cromatográfica?	19.28	1.606	.353	.693
¿Conoces la ecuación de la resolución que es función de las variables de selectividad, retención y eficiencia?	19.06	1.977	.635	.677
¿Sabes que es la eficiencia cromatográfica y su simbología?	19.10	1.864	.381	.677
¿Sabes que es selectividad cromatográfica y su simbología?	19.07	1.909	.615	.667
¿Sabes que es retención cromatográfica y su simbología?	19.10	1.806	.479	.663
¿Sabes cual es la diferencia entre un equipo de HPLC de alta y baja presión?	19.06	1.977	.635	.677
En estos momentos ¿podrías programar y aplicar una hoja de cálculo para obtener	19.10	1.799	.552	.656

parámetros cromatográficos?

En estos momentos ¿podrías aplicar una hoja de cálculo para interpretar cambios en los parámetros que afectan una separación cromatográfica?	19.10	1.799	.552	.656
--	-------	-------	------	------

TABLA ESTADÍSTICOS DE FIABILIDAD 4

Alfa de Cronbach	Parte 1	Valor	.430
		N de elementos	6 ^a
	Parte 2	Valor	.793
		N de elementos	5 ^b
	N total de elementos		11
Correlación entre formas			.549
Coeficiente de Spearman-Brown	Longitud igual		.709
	Longitud desigual		.710
Dos mitades de Guttman			.682

a. Los elementos son: ¿Conoce que es un diagrama de distribución de especies y su aplicación?, ¿Podrías obtener un perfil de solubilidad con respecto al pH? ¿Conoces su aplicación en cromatografía?, ¿Has realizado el diseño de un método cromatográfico?, ¿Conoces cuales son las características que debes conocer en una columna cromatográfica?, ¿Conoces la ecuación de la resolución que es función de las variables de selectividad, retención y eficiencia?, ¿Sabes que es la eficiencia cromatográfica y su simbología?.

b. Los elementos son: ¿Sabes que es la eficiencia cromatográfica y su simbología?, ¿Sabes que es selectividad cromatográfica y su simbología?, ¿Sabes que es retención cromatográfica y su simbología?, ¿Sabes cual es la diferencia entre un equipo de HPLC de alta y baja presión?, En estos momentos ¿podrías programar y aplicar una hoja de cálculo para obtener parámetros cromatográficos?, En estos momentos ¿podrías aplicar una hoja de cálculo para interpretar cambios en los parámetros que afectan una separación cromatográfica?.

11.2.2 Análisis de validez

TABLA COMUNALIDADES 2

	Inicial	Extracción
¿Conoce que es un diagrama de distribución de especies y su aplicación?	1.000	.645
¿Podrías obtener un perfil de solubilidad con respecto al pH? ¿Conoces su aplicación en cromatografía?	1.000	.591
¿Has realizado el diseño de un método cromatográfico?	1.000	.704
¿Conoces cuales son las características que debes conocer en una columna cromatográfica?	1.000	.622
¿Conoces la ecuación de la resolución que es función de las variables de selectividad,	1.000	.952

retención y eficiencia?		
¿Sabes que es la eficiencia cromatográfica y su simbología?	1.000	.628
¿Sabes que es selectividad cromatográfica y su simbología?	1.000	.793
¿Sabes que es retención cromatográfica y su simbología?	1.000	.584
¿Sabes cual es la diferencia entre un equipo de HPLC de alta y baja presión?	1.000	.952
En estos momentos ¿podrías programar y aplicar una hoja de cálculo para obtener parámetros cromatográficos?	1.000	.943
En estos momentos ¿podrías aplicar una hoja de cálculo para interpretar cambios en los parámetros que afectan una separación cromatográfica?	1.000	.943

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

TABLA VARIANZA TOTAL EXPLICADA 2

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	4.621	42.009	42.009	4.621	42.009	42.009
2	1.624	14.768	56.777	1.624	14.768	56.777
3	1.096	9.966	66.743	1.096	9.966	66.743
4	1.015	9.231	75.975	1.015	9.231	75.975
5	.816	7.423	83.397			
6	.684	6.220	89.617			
7	.638	5.802	95.419			
8	.303	2.752	98.171			
9	.201	1.829	100.000			
10	2.799E-016	2.544E-015	100.000			
11	-1.366E-016	-1.242E-015	100.000			

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

11.3 Evaluación del software de simulación

11.3.1 FICHA DE EVALUACIÓN DE ACD/LC SIMULATOR

CURSO TEÓRICO-PRÁCTICO EN HPLC CON SOFTWARE DE SIMULACIÓN

Presentación:	
Título:	ACD/LC SIMULATOR
Autor y/o editor:	ACD LABS
Dirección web:	http://www.acdlabs.com/home/
Idioma	Ingles
Año de publicación (versión)	V 2012

Descripción general:	
Usuarios a los que va dirigido:	Dirigido para profesores que buscan una forma interactiva de enseñar cromatografía, químicos encargados de desarrollar y optimizar métodos cromatográficos, laboratorios de investigación.
Tema:	Simulación de cromatografía de líquidos
Descripción general:	
<p>Simulador comercial con el cual se puede predecir el pKa y el tiempo de retención de compuestos orgánicos para separaciones por cromatografía de líquidos, realiza análisis de optimización de cromatogramas obtenidos experimentalmente. Predice cromatogramas en función al pH, temperatura y sistema de elusión, construye mapas de resolución con el fin de evaluar el mejor método que se puede llevar al laboratorio.</p>	
Objetivos:	
<ul style="list-style-type: none">• Herramienta interactiva para la enseñanza de cromatografía de líquidos• Facilitar el entendimiento de conceptos relacionados a cromatografía de líquidos• Simular separaciones cromatográficas• Optimizar métodos analíticos por cromatografía de líquidos	

Contenidos:

- Predicción de pKa
- Predicción de solubilidad
- Obtención de diagramas de distribución de especies
- Obtención del comportamiento de solubilidad por efecto de pH
- Obtención del coeficiente de reparto
- Obtención del coeficiente de reparto por efecto de pH
- Simulación del comportamiento cromatográfico en base a propiedades ácido
- Simulación del comportamiento cromatográfico en base solubilidad
- Simulación del comportamiento cromatográfico en base al coeficiente de reparto
- Predicción de una separación cromatográfica en modalidad isocrática
- Predicción de una separación cromatográfica en modalidad por gradiente
- Optimización de una separación cromatográfica manejando 2 variables:
 - pH y fuerza de elución
 - Temperatura y pH
 - pH y concentración de par iónico
 - Gradiente y temperatura
 - Gradiente y pH
 - Isocrático y pH
 - Gradiente y pH
- Selección de una base de datos de columnas cromatográficas
- Predicción de adecuabilidad del sistema:
 - Factor de retención
 - Resolución
 - Selectividad
 - Eficiencia

Catalogación

Tipo de aplicación multimedia:	Informativa <u>Formativa</u>
Teoría subyacente	Conductismo Procesamiento Información Aprendizaje por descubrimiento <u>Aprendizaje significativo</u> Cognitivismo Constructivismo

Nivel de control:	Cerrado	Semiabierto	<u>Abierto</u>
Modo de uso	<u>Local (off-line)</u>	Web (on-line)	
Contenido:	General	<u>Específico</u> : simulación de cromatografía de líquidos	

Requisitos Técnicos					
Sistema Operativo	Mínimo Windows 2000 SP4 o XP Professional SP3 con 1200 MB o más de memoria RAM				
Requisitos técnicos	Procesador Pentium de no menos de 1 GHz, adaptador de gráficos con una resolución no menor de 800 por 600 con 256 colores				
Características Técnicas/ Estéticas					
Grado de adecuación de:	Muy Inadecuado	Inadecuado	Normal	Adecuado	Muy adecuado
Sistema de instalación y puesta en marcha				✓	
Componentes multimedia				✓	
Procesamiento y presentación de la información (fluidez, rapidez)				✓	
Entorno visual (calidad, sencillez, claridad y coherencia)				✓	
Accesibilidad		✓			
Estructura y sistema de navegación (sencillez, claridad y coherencia)				✓	
OBSERVACIONES					

Se considera inadecuada la accesibilidad ya que para instalar el programa se requiere de una fuerte inversión para su compra (\$ 3500. 00 USD) y al tener un uso con fines de docencia se cuenta con recursos limitados para la adquisición.

ADECUACIÓN COMO RECURSO PARA EL APRENDIZAJE O INTERVENCIÓN

Grado de adecuación de:	Muy Inadecuado	Inadecuado	Medio	Adecuado	Muy Adecuado
Los objetivos propuestos				✓	
Los contenidos				✓	
Las actividades				✓	
Vocabulario				✓	
Componentes multimedia				✓	
Estrategias didácticas				✓	
Seguimiento de las acciones del usuario			✓		
Motivación y retroalimentación			✓		
Sistema de evaluación			✓		

DESCRIBE:

Habilidades cognitivas que desarrolla	<p>Relacionar el efecto de las variables cromatográficas sobre la separación de compuestos.</p> <p>Predecir el efecto de las variables cromatográficas sobre la separación de una mezcla de compuestos.</p> <p>Proponer y establecer las condiciones optimas para realizar una separación cromatográfica.</p>
Destrezas manuales y/o procedimentales	<p>Proporcionar las bases teórico-prácticas para el posterior desarrollo de métodos analíticos utilizando cromatografía de líquidos.</p> <p>Apoyo en la optimización de condiciones para métodos cromatográficos.</p>

Actitudes.	Interés en los alumnos por entender y llevar a la práctica la cromatografía de líquidos.
------------	--

OBSERVACIONES:

Requiere de la intervención del profesor para explicar el uso del software, sin embargo el alumno no tiene acceso al programa para utilizarlo de forma autodidacta.

Funcionalidad					
Nivel de....	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Eficacia para el logro de los objetivos			✓		
Relevancia de los aprendizajes			✓		
Aportación metodológica				✓	
Relación inversión-eficacia					✓

Observaciones (aspectos positivos y negativos):

- Aspectos positivos

El software ACD/LC Simulator es de gran utilidad como herramienta de apoyo para la enseñanza de cromatografía de líquidos.

Resulta muy ilustrativo explicar los conceptos de cromatografía conforme se utiliza el simulador.

Se pueden importar datos cromatográficos reales y obtener las condiciones óptimas para conseguir mejores resultados en la separación.

Ofrece un gráfico de correlación entre lo simulado y lo experimental.

La información obtenida puede guardarse y ser utilizada posteriormente.

Se tiene acceso a bases de datos de cromatografía, los datos obtenidos de la simulación pueden exportarse en archivo de texto en Word o PDF

- Aspectos negativos

Se requiere de amplios conocimientos de cromatografía para entender como afectan las variables en la separación cromatográfica.

Tiene un costo elevado lo cual hace que el programa no sea muy accesible si solamente se utiliza con fines de docencia.

Valoración Global:

Es un buen programa para ser utilizado en el aula como recurso de apoyo a la enseñanza de cromatografía de líquidos.

Ofrece los resultados de la separación cromatográfica de forma instantánea con lo cual el alumno observa al momento la influencia que tienen las diversas variables (temperatura, composición de la fase móvil, características de la columna, pH, etc.) en un análisis cromatográfico.

Se tiene acceso a bases de cromatogramas, ayuda a optimizar métodos cromatográficos reales.

Requiere de una fuerte inversión para su adquisición, se recomienda su uso para docencia y además para la optimización de métodos cromatográficos.

11.3.2 FICHA DE EVALUACIÓN DE HPLC SIMULATOR

CURSO TEÓRICO-PRÁCTICO EN HPLC CON SOFTWARE DE SIMULACIÓN

Presentación:	
Título:	HPLC Simulator
Autor y/o editor:	Peter Carr, Paul Boswell, Dwight Stoll
Dirección web:	http://hplcsimulator.org/index.php
Idioma	Ingles
Año de publicación (versión)	2012 HPLC Simulator versión 1.1.2

Descripción general:	
Usuarios a los que va dirigido:	Recurso libre para cualquier persona interesada en simular cromatografía de líquidos. Es útil para investigadores, profesores y estudiantes.
Tema:	Simulación de cromatografía de líquidos
Descripción general:	
Este programa pretende hacer sencillo el aprendizaje de conceptos básicos de cromatografía, así como entender la relación que existe entre diferentes parámetros que intervienen en una separación cromatográfica, en este simulador se pueden ajustar parámetros experimentales y observar como cambia el aspecto de un cromatograma. El software esta diseñado para ser de	

utilidad a estudiantes, profesores e investigadores y su propósito es únicamente educacional.

Objetivos:

- Simular una separación cromatográfica con diversas mezclas de compuestos químicos
- Ajustar parámetros experimentales y observar su efecto en la separación cromatográfica
- Facilitar el entendimiento de conceptos relacionados a cromatografía de líquidos
- Proporcionar las bases teóricas para el desarrollo de métodos analíticos cromatográficos

Contenidos:

- Composición de fase móvil (agua, metanol y acetonitrilo)
- Opciones del cromatograma
- Propiedades cromatográficas (temperatura, volumen de inyección, velocidad de flujo)
- Propiedades generales
- Propiedades de columna (longitud, tamaño de partícula, diámetro interno, porosidad intra e inter particular)

Catalogación

Tipo de aplicación multimedia:	Informativa
	<u>Formativa</u>
Teoría subyacente	Conductismo Procesamiento Información Aprendizaje por descubrimiento <u>Aprendizaje significativo</u> Cognitivismo Constructivismo
Nivel de control:	Cerrado <u>Semiabierto</u> Abierto
Modo de uso	<u>Local (off-line)</u> <u>Web (on-line)</u>

Contenido:	General	<u>Específico</u> : simulación de cromatografía de líquidos
------------	---------	---

Requisitos Técnicos					
Sistema Operativo	Windows XP SP3				
Requisitos técnicos	Tener instalado Java Runtime enviroment 1.6.0 o más actual				
Características Técnicas/ Estéticas					
Grado de adecuación de:	Muy Inadecuado	Inadecuado	Normal	Adecuado	Muy adecuado
Sistema de instalación y puesta en marcha					✓
Componentes multimedia				✓	
Procesamiento y presentación de la información (fluidez, rapidez,...)				✓	
Entorno visual (calidad, sencillez, claridad y coherencia)					✓
Accesibilidad				✓	
Estructura y sistema de navegación (sencillez, claridad y coherencia)				✓	
OBSERVACIONES					
Es necesario tener instalado una versión de Java al menos la versión 6 o posterior					

ADECUACIÓN COMO RECURSO PARA EL APRENDIZAJE O INTERVENCIÓN

Grado de adecuación de:	Muy Inadecuado	Inadecuado	Medio	Adecuado	Muy Adecuado
Los objetivos propuestos				✓	
Los contenidos				✓	
Las actividades				✓	
Vocabulario				✓	
Componentes multimedia				✓	
Estrategias didácticas				✓	
Seguimiento de las acciones del usuario			✓		
Motivación y retroalimentación			✓		
Sistema de evaluación			✓		

DESCRIBE:

Habilidades cognitivas que desarrolla	<p>Relacionar el efecto de las variables cromatográficas sobre la separación de compuestos.</p> <p>Predecir el efecto de las variables cromatográficas sobre la separación de una mezcla de compuestos.</p> <p>Proponer y establecer las condiciones optimas para realizar una separación cromatográfica.</p>
Destrezas manuales y/o procedimentales	Proporcionar las bases teórico-prácticas para el posterior desarrollo de métodos analíticos utilizando cromatografía de líquidos.
Actitudes.	Interés en los alumnos por entender y llevar a la práctica la cromatografía de líquidos.

OBSERVACIONES:

Requiere de la intervención del profesor para comenzar con el uso del software así como para explicar los conceptos básicos necesarios para entender la cromatografía de líquidos; posteriormente el alumno será capaz de utilizarlo de una manera autodidacta y resolver ejercicios.

Funcionalidad					
Nivel de....	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Eficacia para el logro de los objetivos				✓	
Relevancia de los aprendizajes				✓	
Aportación metodológica					✓
Relación inversión-eficacia					✓

Observaciones (aspectos positivos y negativos):

- Aspectos positivos

El software HPLC Simulator es de gran utilidad como herramienta de apoyo para la enseñanza de cromatografía de líquidos.

Resulta muy ilustrativo explicar los conceptos de cromatografía conforme se utiliza el simulador.

En una misma pantalla se observa un panel de control con los parámetros cromatográficos que se pueden modificar y a su vez se ve como cambia el cromatograma.

Cuenta con un tutorial en el cual se explica cada uno de los conceptos del panel de control y lo que se puede hacer en el simulador.

Posee una lista de 22 compuestos con los cuales se pueden formar diversas mezclas y realizar la separación cromatográfica.

Se requiere de una computadora con internet para tener acceso al programa, no requiere de pago alguno para su uso.

En la página de internet donde se encuentra el programa se pueden descargar ejercicios de apoyo para ser resueltos con el simulador

- Aspectos negativos

Se requiere de conocimientos previos de cromatografía para entender como afectan las variables en la separación cromatográfica.

Solamente se puede trabajar con los compuestos que se encuentran en la lista, no se pueden agregar nuevos compuestos.

Valoración Global:

Es un buen programa para ser utilizado en el aula como recurso de apoyo a la enseñanza de cromatografía de líquidos.

Ofrece los resultados de la separación cromatográfica de forma instantánea con lo cual el alumno observa al momento la influencia que tienen las diversas variables (temperatura, composición de la fase móvil, características de la columna, etc.) en un análisis cromatográfico.

El beneficio que se obtiene al utilizar este recurso es alto y la inversión requerida es mínima.