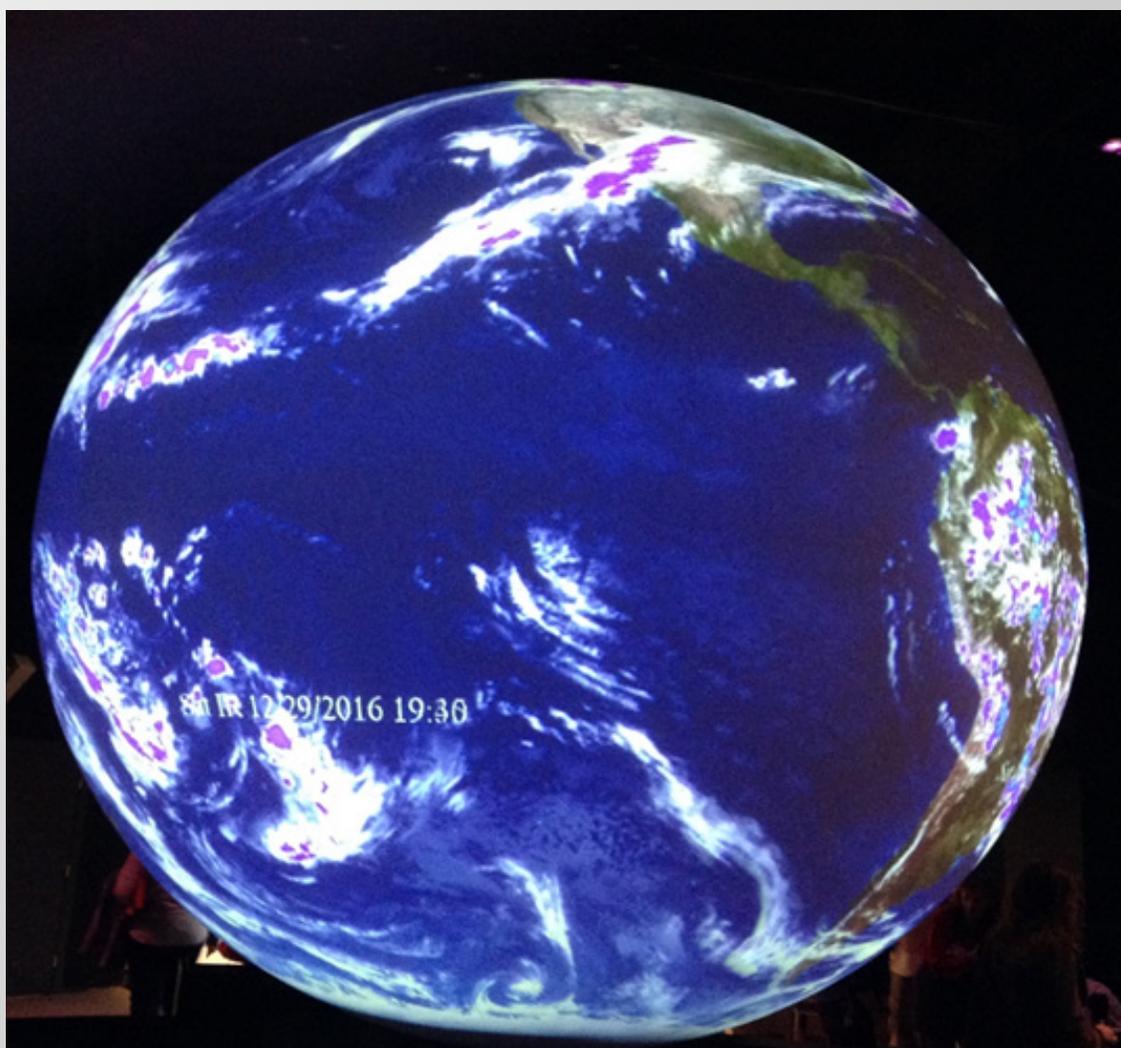




REVISTA MEXICANA DE INDUSTRIA Y SALUD

Facultad de Ciencias Químicas Gómez Palacio, UJED

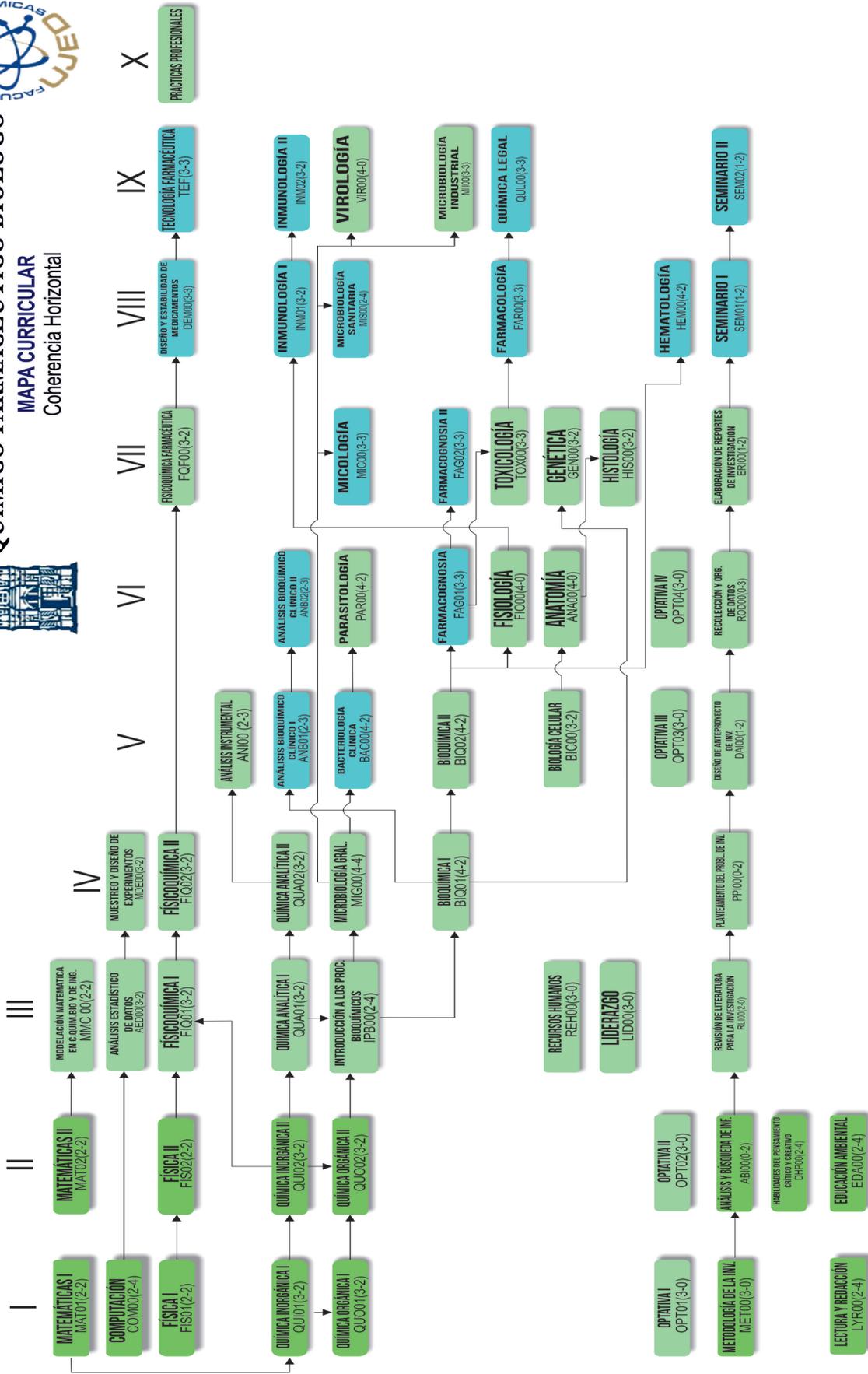


Número 7
Volumen 1
Mayo 2018



QUÍMICO FARMACÉUTICO BIÓLOGO

MAPA CURRICULAR
Coherencia Horizontal



FORMACIÓN INTEGRAL

ARTE CULTURAL Y DEPORTE			FORMACIÓN INTELLECTUAL			ACTIVIDADES DE VINCULACIÓN			SERVICIO SOCIAL EXPERIENCIA RECEPTIVAL			PRACTICAS PROFESIONALES											
T	P	C	T	P	C	T	P	C	T	P	C	T	P	C									
17	19	36	24	12	36	20	14	34	14	17	31	19	17	36	16	16	32	17	13	30	0	600	12
												8 CREDITOS			10 CREDITOS			4 CREDITOS			12 CREDITOS		

REVISTA MEXICANA DE INDUSTRIA Y SALUD

CINTILLO LEGAL

Revista Mexicana de Industria y Salud, año 4 No. 7 (Mayo-Octubre), es una publicación semestral editada por la Universidad Juárez del Estado de Durango a través de la Facultad de Ciencias Químicas Gómez Palacio ubicada en Av. Artículo 123 S/N Colonia Filadelfia Gómez Palacio, Durango. C.P. 35010. Tel (871) 7158810 ext. 118, www.fcqgp.ujed.mx, editorremdis@gmail.com, www.simposiumfcqujed@gmail.com. Editor responsable: M. C. Mónica Andrea Valdez Solana.

Reserva de derechos al uso exclusivo (en trámite), ISSN (en trámite), ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Lic. Luis Antonio Montoya Jáquez, Departamento de informática de la Facultad de Ciencias Químicas Gómez Palacio ubicado en Av. Artículo 123 S/N Col. Filadelfia Gómez Palacio, Durango. C.P. 35010, fecha de última actualización 30 de mayo de 2018.

Consejo Editorial

Juan Pablo Pardo Vázquez
Bioquímica; Facultad de Medicina, UNAM

Oscar Flores Herrera
Bioquímica; Facultad de Medicina, UNAM

Blanca Miriam Torres Mendoza
Epidemiología; Centro Investigación Biomédica de Occidente, IMSS

Luis Eduardo Figuera Villanueva
Medicina Molecular; Centro Investigación Biomédica de Occidente, IMSS

Ethel Awilda García Latorre
Inmunología, ENCB, IPN

Jaime Héctor Gómez Zamudio
Farmacéutica; Centro Médico Nacional, Siglo XXI

Carlos Regalado González
Biotecnología de Alimentos;
Universidad Autónoma de Querétaro

Francisco Ruiz Terán
Biotecnología de Alimentos; Facultad de Químicas, UNAM

Graciela Castro Escarpulli
Microbiología; Depto. Bacteriología médica, ENCB IPN

Jorge Alberto González Merchand
Microbiología; Dpto. Microbiología Molecular, ENCB IPN

Director editorial
Mónica Andrea Valdez Solana

Asistencia editorial
Francisco Carlos López Márquez
Juan José Martínez García
Erick Sierra Campos

Diseño
Luis Antonio Montoya Jáquez



DIRECTORIO INSTITUCIONAL

C.P.C y M.I. Oscar Erásmo Návar García
Rector

M.E. José Antonio Herrera Díaz
Secretario General

C.P. Manuel Gutiérrez Corral
Director General de Administración

Dr. Jacinto Toca Ramírez
Director de Planeación y Desarrollo Académico

Dr. Víctor Manuel Rodríguez González
Director de la Facultad de Ciencias Químicas GP

Dr. Omar Alonso López
Secretario Administrativo

Ing. Alma Alejandra Peralta Caballero
Secretario Académico

M.C. Mónica Andrea Valdez Solana
**Jefe de la División de Estudios de Posgrado e
Investigación**

Dra. Ruth Elizabeth Alanis Bañuelos
**Coordinadora Interna de la Maestría en Ciencias
Químicas**

Dra. Concepción García Luján
Coordinadora de Investigación

Dr. Juan José Martínez García
Coordinador Académico

CONTENIDO

EDITORIAL	vi
- Día Mundial de la Tierra Martínez Romero Aurora	
BIOQUÍMICA	1
- Métodos para la determinación de la actividad de la enzima convertidora de angiotensina I. Pérez-Velázquez Jesús Ricardo, Valdez-Solana Mónica Andrea, Meza-Velázquez Jorge Armando; Aguilera-Ortíz Miguel; Sierra-Campos Erick.	
ALIMENTOS	11
- Contenido fenólico, actividad antioxidante y actividad antifúngica de dos variedades de aloe deshidratada por aspersión a diferentes temperaturas. Martínez García Juan José, Pérez Reyes Margarita Alejandra, Corpus González Valeria, Zacatecas Ibañez Jorge Antonio, Sáenz Esqueda María de los Ángeles, Minjares Fuentes José Rafael, Candelas Cadillo María Guadalupe.	
QUÍMICA FARMACÉUTICA Y CLÍNICA	22
- Alcaloides: ¿Qué son? y ¿Cómo se determinan? Jurado Pérez Margarita, Sierra Campos Erick.	
CIENCIAS BIOMÉDICAS	32
- Prevalencia de enfermedades infecciosas en donadores de sangre del Hospital General de Zona No. 46 del IMSS de Gómez Palacio, Dgo. Espino-González Jesús Rafael, Esquivel-García Diana, Castro-Barraza Fernando, Aguilar-Valenzuela Jorge, García-Luján Concepción.	
PROBLEMA BIOQUÍMICO	40
- Cinética Enzimática. Erick Sierra Campos y Mónica Andrea Valdez Solana - Respuesta del problema anterior	
CRUCIGRAMA	41
- Virología. Erick Sierra Campos y Mónica Andrea Valdez Solana - Respuesta del crucigrama anterior	

Día Mundial de la Tierra

El Día de la Tierra, celebrado el 22 de abril. Su promotor, senador estadounidense Gaylord Nelson, día que se instauró para crear conciencia a los problemas que conlleva la sobrepoblación, contaminación, conservación de la biodiversidad y otras preocupaciones ambientales para proteger el planeta Tierra. Es un día para rendirle homenaje y reconocerlo como el hogar de los seres vivos. Preservarlo bajo los principios de la bioética así como de las relaciones del hombre con los demás seres vivos la biodiversidad a través de a bioremediación de suelos contaminados, conservación, análisis y valoración de servicios ambientales, procesos biotecnológicos para la producción de biocombustibles, ecología forestal y manejo sostenible de bosques, manejo integral de residuos, restauración ecológica, tratamiento de agua mediante procesos fisicoquímicos, desarrollo comunitario de sistemas socio-ecológicos, métodos para la evaluación de impacto ambiental, manejo de sistemas de información geográfica y técnicas estadísticas.

El tipo de restauración vegetal que se plantee en cada caso tendrá que ser coherente tanto desde el punto de vista ecológico como paisajístico en el territorio nacional, cuidando la flora silvestre predominante por su resistencia climatológica, que facilita el éxito de los tratamientos y al mismo tiempo reduce los costes de mantenimiento y el uso de agua. Trabajar en la reforestación y así controlar la erosión de la superficie generada por la explotación de recursos naturales y más aún por la construcción. La producción de abono orgánico a partir de desechos de origen bovino es el mejor que existe para todo tipo de plantas de tierra ácida.

Considerar la siembra de árboles y arbustos, dispuestos de forma semejante a la vegetación propia de las riberas y de cada región con mantas y redes orgánicas, estructuras de retención, geoceldas, georedes, gunitado ecológico, envejecimiento de roca, muros verdes, hidrosiembras y siembras. Preparar la superficie para la restauración vegetal, considerando la morfología, condiciones del subsuelo, drenaje, cantidad y calidad del suelo, para así proceder a la reposición de la vegetación seleccionada. Se tiene que crear un mundo más limpio, equilibrado y respirable, generar en cada individuo el ánimo de hacer conciencia de evitar seguir haciendo daño a nuestra querida Tierra, del cual depende nuestra integridad como seres humanos.

Dra. Aurora Martínez Romero
Profesora Investigadora de la FCQ-GP

INGENIERO QUÍMICO EN ALIMENTOS

Perfil de Ingreso

Conocimientos básicos e interés en las áreas de: Química, Física, Matemáticas y Biología.

Ser creativo y observador, capacidad de síntesis y análisis crítico, afinidad y gusto por la investigación y el trabajo en laboratorio.

Ser responsable, perseverante, propositivo y tener interés por el mejoramiento sociocultural y económico.

Perfil de Egreso

Controlar, diseñar y analizar proceso fisicoquímicos y biológicos en alimentos.

Desarrollar tecnología propia para el procesamiento, conservación y empaques de alimentos.

Investigación y desarrollo de nuevos productos alimenticios.



Universidad Juárez del Estado de Durango
Facultad de Ciencias Químicas Gómez Palacio



MISION

Formar personas competentes en el área de Ciencias Químicas, con sentido humano, científico y social que propicien el bienestar regional, estatal y nacional.

VISION

Ser una Facultad adaptable a las circunstancias nacionales y globales ofreciendo programas educativos de calidad, con personal docente y administrativo competente a través de la actualización dinámica en un ambiente armónico.

BIOQUÍMICA

(Bioenergética, proteínas, metabolismo, productos bioactivos)



"El arte de vencer se aprende en las derrotas"
Simón Bolívar (1783-1830): militar, político y ensayista venezolano

Métodos para la determinación de la actividad de la enzima convertidora de angiotensina I.

¹Pérez-Velázquez Jesús Ricardo, ¹Valdez-Solana Mónica Andrea, ¹Meza-Velázquez Jorge Armando;
¹Aguilera-Ortiz Miguel; ¹Sierra-Campos Erick.

¹Facultad de Ciencias Químicas Campus Gómez Palacio, Universidad Juárez del Estado de Durango. Av. Artículo 123 S/N Fracc. Filadelfia. Gómez Palacio, Durango, México. *Email: ericksier@gmail.com

Resumen

La enzima convertidora de angiotensina I (ACE-I) es uno de los principales reguladores de la presión arterial a través de su acción sobre el sistema renina-angiotensina-aldosterona. Los péptidos inhibidores de la ACE-I de materiales naturales tienen una importancia considerable como agentes antihipertensivos. Se han desarrollado diversos métodos para detectar y cuantificar su actividad y de esta forma descubrir nuevos inhibidores a partir de fuentes naturales; esta revisión presenta una visión general de los métodos analíticos, incluidos la espectrofotometría, fluorometría, radioquímica y HPLC.

1. Introducción

La ACE-I es una peptidil-dipeptidasa (EC 3.5.15.1) que forma parte del sistema de renina-angiotensina-aldosterona al hidrolizar la angiotensina I en la angiotensina II, la cual regula la presión arterial, hematopoyesis, reproducción, desarrollo renal, función renal y la respuesta inmune (Figura 1) (Arora y Chauhan, 2013). Por lo cual a esta enzima se le considera un blanco terapéutico para el control y tratamiento de diversas enfermedades cardiovasculares a nivel como la hipertensión, diabetes, disfunción renal, entre otras.

Existen diversos métodos de detección para determinar la actividad de esta enzima y sus potenciales inhibidores que abatan, disminuyan o regulen su función. Entre los múltiples métodos analíticos desarrollados se encuentran la cromatografía líquida de alta resolución, la espectrofotometría, la fluorescencia, la electroforesis y la radioquímica, con los cuales se obtienen resultados confiables, precisos y rápidos (López y cols., 2006; Fujita y cols., 2011; Lingbeck y cols., 2015; Fujita y cols., 2011; Cushman y cols., 1989; Fuglsang y cols., 2003; Dost y cols., 2014; Muhammad y fatima, 2015). Sin embargo, diversos problemas pueden presentarse al momento de montar un método en el laboratorio debido a limitaciones económicas o tecnológicas. Por lo que conocer el fundamento del método permite realizar modificaciones la finalidad de emplear reactivos que tengan las mismas propiedades químicas que aquellos utilizados en el protocolo original haciéndolo más accesible, sin arriesgar la sensibilidad. Por lo que es importante encontrar la metodología que se adapte mejor a nuestras condiciones del laboratorio. Debido a lo anterior, se explicarán los experimentos empleados en la cuantificación de la ACE-I, su fundamento, ventajas y desventajas (Tabla 1).

Tabla 1. Métodos de detección de la ACE-I, límites de detección, ventajas, desventajas y referencias.

Método	Límites de detección	Ventajas	Desventajas	Referencia
Espectrofotométrico	0.5-5 µg/mL	Rápido, sensible, accesible	Moléculas que interfieren con los resultados	Shuangang y cols., 2012
	3.4-30 mg/mL			Lam y cols., en 2007
Fluorescencia	5-100 µM	Accesible, rápido y sensible	Síntesis previa del sustrato	Sentandreu y Toldrá, 2006
Radio-químico	44 mU/L	Rápido y alta especificidad de reacción	Peligro por radiación	Baudin y cols., 1990
HPLC-DAD	0,03-0,61 µg/mL	Alta sensibilidad y reproducibilidad	Lento y de alto costo	Dawud y Shakya, 2014
	0.08-1.84 µg/mL			Elbl y Wagner, 1991

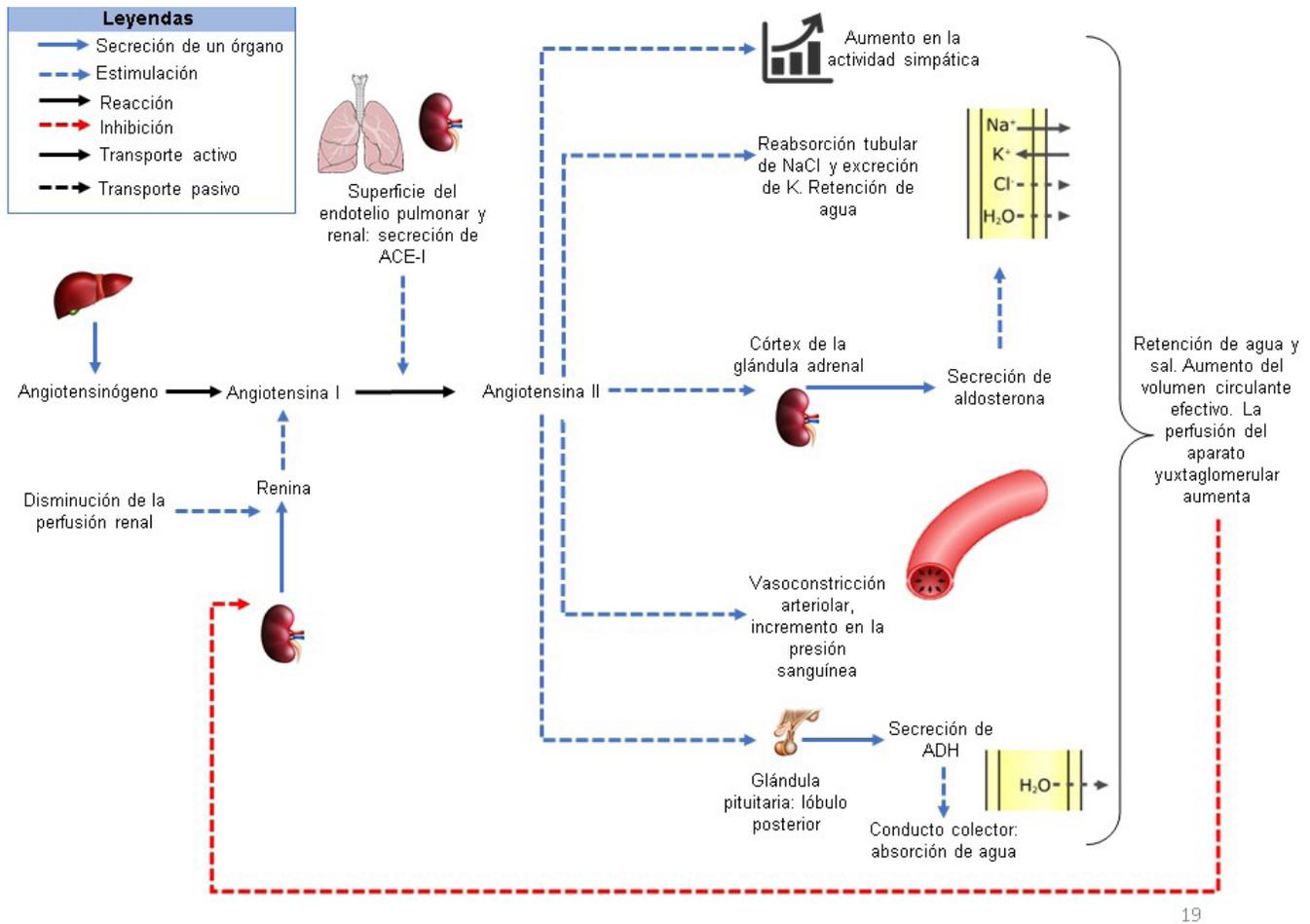


Figura 1. Mecanismo de acción del sistema de renina-angiotensina-aldosterona.

2. Métodos para evaluar la actividad enzimática por punto final

Las actividades enzimáticas se suelen llevar a cabo bajo condiciones de velocidad inicial para determinar el cambio de concentración del sustrato con respecto al tiempo. Sin embargo, este enfoque no puede ser empleado para medir la actividad de la ACE-I debido a que los tiempos de reacción son muy lentos y pueden variar desde 30 minutos hasta 6 horas. Por tanto, los ensayos son comúnmente por medición a punto final para ahorrar tiempo sin afectar la resolución de los resultados.

2.1 Espectrofotométricos

Este método determina cuanta luz absorbe o dispersa una sustancia química, una vez que un haz de luz atraviesa la muestra en solución, el cual puede ser un compuesto o analito como producto de una reacción enzimática.

Cushman y Cheung desarrollaron en 1971 un método espectrofotométrico sensible, de tiempo

fijo, el cual mide la producción de ácido hipúrico (HA) a partir del sustrato hipúric-L-histidil-leucina (HHL) y subsecuentemente extrayendo al HA con etil-acetato (Figura 2). En este ensayo, el HA se determina a una longitud de onda de 228 nm, utilizando un espectrofotómetro con una lámpara de luz ultravioleta (Cushman y Cheung, 1971). Sin embargo, algunos contratiempos que presenta este método son lo complicado del procedimiento, el prolongado tiempo empleado y la inhabilidad para distinguir el HHL del HA pues ambos tienen una absorbancia significativa a la misma longitud de onda (228 nm). Esto provoca errores y sobreestimaciones en los resultados en la actividad enzimática. Sin embargo, esto motivó a otros investigadores a buscar alternativas que eviten este tipo de interferencias.

Lam y cols., (2008) sintetizaron, el 3-hidroxybutirilglicil-glicil-glicina (3HB-GGG) como sustrato sintético de la ACE-I, el cual exhibió mejores resultados comparado con el método anterior. El 3HB-GGG se divide en el tripéptido Gly-Gly-Gly y ácido 3-hidroxibutírico (3HB) mediante su hidrólisis para posteriormente hacerlo reaccionar con una

sal de tetrazolio la cual desarrolla un complejo colorimétrico para detectar 3-hidroxitubirato formado, con una sensibilidad de 3.4-30 mg/mL. Este procedimiento recibió gran aceptación y fue patentada para su venta en un kit conocido como ACE kit-WST1, el cual se ha optimizado para los nuevos lectores de microplacas (Lau y cols., 2014; Tran y cols., 2014; Li y cols. 2015).

Sin embargo, estos no fueron los únicos investigadores en buscar variantes al método de Cushman y Cheung. En el 2012, Shuangang y cols., decidieron facilitar su uso al modificar el método para ser detectado en la región del visible. Para lograrlo ellos reemplazaron la extracción con etil-acetato por una reacción química específica entre la unión del HA con p-dimetilaminobenzaldehído en presencia de quinolina, acetato de sodio y anhídrido acético. Dando como resultado un compuesto que desarrolla un color naranja-rojizo el cual tiene una estabilidad de absorbancia a 478 nm. Además, para validar su método, utilizaron hidrolizados de proteína vegetal de *Saurida elongata* como potencial fuente de compuestos con capacidad inhibitoria contra la ACE-I y estos resultados se compararon con aquellos datos obtenidos por un método por HPLC el cual es uno de los métodos más sensibles. Para determinar la capacidad inhibitoria de los compuestos se utiliza el parámetro de la concentración inhibitoria 50 (IC_{50}), que es una medida de la potencia de una sustancia para disminuir el 50% de la actividad específica de la enzima. Así, las IC_{50} reportadas por estos autores fueron en espectrofotometría de 0.1648 mg/mL y por HPLC de 0.1820 mg/mL. La sensibilidad

de este ensayo para la detección del complejo del HA fue de 0.5-5 $\mu\text{g/mL}$. Por tanto, el método espectrofotométrico resultó tener alta sensibilidad y fortaleza con respecto al HPLC.

Otro método clásico fue el realizado por Holmquist y cols., (1979) quienes utilizaron al FA-PGG como sustrato, el cual es hidrolizado por la ACE-I, dando como productos un dipéptido (glicilglicina) y un aminoácido (furanacroil-fenilalanina), lo que resulta en un desplazamiento en la región del color azul del espectro de absorción y en esa época se consideró el método base para la ACE-I en muestras clínicas (Neels y cols., 1984). Además, este método se optimizó para realizar el cribado de péptidos bioactivos (Vermeirssen y cols., 2002; Murray y cols., 2004; Li y cols., 2012). Entre las modificaciones más relevantes reportadas por estos autores se encuentran; las longitudes de onda de 328 nm y 352 nm para su medición; la adición de ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) para detener la reacción enzimática y el uso de un lector de microplacas.

2.2 Fluorescencia

La *fluorescencia* es un tipo particular de luminiscencia, que caracteriza a las sustancias que son capaces de absorber energía en forma de radiación electromagnética y posteriormente emitir parte de esa energía en forma de fotones de longitud de onda diferente.

Carmel y Yaron (1978) determinaron la actividad

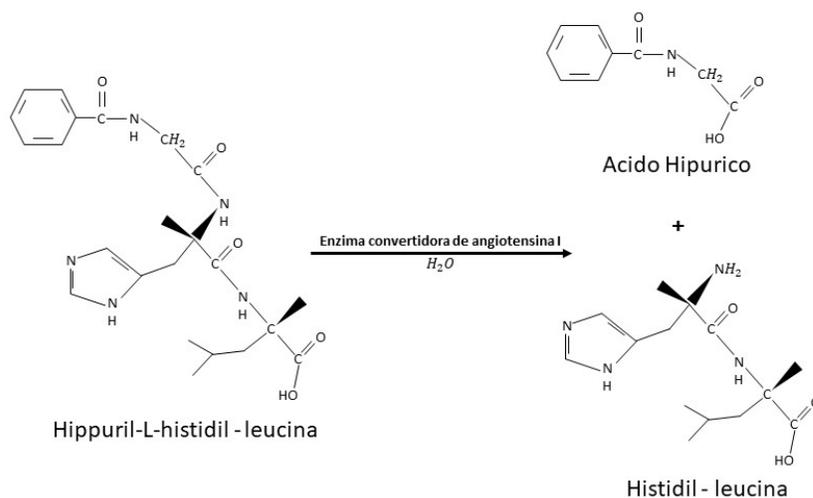


Figura 2. Reacción enzimática de la hidrólisis del HHL mediada por la ACE-I. El HHL es hidrolizado en presencia de agua produciendo Histidil-leucina y HA el cual se detecta en la región de la luz ultravioleta a 228 nm.

enzimática de la ACE-I mediante el uso del sustrato sintético N-aciltripéptido 2-aminobenzoilglicil-p-nitrofenilalanilprolina, el cual es un compuesto que tiene una estructura general F-X-G (X representa uno o más residuos de aminoácidos), en la cual la fluorescencia del residuo F se inactiva por interacción intramolecular con el residuo G. La escisión enzimática de la cadena peptídica genera el derivado que contiene el residuo F y la fluorescencia resultante se utiliza para la medición cuantitativa de la velocidad de hidrólisis. El sustrato 2-aminobenzoilglicil-p-nitrofenilalanilprolina presenta una fluorescencia basal débil, sin embargo, la escisión del enlace peptídico Gly-Phe (NO₂) da como resultado la formación de 2-aminobenzoilglicina, el cual tiene una fluorescencia 71 veces mayor que su precursor a una longitud de emisión de $\lambda_{\text{max}} = 415 \text{ nm}$ (Figura 3). El registro continuo de la fluorescencia ascendente permite la determinación conveniente, sensible y específica de la actividad enzimática, en diversas muestras humanas y bacterianas.

Además, Sentandreu y Toldrá (2006) adaptaron el método anterior para su utilización un fluorómetro multiscan de placa de microtitulación. El ensayo fue adecuado para estudios de inhibición mediados por el captopril y varios péptidos mostrando un buen coeficiente de correlación. El método tiene ventajas importantes, como la disponibilidad de reactivos, su simplicidad y la capacidad de procesar un gran número de muestras en poco tiempo.

Por otro lado, Oliveira y cols. (2000) utilizando el tripéptido N-Hipuril-His-Leu (Hip-His-Leu, Figura 4) para determinar la actividad de la ACE-I en diferentes tejidos de rata. El método se basa en la

formación de un aducto entre el dipéptido histidina-leucina que resulta del producto de hidrólisis del sustrato con *o*-ftaldialdehído y, el cual presenta una longitud de onda de excitación de 365 nm y de emisión de 495 nm. Además, ellos ensayaron el efecto de los componentes presentes en las diferentes muestras de tejidos sobre el desarrollo de la fluorescencia del aducto de *o*-ftaldialdehído-His-Leu. Sus resultados indicaron que el uso del *o*-ftaldialdehído para la detección fluorimétrica de la actividad de la ACE-I no se ve afectada por los componentes presentes en cada muestra y resultó ser un método simple, sensible y confiable para la determinación de la actividad de esta enzima en muestras de rata.

1.3 Radioquímica

En la radioquímica se utilizan isótopos de carácter radioactivo para fijar el mecanismo y ramificación de las reacciones químicas a través de medir la incorporación de radiactividad en los sustratos o su liberación con los productos e intermedios reactivos.

Baudin y colaboradores en 1990 presentaron un ensayo radiométrico para la determinación de la actividad de la ACE-I urinaria, usando el radioisótopo benzoil- [1-C¹⁴] glicil-L-histidil-L-leucina como sustrato. La hidrólisis se mide al cuantificar el ácido [glicina-1-¹⁴C] hipúrico liberado por recuento de saturación líquida y es lineal hasta 30% de hidrólisis. Demostrando que el radio-ensayo es específico, sensible y reproducible podría permitir la comparación de la enzima convertidora de angiotensina con otros materiales de origen tubular para su idoneidad como marcadores específicos y precisos (Baudin y cols., 1990). Las ventajas

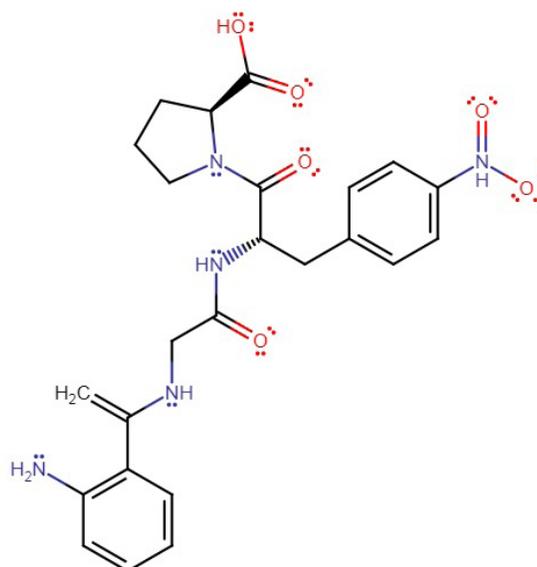


Figura 3. Estructura del N-aciltripéptido 2-aminobenzoilglicil-p-nitrofenilalanilprolina

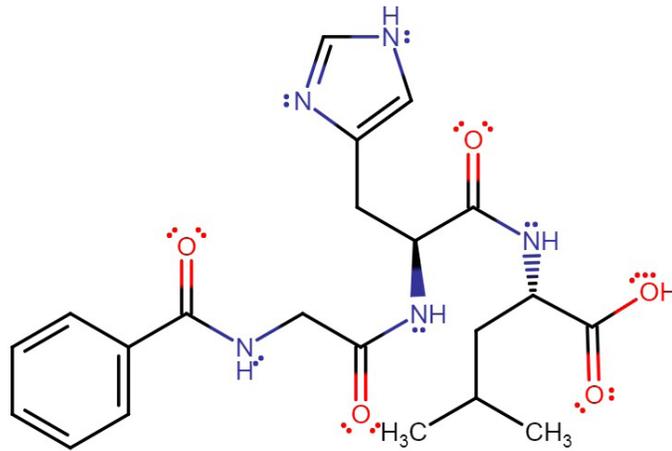


Figura 4. Estructura del N-Hipuril-His-Leu.

del ensayo radioquímica sobre la cuantificación espectrofotométrica del ácido hipúrico liberado son la mayor sensibilidad y la falta de interferencia por detergentes o lípidos no iónicos. Sin embargo, para el uso de isótopos radioactivos se requieren instalaciones especializadas que no cualquier laboratorio tiene, por lo que este ensayo parece estar limitado para solo unos pocos.

1.4 Cromatográficos

HPLC

La cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC, por sus siglas en inglés) es un tipo de cromatografía en columna que se utiliza frecuentemente en bioquímica y química analítica. El HPLC es una técnica utilizada para separar los componentes de una mezcla basándose en diferentes tipos de interacciones químicas entre las sustancias

analizadas, la fase móvil y la columna cromatográfica (fase estacionaria).

Entre los métodos reportados para la medición de la ACE-I se puede hacer mención aquel realizado por Elbl y Wagner (1991), quienes desarrollaron un ensayo *in vitro* para la detección de inhibidores de la ACE-I en extractos de plantas empleando esta técnica. El tripéptido dansiltriglicina marcado con cromóforo y fluoróforo se usa como sustrato, que es escindido por la enzima en dansiglicina y diglicina (Figura 3). El producto dansiglicina y el sustrato sin reaccionar se separan y se cuantifican mediante cromatografía líquida de alta resolución de fase reversa con detección UV.

Más recientemente, Dawud y Shakya (2014) desarrollaron un método de cromatografía líquida simple, rápido, preciso y sensible para la determinación simultánea de inhibidores de

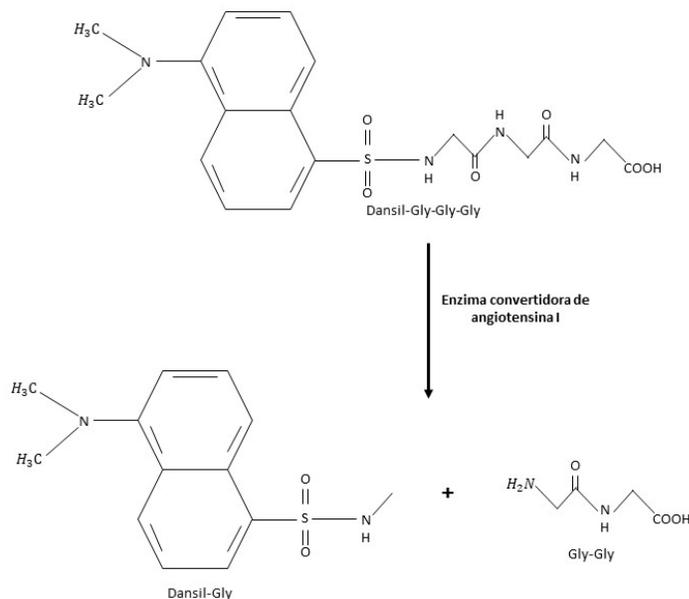


Figura 5. Hidrólisis de Dansiltriglicina por la ACE-I

la ACE-I con hidroclorotiazida e indapamida en formulaciones farmacéuticas. El análisis lo realizaron a 215 nm y se validó mediante su linealidad, límites de cuantificación y detección, precisión, exactitud y robustez según las directrices de la Conferencia Internacional de Armonización. Por lo cual, las curvas de calibración para lisinopril, hidroclorotiazida, captopril, imidapril, perindopril, indapamida y trandolapril fueron lineales en el intervalo de concentración de 5-35 µg/mL. Mientras que el límite de detección y de cuantificación para los fármacos experimentales osciló entre 0.03 y 0.61 y entre 0.08 y 1.84 µg/mL, respectivamente.

3. Conclusión

El método de HPLC exhibe una mayor precisión y reproducibilidad que los métodos espectrofotométricos. Sin embargo, su uso requiere una instrumentación costosa con un mantenimiento preventivo cuidadosamente apropiado, solventes de alta pureza, procedimientos complejos y lentos. En cambio, los ensayos espectrofotométricos proporcionan un método preciso, rápido y libre de extracción para analizar HA y la actividad de inhibición sobre la ACE-I y es adecuado para detección de nuevos péptidos inhibidores a partir de los materiales alimenticios sin requerir pasos adicionales por lo que es el mejor método.

4. Referencias

1. Arora, P. K., & Chauhan, A. (2013). ACE inhibitors: a comprehensive review. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 4(2), 532.
2. Baudin, B., Bénétiau-Burnat, B., Baumann, F. C., & Giboudeau, J. (1990). A reliable radiometric assay for the determination of angiotensin I-converting enzyme activity in urine. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 28(11), 857-862.
3. Carmel, A., & Yaron, A. (1978). An intramolecularly quenched fluorescent tripeptide as a fluorogenic substrate of angiotensin-i-converting enzyme and of bacterial dipeptidyl carboxypeptidase. *The FEBS Journal*, 87(2), 265-273.
4. Chopra, M., Scott, N., McMurray, J., McLay, J., Bridges, A., Smith, W. E., & Belch, J. J. (1989). Captopril: a free radical scavenger. *British journal of clinical pharmacology*, 27(3), 396-399.
5. Cushman, D. W., & Cheung, H. S. (1971). Spectrophotometric assay and properties of the angiotensin-converting enzyme of rabbit lung. *Biochemical pharmacology*, 20(7), 1637-1648.
6. Cushman, D. W., Wang, F. L., Fung, W. C., Grover, G. J., Harvey, C. M., Scalese, R. J., ... & DeForrest, J. M. (1989). Comparisons in vitro, ex vivo, and in vivo of the actions of seven structurally diverse inhibitors of angiotensin converting enzyme (ACE). *British journal of clinical pharmacology*, 28(S2).
7. Dawud, E. R., & Shakya, A. K. (2014). HPLC-PDA analysis of ACE inhibitors, hydrochlorothiazide and indapamide utilizing design of experiments. *Arabian Journal of Chemistry*.
8. Dost, T., Kafkas, S., Gokalp, F., Karul, A., & Birincioglu, M. (2014). Effects of angiotensin converting enzyme inhibition on adiponectin levels and lipid profile in the ovariectomized-aged rats. *Journal of pharmacology & pharmacotherapeutics*, 5(1), 21.
9. Elbl, G., & Wagner, H. (1991). A new method for the in vitro screening of inhibitors of angiotensin-converting enzyme (ACE), using the chromophore-and fluorophore-labelled substrate, dansyltriglycine. *Planta médica*, 57(02), 137-141.
10. Fuglsang, A., Nilsson, D., & Nyborg, N. C. (2003). Characterization of new milk-derived inhibitors of angiotensin converting enzyme in vitro and in vivo. *Journal of enzyme inhibition and medicinal chemistry*, 18(5), 407-412.
11. Fujita, M., Ohnishi, K., Takaoka, S., Ogasawara, K., Fukuyama, R., & Nakamuta, H. (2011). Antihypertensive effects of continuous oral administration of natto kinase and its fragments in spontaneously hypertensive rats. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 34(11), 1696-1701.

12. Gilstrap, L. G., Fonarow, G. C., Desai, A. S., Liang, L., Matsouaka, R., DeVore, A. D., ... & Bhatt, D. L. (2017). Initiation, Continuation, or Withdrawal of Angiotensin-Converting Enzyme Inhibitors/Angiotensin Receptor Blockers and Outcomes in Patients Hospitalized With Heart Failure With Reduced Ejection Fraction. *Journal of the American Heart Association*, 6(2), e004675.
13. Hayakari, M., Kondo, Y., & Izumi, H. (1978). A rapid and simple spectrophotometric assay of angiotensin-converting enzyme. *Analytical biochemistry*, 84(2), 361-369.
14. Holmquist, B., Bünning, P., & Riordan, J. F. (1979). A continuous spectrophotometric assay for angiotensin converting enzyme. *Analytical biochemistry*, 95(2), 540-548.
15. James, P. A., Oparil, S., Carter, B. L., Cushman, W. C., Dennison-Himmelfarb, C., Handler, J. & Smith, S. C. (2014). 2014 evidence-based guideline for the management of high blood pressure in adults: report from the panel members appointed to the Eighth Joint National Committee (JNC 8). *Jama*, 311(5), 507-520.
16. Jones, J. D., King, K. D., & Emanuel, F. S. (2004). Hypertension: A Clinical Pharmacist's Synopsis of JNC 7. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 68(3), 71.
17. Kragholm, K., Halim, S. A., Yang, Q., Schulte, P. J., Hochman, J. S., Melloni, C., ... & Armstrong, P. W. (2015). Sex-stratified trends in enrollment, patient characteristics, treatment, and outcomes among non-ST-segment elevation acute coronary syndrome patients: insights from clinical trials over 17 Years. *Circulation: Cardiovascular Quality and Outcomes*, CIRCUOUTCOMES-114.
18. Lam, L. H., Shimamura, T., Manabe, S., Ishiyama, M., & Ukeda, H. (2008). Assay of angiotensin I-converting enzyme-inhibiting activity based on the detection of 3-hydroxybutyrate with water-soluble tetrazolium salt. *Analytical Sciences*, 24(8), 1057-1060.
19. Lau, C. C., Abdullah, N., Shuib, A. S., & Aminudin, N. (2014). Novel angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptides derived from edible mushroom *Agaricus bisporus* (JE Lange) Imbach identified by LC-MS/MS. *Food chemistry*, 148, 396-401.
20. Li, F., Yamaki, K., Cheng, Y., & Fang, Y. (2015). Assessment and separation of angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptides in Chinese soypaste. *International journal of food engineering*, 11(2), 301-305.
21. Li, Y., Zhou, J., Huang, K., Sun, Y., & Zeng, X. (2012). Purification of a novel angiotensin I-converting enzyme (ACE) inhibitory peptide with an antihypertensive effect from loach (*Misgurnus anguillicaudatus*). *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(5), 1320-1325.
22. Lingbeck, J. M., O'Bryan, C. A., Martin, E. M., Adams, J. P., & Crandall, P. G. (2015). Sweetgum: An ancient source of beneficial compounds with modern benefits. *Pharmacognosy reviews*, 9(17), 1.
23. López-Fandiño, R., Otte, J., & Van Camp, J. (2006). Physiological, chemical and technological aspects of milk-protein-derived peptides with antihypertensive and ACE-inhibitory activity. *International Dairy Journal*, 16(11), 1277-1293.
24. Muhammad, S. A., & Fatima, N. (2015). In silico analysis and molecular docking studies of potential angiotensin-converting enzyme inhibitor using quercetin glycosides. *Pharmacognosy magazine*, 11(Suppl 1), S123.
25. Murray, B. A., Walsh, D. J., & FitzGerald, R. J. (2004). Modification of the furanacryloyl-L-phenylalanyl-glycylglycine assay for determination of angiotensin-I-converting enzyme inhibitory activity. *Journal of Biochemical and Biophysical Methods*, 59(2), 127-137.
26. Neels, H. M., Scharpe, S. L., Van Sande, M. E., & Fonteyne, G. A. (1984). Single-reagent microcentrifugal assay for angiotensin converting enzyme in serum. *Clinical chemistry*, 30(1), 163-164.

27. Oliveira, E. M., Santos, R. A. S., & Krieger, J. E. (2000). Standardization of a fluorimetric assay for the determination of tissue angiotensin-converting enzyme activity in rats. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 33(7), 755-764.
28. Prabhu, M., Palaian, S., Malhotra, A., Ravishankar, P., Bista, D., Almeida, R., & Mishra, P. (2005). Therapeutic dimensions of ACE inhibitors--a review of literature and clinical trials.
29. Schnaith, E., Beyrau, R., Bückner, B., Klein, R. M., & Rick, W. (1994). Optimized determination of angiotensin I-converting enzyme activity with hippuryl-L-histidyl-L-leucine as substrate. *Clinica chimica acta*, 227(1-2), 145-158.
30. Sentandreu, M. Á., & Toldrá, F. (2006). A rapid, simple and sensitive fluorescence method for the assay of angiotensin-I converting enzyme. *Food chemistry*, 97(3), 546-554.
31. Shimamura, T., Ishiyama, M., & Ukeda, H. (2009). Flow injection analysis of angiotensin I-converting enzyme inhibitory activity with enzymatic reactors. *Talanta*, 79(4), 1130-1134.
32. Shimamura, T., Sakaguchi, K., Noguchi, K., Ishiyama, M., Fujimura, Y., & Ukeda, H. (2007). Assay of angiotensin I-converting enzyme-inhibiting activity based on the detection of 3-hydroxybutyric acid. *Analytical biochemistry*, 364(2), 104-111.
33. Tran, H. B., Yamamoto, A., Matsumoto, S., Ito, H., Igami, K., Miyazaki, T., ... & Shimizu, K. (2014). Hypotensive effects and angiotensin-converting enzyme inhibitory peptides of reishi (*Ganoderma lingzhi*) auto-digested extract. *Molecules*, 19(9), 13473-13485.
34. Vermeirssen, V., Van Camp, J., & Verstraete, W. (2002). Optimisation and validation of an angiotensin-converting enzyme inhibition assay for the screening of bioactive peptides. *Journal of biochemical and biophysical methods*, 51(1), 75-87.
35. Yusuf, S., Sleight, P., Pogue, J. F., Bosch, J., Davies, R., & Dagenais, G. (2000). Effects of an angiotensin-converting-enzyme inhibitor, ramipril, on cardiovascular events in high-risk patients. *The New England journal of medicine*, 342(3), 145-153.

Cuerpo académico UJE-CA-103 Ciencia y Tecnología de Alimentos
LGAC: Desarrollo e innovación de Alimentos

Nombre proyecto	Investigador responsable	
<p align="center">Potencial nutracéutico de maíz pigmentado cultivado en la comarca lagunera.</p>	<p align="center">Miguel Aguilera Ortiz</p> 	
<p align="center">Caracterización y purificación de la enzima coagulante de la leche presente en la <i>Moringa oleifera</i> y su uso potencial en la elaboración del queso de soya.</p>	<p align="center">Erick Sierra Campos</p> 	
<p align="center">Purificación y caracterización bioquímica de las proteasas de la semilla de <i>Moringa oleifera</i> Lam. Y su uso potencial en la producción de péptidos bioactivos por la hidrólisis de la K-caseína y β-conglucina</p>		
<p align="center">Los polifenoles del extracto de <i>Moringa oleifera</i> evitan la disfunción mitocondrial y estimular el estado redox celular en ratas con diabetes tipo II.</p>		
<p align="center">Proteómica y genómica de especies bacterianas y virales aisladas de especies animales</p>		
<p align="center">El extracto de las hojas de <i>Moringa oleifera</i> protege contra la dislipidemia metabólica en ratas diabéticas al regular la paraoxonosa-1 y la oxidonitricosintasa</p>		
<p align="center">Compuestos activos con capacidad hipoglucemiante en <i>Cnidioscolus chayamansa</i> (chaya), <i>Euphorbia prostrata</i> (Hierba de la golondrina), y <i>Jathrophia dioica</i> (Sangre de drago).</p>	<p align="center">Juan Ramón Esparza Rivera</p> 	
<p align="center">Producción de hortalizas de alta rentabilidad con sustratos y soluciones nutritivas orgánicas bajo invernadero.</p>		
<p align="center">Diseño y uso de cubiertas comestibles a base de polisacáridos para aumentar la vida de anaquel de frutas y hortalizas</p>	<p align="center">Jorge Armando Meza Velázquez</p> 	
<p align="center">Aplicación de tecnologías emergentes para la conservación de alimentos</p>		

ALIMENTOS

(Alimentos funcionales e innovación de los alimentos)



"Debe haber algo extrañamente sagrado en la sal: está en nuestras lágrimas y en el mar"
Khalil Gibran (1883-1931): ensayista, novelista y poeta libanés.

Contenido fenólico, actividad antioxidante y actividad antifúngica de dos variedades de aloe deshidratada por aspersión a diferentes temperaturas

¹Martínez García Juan José, ¹Pérez Reyes Margarita Alejandra, ¹Corpus González Valeria, ¹Zacatecas Ibañez Jorge Antonio, ¹Sáenz Esqueda María de los Ángeles, ¹Minjares Fuentes José Rafael, ¹Candelas Cadillo María Guadalupe.

¹Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Ciencias Químicas Gómez Palacio.

*Autor de correspondencia: juanjose.martinezgarcia@gmail.com

Resumen

Las plantas del género aloe en la actualidad tienen un amplio uso en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética. La parte más utilizada de la planta es el gel, debido a sus propiedades funcionales, antioxidantes y terapéuticas. Si se requiere aprovechar la planta es necesario utilizar un método de conservación que permita preservar sus componentes bioactivos. En este trabajo de investigación se evaluó el efecto de las temperaturas de secado por aspersión y liofilización en el contenido de fenoles (Folin-Ciocalteu), actividad antioxidante (ABTS⁺ y DPPH⁺) y actividad antifúngica (*Trichophyton rubrum*) de dos variedades *Aloe barbadensis* Miller (AB) y *Aloe ferox* (AF). Los resultados fueron analizados mediante un análisis de varianza de doble vía. Y para la comparación de medias se usó la prueba de la diferencia mínima significativa (LSD) ($p < 0.05$). Se empleó el programa Statistica 7.0. En el contenido de fenoles se pudo observar que no existió diferencia significativa en los tratamientos, pero sí en cuanto a la variedad; AB fue superior a AF en todos los tratamientos incluyendo el liofilizado. Capacidad antioxidante por el método DPPH no existió diferencia significativa por tratamiento, pero si existió por variedad. Los mejores valores obtenidos fueron para AB, 208.1 mg Eq Trolox/ 100g muestra en el tratamiento de 150°C y para AF, 171.5 mg Eq Trolox/ 100g muestra en el tratamiento de 160°C. Por ABTS⁺ expresados en mg equivalentes de Trolox/ 100g de muestra, no existió diferencia significativa, en tratamiento, pero si en variedad con valores de AB 508.5 a 569.8 y en AF 356.3 a 465.6. En la actividad antifúngica se pudo observar que los únicos tratamientos que inhibieron al *Trichophyton rubrum* fueron los de *Aloe barbadensis* Miller secado por aspersión a 150°C a una concentración de 1000 ppm y *Aloe ferox* secado por

aspersión a 160°C, este tratamiento pudo inhibir al hongo tanto a la concentración de 1000 como a la de 100 ppm.

Palabras clave: contenido fenólico, actividad antioxidante, actividad antifúngica, Aloe

Introducción

El género Aloe comprende más de 500 especies, de las cuales cuatro de ellas son las más estudiadas: *Aloe arborescens* Miller, *A. perryi* Baker; *A. ferox* Miller y *A. barbadensis* Miller (Aloe vera) (Grace, 2011).

La característica principal del filete de Aloe vera es su alto contenido de agua, que va desde 98.5% hasta 99.5% y el material sólido restante es 0.5-1.5%, este último contiene más de 75 compuestos potencialmente activos, incluyendo las vitaminas solubles en grasa, minerales, enzimas, polisacáridos simples, complejos, ácidos orgánicos y compuestos fenólicos (Boudreau y Beland, 2006; Femenia y col., 1999).

Los polisacáridos constituyen la mayor parte de la materia seca del tejido del parénquima del A. vera, entre los cuales se destaca el acemanano, el cual es un polímero lineal que consiste en monómeros de manosa sustancialmente acetilados, ubicados en el protoplasma de la célula y la matriz de la pared celular del parénquima de la misma (Femenia y col., 1999; Femenia y col., 2003; Miranda y col., 2010; Rodríguez-González y col., 2011).

La composición del gel a nivel de especie difiere sustancialmente. La información disponible publicada muestra que la composición de gel de *A. vera* (Choi y Chung, 2003; Waller y col., 2004)

difiere de la de *A. ferox* (Mabusela y col., 1990) y *A. arborescens* (Yagi y col., 1985) principalmente en sus polisacáridos acetilados.

Los polisacáridos de gel son diferentes dentro de estas dos especies. Los arabinogalactomananos y ramnogalactomananos son encontrados en el *A. ferox*, mientras que los glucomananos están más comúnmente en otras especies de Aloe pero no tanto en el *A. ferox* (Mabusela y col., 1990). Se ha reportado que *A. vera* libera manosa (Choi y Chung, 2003) después de un tratamiento de hidrólisis y *A. ferox* libera principalmente glucosa y galactosa (Mabusela y col., 1990).

El Aloe contiene otros componentes como antraquinonas fenólicas, flavonoides, flavonoles, enzimas, minerales, esteroides, saponinas y vitaminas (Eshun & He, 2004; Rodríguez y col., 2010). Sin embargo, la composición química precisa de las plantas de Aloe depende de las especies analizadas (Grindlay & Reynolds, 1986; Hamman, 2008; Kim, 2006; Ni y col., 2004; Park & Kwon, 2006; Ray & Aswatha, 2013; Reynolds & Dweck, 1999). Específicamente, los polifenoles son muy abundantes en esta planta y poseen una elevada capacidad antioxidante, generalmente son clasificados en dos grupos principales: las antraquinonas y las cromonas. Tales compuestos pueden participar en las reacciones de atrapamiento de radicales o metales, como donadores de electrones o protones para formar radicales o complejos estables (Zhen y Wang, 2001; Sokól-Letowska y col., 2006).

Por otro lado, se ha reportado que el extracto hidroalcohólico de las hojas frescas de Aloe vera tiene efecto inhibitorio contra el crecimiento micelial de *Botrytis gladiolorum*, *Fusarium oxysporum*, *Heterosporium pruneti* y *Penicillium gladioli*, también evaluaron la actividad antifúngica de gel de Aloe vera en el desarrollo del micelio de *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* y *Collectotrichum coccodes* obteniendo resultados positivos en la actividad antifúngica. También el Aloe vera presenta una potente actividad antifúngica contra *Candida parapsilosis*, *C. krusei* y *C. albicans*, se cree que es debido al contenido de antraquinonas como un compuesto activo, que es análogo estructural de la tetraciclina, por lo que inhiben la síntesis de proteínas bacterianas mediante el bloqueo de la ribosoma (Pandey y Mishra, 2010; Habeeb y col., 2007).

Hoy en día el gel de Aloe para uso medicinal, cosmético y como alimento, se ha convertido en

una gran industria en todo el mundo (Domínguez-Fernández y col., 2012). Desafortunadamente, debido a la elevada actividad de agua ($A_w > 0.90$), el Aloe tiene período de vida útil es de 3-4 días a temperatura ambiente, ya que sus componentes son muy vulnerables a las condiciones de elaboración y almacenamiento, como la humedad, el calor, contacto con el aire, exposición a la luz, entre otros; lo cual lleva a una degradación de sus componentes, perdiendo gran parte de su actividad biológica (Kim y col., 2009; Choi y Chung, 2003).

En este sentido, la comercialización de Aloe a menudo implica algún tipo de procesamiento de conservación para preservar la mayoría de sus ingredientes activos y aumentar su vida útil. Una de las tecnologías más utilizadas con este propósito es el secado por aspersión, que permite que las propiedades del producto se mantengan en porcentajes altos (León-Martínez y col., 2010).

Por lo expuesto anteriormente, el objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de las condiciones de secado por aspersión en el contenido fenólico, la capacidad antioxidante y la actividad antifúngica de *Aloe ferox* y *Aloe barbadensis* Miller.

Materiales y Métodos

Preparación del jugo. Se utilizaron como materia prima hojas frescas de *Aloe ferox* y *Aloe barbadensis* Miller obtenidas del Campo de Experimentación de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, en el ejido Venecia, Durango. Las hojas de Aloe presentaban una longitud de entre 35 y 50 cm, correspondientes a plantas de dos años de edad. Posteriormente, las hojas fueron lavadas con agua a temperatura ambiente para remover las impurezas. La piel fue removida y el filete fue extraído manualmente como lo describe Rodríguez-González et al. (2011). Se utilizaron aproximadamente 140 kg de hojas de Aloe, las cuales se lavaron con agua corriente a temperatura ambiente para eliminar la suciedad de la superficie, se les removió la epidermis para obtener el filete y se cortaron en cubos de aproximadamente dos cm, en seguida se trituraron mediante un extractor (marca Turmix modelo Uso rudo) para obtener el jugo. Posteriormente éste fue filtrado con una membrana con tamaño de poro menor a $0.05 \mu\text{m}$ dos veces, para luego ser congelado a $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ hasta su uso. 50 ml de este jugo de cada variedad de Aloe fue liofilizado (-40°C ; 0.027mBa ; 120h) y se tomó como tratamiento control.

Secado por Aspersión. Para el secado por aspersión se trabajó a tres temperaturas del aire de entrada (150, 160 y 170 °C) por cada variedad de Aloe y tres repeticiones por tratamiento. Para iniciar el proceso de deshidratación, primero se acondicionó el jugo hasta 25-30 °C y se mantuvo en agitación constante, entonces se introdujo al secador por aspersión LabPlant SD-Basic a una velocidad de alimentación constante de (400 mL/h) y a la temperatura del aire de entrada correspondiente. El polvo obtenido se guardó en bolsas selladas herméticamente, envueltas en aluminio y puestas en un desecador para posteriormente determinar fenoles totales, actividad antioxidante y actividad antifúngica.

Extracción de fenoles totales. Se utilizó gel de Aloe deshidratado por liofilización como muestra control; para los tratamientos se utilizó de igual manera *Aloe vera* y *Aloe ferox* deshidratada por aspersión con los diferentes parámetros de temperatura. Se pesaron aproximadamente 0.2 g de muestra directamente en un tubo cónico de 50 ml, se le añadieron 10.6 ml de metanol puro y se mezcló con un homogeneizador Ultra-Turrax (IKA T-8 Basic) durante un minuto a 10,000 rpm, dejándolo en reposo en refrigeración (4°C) durante 24h. Después los tubos cónicos se agitaron en un vortex durante 1 min y se centrifugaron a 4000 rpm en una Eppendorf Centrifuge 5403. El sobrenadante se filtró a vacío en un embudo Buchner con papel Wathman número 40. El filtrado se conservó a 4°C hasta su posterior análisis. El filtrado se utilizó como extracto para las determinaciones de los compuestos fenólicos totales mediante el método de Folin-Ciocalteu y la capacidad antioxidante empleando el método de atrapamiento de radicales libres tanto con 2,2'- azinobis 3-etilbenzotiazolin-6-ácido sulfónico (ABTS⁺) como con 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH⁺).

Determinación del contenido fenólico. Para la determinación del contenido total de compuestos fenólicos se utilizó el método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu, de acuerdo a Waterman y Mole, (1994). De cada muestra, se tomaron 125 µL, a los cuales se adicionó 500 µL de agua libre de CO₂, 125 µL del reactivo de Folin Ciocalteu 2N, se agitaron y se dejaron reposar por 6 minutos, transcurrido este tiempo se agregaron 1.25 mL de una solución de Na₂CO₃ 7% y 1 mL de agua libre de CO₂. Los tubos fueron agitados nuevamente y se dejaron en reposo por un tiempo de 90 min, fuera del alcance de la luz. Posteriormente se midió la absorbancia a 760 nm en un espectrofotómetro DR 500 Hach. El ácido gálico fue el estándar empleado, del cual se construyó una curva

de calibración con concentraciones de 25-200 µM. La ecuación de la curva resultó ser $y=0.005x - 0.0889$ con $R^2=0.9892$ (y = absorbancia; x = concentración de ácido gálico). Los resultados de la cuantificación fueron expresados como µM equivalentes de ácido gálico/g de Aloe deshidratada.

Determinación de actividad antioxidante con la prueba de ABTS⁺. La capacidad antioxidante de determinó por el método ABTS⁺ mediante la técnica descrita por Re et. al., (1999). Se preparó una solución de ABTS⁺ 7mM y una solución de persulfato de potasio (K₂S₂O₈) 2.5mM, se mezclaron las soluciones de ABTS⁺ y K₂S₂O₈, se agitó por un min en baño ultrasónico y se dejó reposar durante 18h para la generación del radical ABTS⁺. Posteriormente, el radical se diluyó en etanol hasta obtener una absorbancia de 0.70 (±0,1) a 754 nm, medida en un espectrofotómetro DR 500 Hach. Se combinaron 40 µL de muestra y 960 µL del radical y se leyeron a 754 nm; la absorbancia se monitoreó a 1 y 6 minutos después de adicionar el radical. Se utilizó una curva estándar de Trolox (40-80 µM) cuya ecuación resultó ser $y = 0.1568x + 4.9794$ con $R^2 = 0.9964$ (y = % de inhibición; x = concentración de Trolox) para expresar los resultados en µM equivalentes de Trolox/g de Aloe deshidratada.

Determinación de la actividad antioxidante por la prueba de DPPH⁺. El fundamento del método DPPH⁺ consiste en que este radical tiene un electrón desapareado y es de color azul-violeta, decolorándose hacia amarillo pálido por reacción con una sustancia antioxidante; la diferencia de absorbancias permite obtener el porcentaje de captación de radicales libres (Kuskoski et. al., 2005). Se preparó DPPH⁺ 100µM en metanol, midiendo la absorbancia a 515 nm en un espectrofotómetro DR 500 Hach. Se colocaron 1900 µL del reactivo de DPPH⁺ y 100 µL del extracto de cada muestra, se agitó para posteriormente medir la absorbancia de cada uno de los tubos a los 15 y 30 min después de este procedimiento. Con los resultados obtenidos se calculó el porcentaje de inhibición con la ecuación

Posteriormente se determinó la capacidad antioxidante en µM de Trolox / g de Aloe deshidratada, usando la curva estándar de Trolox (50 - 300µM de Trolox), cuya ecuación es $y = 0.1017x - 10.294$ con $R^2 = 0.996$ (y = % de inhibición; x = concentración de Trolox).

Actividad Antifúngica. Para la preparación de la suspensión del inóculo, se utilizó al microorganismo *Trichophyton rubrum* crecido en agar Dextrosa Saboraud de 1 semana. Se suspendieron las conidias

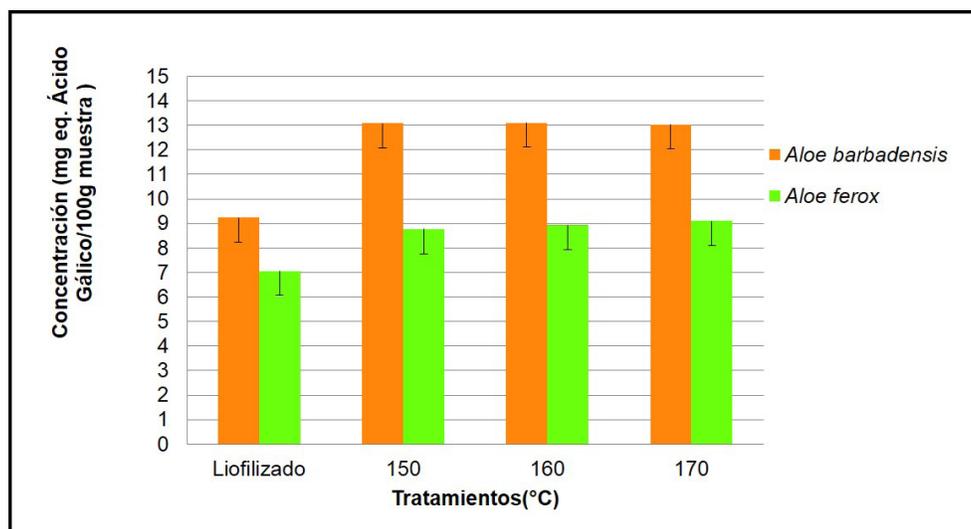


Figura 1. Contenido fenólico (mg de ácido gálico/ 100 g de jugo de Aloe deshidratado) en *Aloe Barbadensis* Miller y *Aloe ferox* Miller deshidratadas por aspersion a 150, 160 y 170°C

en una solución salina al 0.9 % estéril y se ajustó la turbidez equivalente al estándar 0.5 de la escala de McFarland, el cual es equivalente al 1.5×10^8 células/mL ((Coopoosamy y Naidoo, 2011; Coopoosamy y Magwa, 2006).

El medio agar Dextrosa Saboraud previamente reconstituido, esterilizado, enfriado y mantenido a 45°C fue inoculado con 100 μ L de suspensión del inóculo por cada 100 mL de medio de cultivo, homogenizado y distribuido en cajas Petri estériles. Se dejó solidificar de 10 a 15 minutos. Se prepararon discos de 6 mm de diámetro de papel Whatman número 1 los cuales se esterilizaron por autoclave. Con los polvos de cada uno de los tratamientos se prepararon soluciones con 10, 100 y 1000 ppm. Los discos fueron impregnados con 30 μ L de los extractos de Aloe. Los discos fueron firmemente presionados en la superficie del agar y posteriormente fueron incubados por 1 semana a 37°C. La actividad antifúngica fue reportada de manera nominal como no inhibición (NI) y no crecimiento (NC). Todos los ensayos fueron realizados por triplicado para la confirmación de los resultados.

Análisis Estadístico. Para analizar el contenido fenólico, así como la actividad antioxidante (DPPH⁺ y ABTS⁺), se llevó a cabo un análisis de varianza de doble vía. Y para la comparación de medias se usó la prueba de la diferencia mínima significativa (LSD) ($p < 0.05$). Se empleó el programa Statistica 7.0

Resultados

Contenido fenólico

En lo referente a los fenoles totales para las muestras tanto liofilizadas como deshidratadas por aspersion mostraron valores entre 9.22 a 13.09 y 7.05 a 9.10 mg eq. Ácido gálico/ 100g de muestra para AB y AF respectivamente. Los resultados obtenidos fueron muy similares a los reportados por Lee y col. (2000), aunque por otra parte se vieron en desventaja por lo reportado por Rodríguez-González y col (2012).

En la Figura 1 se puede observar que no existió diferencia significativa en los tratamientos, pero sí en cuanto a la variedad; AB fue superior a AF en todos los tratamientos incluyendo el liofilizado. Medina-Torres y col. (2016), de igual manera reportan mayor concentración de fenoles en las muestras secadas por aspersion con diferentes parámetros sobre las muestras liofilizadas en AB, por lo cual se puede suponer que el proceso por liofilización es más agresivo que el secado por aspersion debido al tiempo de proceso para realizar el secado completo.

Actividad Antioxidante

Un gran número de métodos han sido desarrollados para evaluar la capacidad antioxidante total de los alimentos, de los suplementos alimenticios, de los extractos de plantas y de los compuestos puros. Sin embargo, pocos de ellos pueden ser empleados de manera general debido a la dificultad de medir la capacidad antioxidante total por limitaciones asociadas a problemas metodológicos y las fuentes de radicales libres (Prior y col., 2005, Schauss y col., 2006). Es por lo anterior que los métodos más comúnmente utilizados en extractos de plantas son ABTS y DPPH dentro de las técnicas de capacidad

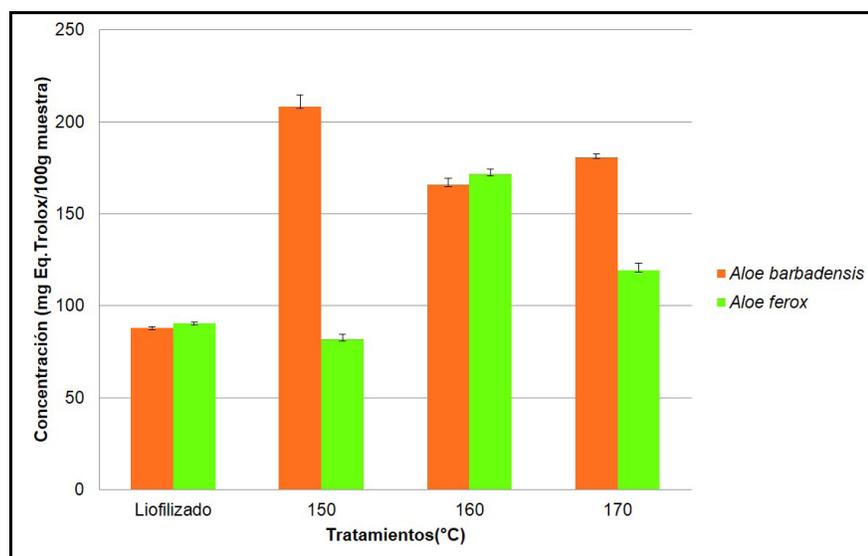


Figura 2. Actividad antioxidante (mg equivalentes de Trolox/100 g de Aloe deshidratado) por el método del DPPH⁺ en *Aloe Barbadensis* Miller y *Aloe ferox* Miller deshidratadas por aspersión a 150, 160 y 170°C

antioxidante. Ambos presentan una excelente estabilidad en ciertas condiciones, aunque también muestran diferencias. Con el ABTS se puede medir la actividad de compuestos de naturaleza hidrofílica y lipofílica, mientras que el DPPH solo puede disolverse en medio orgánico (Arnao, 2000; Antolovich, y col., 2002). Es por esto que en esta investigación se eligió trabajar con estos dos métodos. De los cuales los resultados obtenidos por el método de DPPH⁺ son expresados en la Figura 2, se muestran valores con una variación evidente entre cada tratamiento de secado por aspersión y aunque no existió diferencia significativa por tratamiento, si existió por variedad AB y AF. Los mejores valores obtenidos fueron para AB, 208.1 mg Eq Trolox/ 100g muestra en el tratamiento de 150°C y para AF, 171.5 mg Eq Trolox/ 100g muestra en el tratamiento de 160°C, mostrando similitud con los valores reportados por Kim y col. (2014). También se puede apreciar una vez más que los valores de las muestras secadas por aspersión fueron superiores a las muestras liofilizadas.

De acuerdo con los resultados de la capacidad antioxidante determinada por el método ABTS (Figura 3) expresados en mg equivalentes de Trolox/100g de muestra, no existió diferencia significativa, tanto en AB (508.5 a 569.8) como en AF (356.3 a 465.6), en las muestras secadas por aspersión ni tampoco en comparación con la muestra liofilizada; pero si existió diferencia entre variedades AB y AF. Los valores obtenidos son comparables con los reportados por Rodríguez-González y col (2012), donde se realizaron diferentes tratamientos de pasteurización en gel de AB teniendo valores

inferiores al compararlos con la muestra liofilizada. Por lo cual se puede suponer que el proceso de secado por aspersión no tiene un efecto negativo sobre la capacidad antioxidante en AB y AF. Hay que resaltar que entre los métodos químicos utilizados para determinar la capacidad antioxidante (captación de radicales libres), el radical ABTS•⁺ es uno de los más rápidos, originando resultados reproducibles y coherentes. Además, el ABTS presenta importantes ventajas; muestra varios máximos de absorción y una buena solubilidad, permitiendo el ensayo de compuestos tanto de naturaleza lipofílica como hidrofílica (Kuskoski y col., 2005).

Actividad antifúngica

En este experimento se evaluó la actividad antifúngica de los extractos de *Aloe barbadensis* Miller y *Aloe ferox* obtenidos a partir de los polvos que se obtuvieron en los tratamientos de secado por aspersión a las temperaturas de 150, 160 y 170°C, así como por liofilización (control). En la tabla 1, se puede observar que los únicos tratamientos que inhibieron al *Trichophyton rubrum* fueron los del *Aloe barbadensis* Miller secado por aspersión a 150°C a una concentración de 1000 ppm y *Aloe ferox* secado por aspersión a 160°C, pero este tratamiento pudo inhibir al hongo tanto a la concentración de 1000 como a la de 100 ppm. Como ya se comentó con anterioridad las plantas de Aloe tienen la característica de inhibir tanto bacterias como hongos.

Tabla 1. Actividad antifúngica de *Aloe barbadensis* Miller y *Aloe ferox* Miller liofilizada (control) y

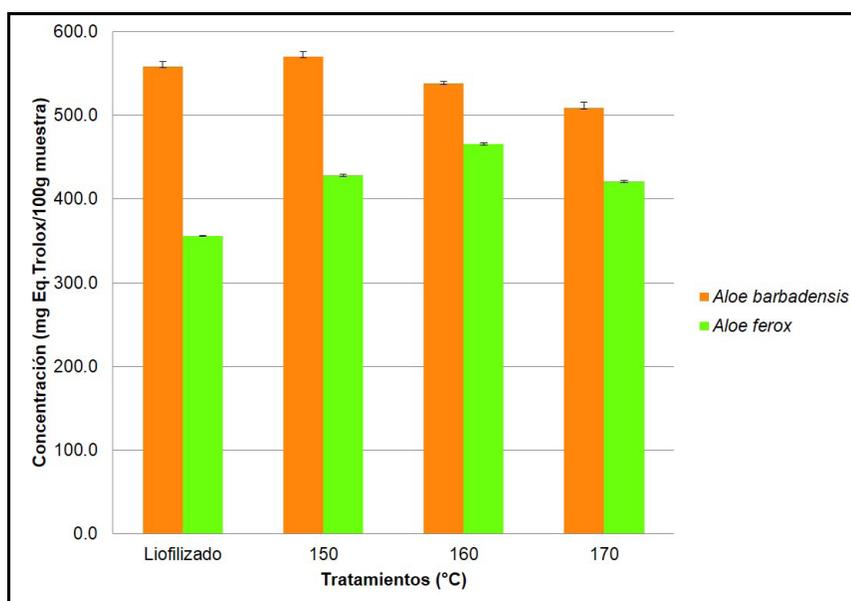


Figura 3. Actividad antioxidante (μM equivalentes de Trolox/g de Aloe deshidratada) por el método del ABTS⁺ en *Aloe Barbadensis* Miller y *Aloe ferox* Miller deshidratadas por aspersión a 150, 160 y 170°C

deshidratadas por aspersión a 150, 160 y 170°C (NI: No inhibición; NC: No crecimiento)

Tratamiento	Concentración de sólidos de Aloe (ppm)		
	1000	100	10
<i>Aloe Barbadensis M Control</i>	NI	NI	NI
<i>Aloe Barbadensis M 150</i>	NC	NI	NI
<i>Aloe Barbadensis M 160</i>	NI	NI	NI
<i>Aloe Barbadensis M 170</i>	NI	NI	NI
<i>Aloe Ferox M Control</i>	NI	NI	NI
<i>Aloe Ferox M 150</i>	NI	NI	NI
<i>Aloe Ferox M 160</i>	NC	NC	NI
<i>Aloe Ferox M 170</i>	NI	NI	NI

Aunado a lo anterior, se ha podido identificar que muchas de las actividades biológicas, incluyendo antiviral, antibacterial, atribuidas al Aloe Vera, se deben en particular a los polisacáridos presentes en él (Ni y col., 2004; García y col., 2001). Dentro de los polisacáridos destaca el acemanano que es una sustancia producida por nuestro organismo hasta antes de la pubertad, posterior a esta etapa del crecimiento, solo es absorbida a través de los alimentos. Su presencia aumenta la resistencia inmunológica de nuestro organismo contra parásitos, virus y bacterias causantes de enfermedades (Vega y col., 2005). Por otro lado, Sharma y Gautam, 2013, reportan que las hojas de aloe contienen números compuestos activos y propiedades antimicrobianas que inhiben el crecimiento de *Mycobacterium*, *Trichophyton* y *B. Subtilis* que pueden ser explotados en la industria textil o para fabricar textiles de uso médico como vendas, hilos para suturas, etc. Se han

propuesto otros compuestos de la planta de Aloe tales como las antraquinonas y dihidroxiantraquinonas así como saponinas como los que tienen también actividad antimicrobiana (Bradford y Awad, 2013). Así mismo, en un experimento hecho por Kedarnath y col., 2013, midieron la actividad antimicrobiana de los extractos de Aloe vera sobre bacterias patógenas como *Staphylococcus aureus*, *Klebisella pneumonia* y *E.coli* y hongos como *Aspergillus niger* y *Candida* en dosis de 1:20 mg/ml y 2:40 mg/ml usando el método de difusión en plato, utilizaron diferentes solventes como éter de petróleo, cloroformo y etanol. Ellos encontraron que tanto el éter de petróleo como el metanol a una dosis de 20 mg/ml demostraron una significativa actividad sobre la *Klebisella pneumonia* y *E.coli*, sin embargo, los extractos con metanol demostraron una máxima actividad inhibitoria para los hongos. Por lo que se puede definir que los extractos de aloe poseen una buena actividad antimicrobiana y antifúngica.

Dentro de las características que hay que resaltar es que en este experimento se buscó obtener un polvo con las cualidades que representan a este tipo de plantas. El utilizar un proceso de conservación es una alternativa para ayudar en evitar la degradación de la planta y la consecuente pérdida de sus compuestos bioactivos. Sin embargo, es importante identificar el efecto que tienen estos métodos de conservación sobre los compuestos bioactivos. Como se pudo observar en esta investigación las altas temperaturas del secado por aspersión (170°C) y los tiempos utilizados en la liofilización impactan de manera

clara en la disminución o pérdida de los compuestos funcionales.

Conclusiones

La variedad fue un factor que influyó en los resultados de contenido fenólico y capacidad antioxidante siendo mejor *Aloe barbadensis* Miller.

En la actividad antifúngica el mejor tratamiento fue el AF secado por aspersión a 160°C, logró inhibir el hongo *Trichophyton rubrum* a concentraciones de 100 ppm de extracto, le siguió en efecto el tratamiento de AB secado a 150°C con una concentración de 1000 ppm.

Se puede concluir de acuerdo a los resultados obtenidos que el mejor tratamiento es el Secado por Aspersión a 150°C, debido a que esta temperatura afecta menos a las propiedades evaluadas, a su vez también son menores los costos de energía en el proceso.

Literatura Citada

Antolovich, M.; Prenzler, P.D.; Patsalides, E.; McDonald, S.; Robards, K. 2002. **Methods for testing antioxidant activity.** *Analyst.*, 127, 183-198.

Arnao, M.B. 2000. **Some methodological problems in the determination of antioxidant activity using chromogen radicals: a practical case.** *Trends Food Sci. Technol.*, 11, 419-421.

Boudreau, M. D. y Beland, F. A. 2006. **An Evaluation of the Biological and Toxicological Properties of *Aloe barbadensis* (Miller).** *Journal of Environmental Science and Health Part C.* 24:103-154.

Bradford PG, Awad AB. 2007. **Phytosterols as anticancer compounds.** *Mol Nutr Food Res* 51:161-170

Choi, S. y Chung. 2003. **A review on the relationship between Aloe vera components and their biologic effects.** *Seminars in integrative medicine.* 1(1): 53-62.

Coopoosamy, R. M. Naidoo, K. K. 2011. **Screening of traditional utilized *Haworthia limifolia* for antibacterial and antifungal properties.** *J of Med Plants Res.* 5(1): pp. 109-113.

Coopoosamy, R.M., & Magwa, M.L. 2006. **Antibacterial activity of aloe emodin and aloin A isolated from *Aloe excelsa*.** *African Journal of Biotechnology*, 5: pp. 1092-1094.

Eshun, K. y He, Q. 2004. **Aloe vera: a valuable ingredient for the food, pharmaceutical and cosmetic industries: a review.** *Crit Rev food Sci. Nutr.* 44:91-96.

Femenia, A., García-Pascual, P., Simal, S. y Rosselló, C. 2003. **Effects of heat treatment and dehydration on bioactive polysaccharide acemannan and cell wall polymers from *Aloe barbadensis miller*.** *Carbohydrate Polymers* 51:397-405.

Femenia, A., Sanchez, E. S., Simal, S. y Rossello, C. 1999. **Compositional features of polysaccharides from *Aloe vera* (*Aloe barbadensis* Miller) plant tissues.** *Carbohydrate Polymers.* 39:109-117.

García A, Vizoso A, Ramos A, Piloto J, Pavón V, Rodríguez E. 2001. **Estudio toxicogenético de un polisacárido del gel de *Aloe vera* L.** *Rev Cubana Plantas Medic.* 2: 52-55.

Grace, O.M., 2011. **Current perspectives on the economic botany of the genus *Aloe* L. (*Xanthorrhoeaceae*).** *South African Journal of Botany* 77: pp.980-987.

Habeeb, F. Shakir, E. Bradbury, F. *et al.* 2007. **Screening methods used to determine the antimicrobial properties of *Aloe vera* inner gel.** *Methods.* 42: pp. 315-320.

Hamman, J. H. 2008. **Composition and applications of *Aloe vera* leaf gel.** *Molecules.* 13:pp.1599-1616.

Kedarnath, Kamble-Kaveri, M., Vishwanath, Ch., y Patil, C. 2013. **Antimicrobial activity of *Aloe vera* leaf extract.** *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology.* Vol. 4. Issue-4: 286-290.

Kim, S. A., Baek, J. H., Lee, S. J., Choi, S. Y., Hur, W. y Lee, S. Y. 2009. **A novel method for air drying aloe leaf slices by covering with filter papers as a shrink-proof layer.** *Journal of food science.* 74 (9) : 462-470.

Kuskoski E. M., Asuero A. G., Troncoso A. M. Mancini Filho J., Fett E. 2005. **Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpas de frutos.** *Cienc. Tecnol. Aliment.* 25(4):726-732.

- Lee, K.Y., Weintreub, S.T. y Yu, B.P. 2000. **Insolation and indentification of a phenolic antioxidant from *Aloe barbadensis* Miller.** Free radical biology and medicine. 28: 261-265.
- León-Martínez, F. M. Méndez Lagunas, L. L. y Rodríguez, R. J. 2010. **Spray drying of nopal mucilage (*Opuntia ficus-indica*): effects on powder properties and characterization.** Carbohydrate Polymers. 81: pp. 864 y 870.
- Mabusela, W. T., Stephen, A. M., y Botha, M. C. 1990. **Carbohyd polym from *Aloe ferox* leaves.** Phytochemistry. 29:3555- 3558.
- Miranda, M., Vega-Gálvez, A., García, P., Di Scala, K., Shi, J., Xue, S. y Uribe, E. 2010. **Effect of temperature on structural properties of *Aloe vera* (*Aloe barbadensis* Miller) gel and weibull distribution for modelling drying process.** Food and bioproducts processing. 88. pp. 138-144.
- Ni, Y., Turner, D., Yates, K. M., Tizard, I. 2004. **Isolation and characterization of structural components of *Aloe vera* L. leaf pulp.** International Immunopharmacology. 4. pp. 1745-1755.
- Pandey, R. Mishra, A. 2010. **Antibacterial activities of crude extract of *Aloe barbadensis* to clinically isolated bacterial pathogens.** Appl Biochem Biotechnol. 160: pp. 1356-1361.
- Prior, R.L., Wu, X., Schaich, K., 2005. **Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements.** J. Agric. Food Chem. 53, 4290-4302.
- Rodríguez-González, V. M., Femenia, A., González, R. F., Rocha, N. E., Gallegos, J. A., Candelas, M. G., Ramírez, P., Simal, S. y Rosselló, C. 2011. **Effects of pasteurization on bioactive polysaccharide acemannan and cell wall polymers from *Aloe barbadensis* Miller.** Carbohydrate Polymers 86: 1675-1683.
- Rodríguez-Rodríguez, E. Darias Martin, J. y Díaz Romero, C. 2010. ***Aloe vera* as a functional ingredient in foods.** Critical Reviews in foods science and nutrition. 50: pp. 305-326
- Schauss, A.G., Wu, X., Prior, R.L., Ou, B., Huang, D., Owens, J., Agarwal, A., Jensen, G.S., Hart, A.N., Shanbrom, E., 2006. **Antioxidant capacity and other bioactivities of the freeze-dried amazonian palm berry, *Euterpe oleraceae* Mart. (Acai).** J. Agric. Food Chem. 54, 8604-8610.
- Sharma, A., Gautam, S. 2013. **An overview on medicinal properties of *Aloe vera*: antibacterial and antifungal aspects.** Int J Pharm Bio Sci; 4 (3): pp. 694-705.
- Vega, A., Ampuero, N., Díaz, L., Lemus, R. 2005. ***Aloe vera* (*Aloe barbadensis* Miller) as a component of functional foods.** Revista Chilena de Nutrición. ISSN Impreso: 0716-1549 Número 3, Volumen 32.
- Waller, T.A. Pelley, R.P. Strickland, F.M. 2004. **Industrial processing and quality control of *Aloe barbadensis* (*Aloe vera*) gel.** In: Reynolds (Ed.), **Aloes: The genus *Aloe*.** CRC Press, London, pp. 139-207.
- Waterman, P. G. y Mole, S. 1994. **Analysis of phenolic plant metabolites.** Black-Well Sci. Publ. London: 66 - 103
- Yagi, A. Nishimura, H. Shida, T. Nishioka, I. 1985. **Structure determination of polysaccharides in *Aloe arborescens* var. *natalensis*.** PlantaMedica 3: pp. 213-218.
- Zhen, Wei y Wang, Shiow, Y. 2001. **Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs.** J. Agric. Food Chem. 49, 5165- 5170.

QUÍMICO FARMACÉUTICO BIÓLOGO

Perfil de Ingreso

El aspirante a ingresar a esta Facultad con el deseo de cursar la Carrera de Químico Farmacéutico Biólogo, debe reunir las siguientes características:

- Conocimientos generales de las ciencias básicas como son: Química, Física, Matemáticas y Biología.
- Ser creativo y observador, tener capacidad de síntesis y análisis crítico.
- Tener espíritu emprendedor, una actitud proactiva, capacidad para trabajar en equipo.

Perfil de Egreso

El Químico Farmacéutico Biólogo es un profesionalista que:

- Resolver problemas en las áreas de Biotecnología, Ciencias de los Alimentos, Diagnóstico Clínico, Ambiental y Farmacéutico.
- Dedicarse a la producción de bienes y servicios en áreas relacionadas con la salud, Químico-Farmacéutico, Legal, Patología, Forense, Laboratorio de Diagnóstico Clínico, etc.
- Desarrollar con ética y responsabilidad la innovación de productos farmacéuticos con el propósito de mejorar la calidad de vida del paciente.

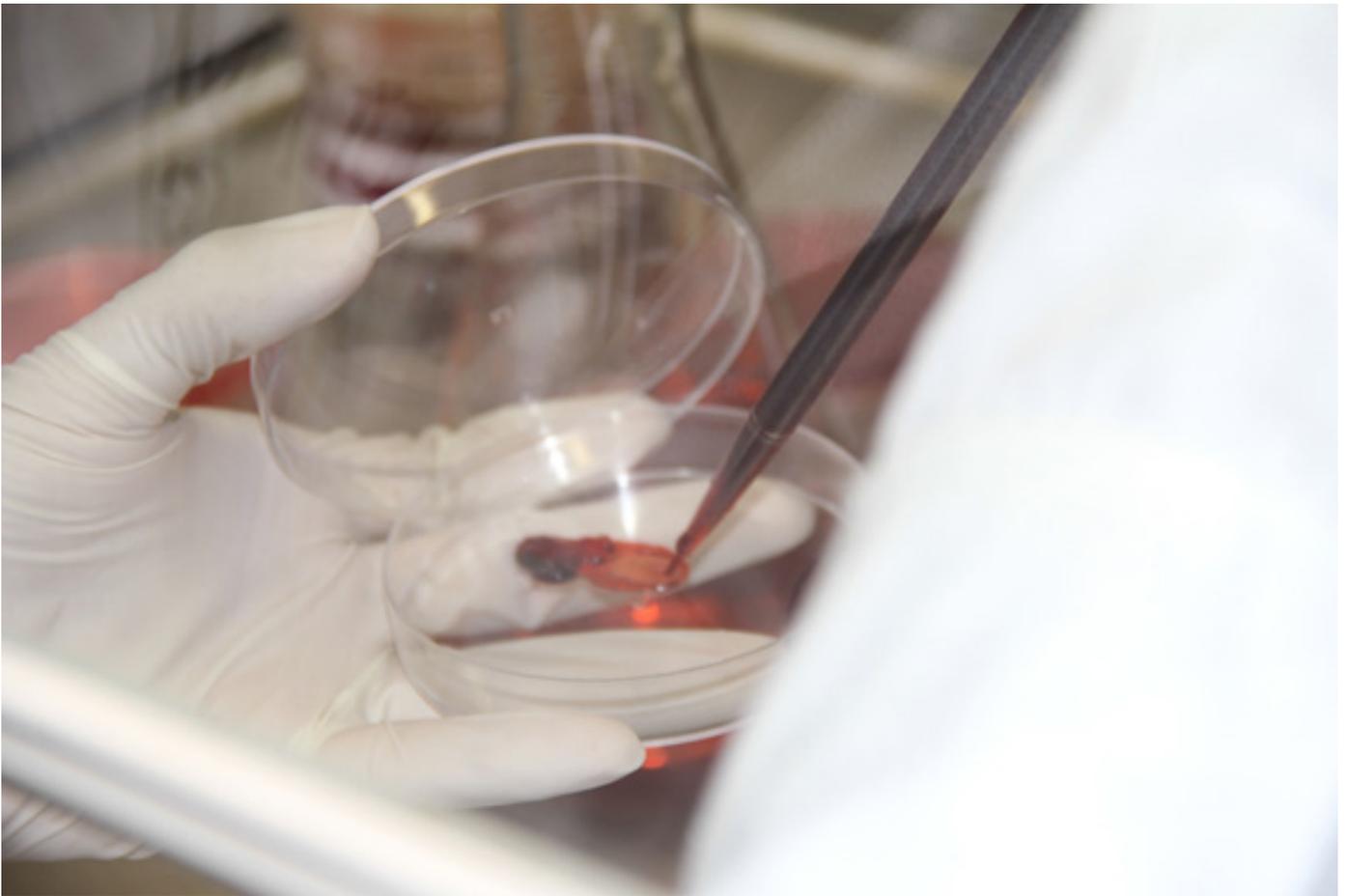
Cuerpo Académico UJE-CA-131 Ciencias Farmacoquímicas de Productos Naturales

LGAC: Farmacoquímica de los Productos Naturales

Nombre proyecto	Investigador responsable	
Resistencia bacteriana a los antibióticos y búsqueda de serotipos bacterianos de interés clínico	Concepción García Luján 	
Productos naturales con propiedades bioactivas en plantas del semidesierto y en productos de la colmena		
Desarrollo de diversos productos a base de cera de candelilla (<i>Euphorbia Antisiphylitica</i>)	Miguel Téllez López 	
Aislamiento e identificación de alcaloides presentes en las hojas de <i>Coffea arabica</i>		
Evaluación hipoglucemiante de diversas especies vegetales		
Actividad biológica, farmacológica e inhibición enzimática de los géneros <i>Cirsium Silybum</i>	Ruth Alanís Bañuelos 	
Relevancia de polimorfismos genéticos para las reacciones adversas y la respuesta clínica a fármacos		
Biofortificación de <i>Phaseolus vulgaris</i> L. con selenio	Ángeles Sáenz Esqueda 	
Evaluación fitoquímica, toxicológica e identificación molecular de <i>Ibervillea sonorae</i> Greene		
Evaluación del contenido de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de mezclas del gel de aloe vera (<i>Aloe barbadensis</i> Miller) y pasta prensada de uva (<i>Vitis vinifera</i>) obtenidas mediante la aplicación de ultrasonidos de potencia.		

QUÍMICA FARMACÉUTICA Y CLÍNICA

(Biotecnología, Toxicología, Farmacéutica, Clínica)



“Los innovadores y los genios siempre han sido tratados como locos al principio (y muy a menudo al final) de sus carreras”

Feodor Dostoievski (1821-1881); novelista ruso.

Alcaloides: ¿Qué son? y ¿Cómo se determinan?

¹Jurado Pérez Margarita, ¹Sierra Campos Erick.

¹Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Ciencias Químicas, Gómez Palacio, Dgo., Av. Artículo 123 s/n, Fracc. Filadelfia, Gómez Palacio. Dgo.

Email: edd_fma.mague@hotmail.com

Resumen

Los alcaloides son metabolitos secundarios compuestos por un anillo heterocíclico que contiene un átomo de nitrógeno ya sea dentro del anillo o en la cadena lateral, estos se encuentran en aproximadamente el 15 % de la flora, de ellos se conocen alrededor de 20,000 moléculas diferentes que comúnmente se utilizan para el desarrollo de fármacos, debido a que actúan a nivel del sistema nervioso central.

Actualmente se han desarrollado diferentes metodologías para la extracción, separación e identificación de alcaloides, de entre los diversos métodos destacan la cromatografía en sus diferentes formas como la cromatografía de gases, cromatografía de líquidos (HPLC) y su variante con un espectrómetro de masas acoplado a cualquiera de los antes mencionados, también existen técnicas más sencillas como la cromatografía de capa fina y el espectro de UV/visible entre otros.

La finalidad de esta revisión fue realizar una comparación entre los diversos métodos citados en la literatura. Se obtuvo que para la extracción de alcaloides el método de extracción continua por Soxhlet obtuvo el mejor rendimiento con 113.7 mg/g de peso seco de la muestra, mientras que para separación e identificación de alcaloides el espectrómetro de masas tuvo una mayor sensibilidad, precisión y exactitud.

Palabras clave: técnicas de detección y alcaloides.

Introducción

Los alcaloides son metabolitos secundarios presentes en plantas de manera predominante, y de forma no tan común en microorganismos, organismos marinos como algas, dinoflagelados y peces globo, y animales terrestres como insectos, salamandras y sapos. Actualmente se conocen cerca de 20,000

alcaloides provenientes en su mayoría de las plantas, los cuales pueden ser organizados por la estructura de sus esqueletos (Coqueiro & Verpoorte, 2013; Ziegler & Facchini, 2008).

Alrededor del 15% de la flora presentan alcaloides en su composición, entre las familias que contienen una alta cantidad de alcaloides se incluyen; *Papaveraceae*, *Berberidaceae*, *Fabaceae*, *Boraginaceae*, *Apocynaceae*, *Asteraceae*, *Liliaceae*, *Gnetaceae*, *Ranunculaceae*, *Rubiaceae*, *Solanaceae* y *Rutaceae* (Wink, 2016; Schläger & Dräger, 2016; Klein-Júnior *et al.*, 2016).

Existen varias clasificaciones para los alcaloides, 1) según su estructura química, 2) la actividad biológica que poseen y la ruta de biosíntesis que siguen (Kukula-Koch & Widelski, 2017; Cushnie *et al.*, 2014). Según su clasificación por estructura química y por precursor de síntesis, los alcaloides se subdividen en, heterocíclicos y no heterocíclicos. Los alcaloides heterocíclicos, se conocen también como verdaderos o típicos, contienen un nitrógeno en el anillo heterociclo, mientras que los no-heterocíclicos, más conocidos como protoalcaloides, contienen nitrógeno en su cadena lateral. También es posible aplicar la clasificación basada en el origen botánico, debido a que los alcaloides son muy específicos en sus fuentes, algunos ejemplos son, alcaloides *Papaver* (opio), alcaloides *Cinchona*, alcaloides *Rauvolfia*, alcaloides *Catharanthus*, alcaloides *Strychnos*, alcaloides *Ergot*, alcaloides de cactus y alcaloides *Solanum*. (Cushnie *et al.*, 2014; Coqueiro & Verpoorte, 2013).

Estos metabolitos secundarios se distinguen por ser de carácter básico, esto debido, a que poseen un átomo de nitrógeno con un par de electrones no apareados, sin embargo, dependiendo de la estructura y ubicación de los grupos funcionales, es mayor o menor el grado de basicidad (Cushnie *et al.*, 2014; Coqueiro & Verpoorte, 2013). Suelen tener una mala solubilidad en agua (con algunas excepciones que incluyen la cafeína y efedrina) sin embargo cuando el agua es acidificada reacciona formando

una sal que puede precipitar, otra forma de extraerlos es usando solventes orgánicos no polares como el cloroformo, el cloruro de metilo y el éter, en los cuales no son solubles en forma de sal. Numerosos alcaloides presentan actividad óptica, con isómeros que resultan ser más activos farmacológicamente que las moléculas originales, que se caracterizan por tener menor actividad (Verpoorte, 2005; Kukula-Koch & Widelski, 2017).

Las aplicaciones de los alcaloides son amplias y variadas, sin embargo, comúnmente los alcaloides se utilizan para el desarrollo de fármacos, pues muchos afectan directamente el sistema nervioso central, la fuerte actividad biológica de los alcaloides se explica, en parte, debido a que existe una relación estructural con neurotransmisores como la dopamina, la acetilcolina, la noradrenalina y la serotonina, y el hecho de que sean solubles en condiciones ácidas y liposolubles en condiciones neutras y básicas les otorga propiedades únicas para uso medicinal, ya que pueden transportarse en su forma protonada y

pueden pasar membranas en forma neutra, todo lo anterior ha contribuido a que alcaloides individuales con propiedades farmacológicas definidas y científicamente verificadas sean purificados y producidos comercialmente como productos químicos finos. En la **tabla 1** se muestran algunas moléculas de interés farmacológico (Amirkia & Heinrich, 2014; Murphy, 2017; Coqueiro & Verpoorte, 2013; Crews, 2014).

Extracción de alcaloides

Como se mencionó anteriormente los alcaloides son poco solubles en agua, sin embargo, su extracción con agua es posible en forma de base libre si se lleva a cabo después de un proceso de basificación (pH 7-9) del material vegetal con amonio o carbonato de sodio, o bien, se pueden extraer de forma protonada con agua ácida (pH 2-4) para lo que se utiliza, ácidos diluidos (Ac. Nítrico, Ac. Fosfórico, Ac. Acético, Ac. Sulfúrico) (Verpoorte, 2000).

Tabla 1. Fuentes y usos farmacológicos de algunos alcaloides importantes en la industria farmacéutica. (Tomada de Murphy, 2017)

Alcaloide	Fuente	Propiedades
Ajmalina	<i>Rauvolfia serpentina</i>	Antiarrítmico,
Cafeína	<i>Coffea arabica</i>	antihipertensivo
		Estimulante, insecticida
Camptotecina	<i>Camptotheca acuminata</i>	Antineoplásico
Cocaína	<i>Erythroxylon coca</i>	Analgésico, narcótico, anestésico local
Codeína	<i>Papaver somniferum</i>	Analgésico, antitusivo
Emetina	<i>Uragoga ipecacuanha</i>	Antiamobico, expectorante, emético
Hyosciamina	<i>Atropa belladonna</i> y otros	Anticolinérgico
Morfina	<i>P. somniferum</i>	Analgésico, narcótico
Nicotina	<i>Nicotiana tabacum</i>	Estimulante
Pilocarpina	<i>Pilocarpus jaborandi</i>	Colinérgico
Quinidina	<i>Cinchona spp.</i>	Antiarrítmico
Quinina	<i>Cinchona spp.</i>	Antipalúdico
Reserpine	<i>R. serpentina</i>	Tranquilizante
Escopolamina	<i>Hyoscyamus niger</i> y otros	Sedante, anticolinérgico
Estricnina	<i>Strychnos nuxvomica</i>	Estimulante, veneno
Taxol	<i>Taxus brevifolia</i>	Antineoplásico
Vinblastina y vincristina	<i>Catharanthus roseus</i>	Antineoplásico

Existen diversas formas de extraer alcaloides a partir de material vegetal, tales como extracción con remojo de cloroformo, extracción con soxhlet, extracción acelerada de solventes, extracción por maceración, métodos de decocción, reflujo o filtración, extracción subcrítica y extracción de fluido supercrítico. También se pueden emplear una gran variedad de

solventes en los diversos métodos, pero la mayoría de estos solventes presentan inconvenientes como una alta toxicidad, volatilidad y inflamabilidad (Quitain *et al.*, 2018; Gañán *et al.*, 2016). Los distintos métodos de extracción, convencionales y no convencionales, se exponen en la **tabla 2**, se mencionan las ventajas y desventajas de cada uno de ellos.

Tabla 2. Ventajas y desventajas de diferentes métodos de extracción de alcaloides

Referencia	Método	Ventajas	Desventajas	Parámetros
Alburquerque <i>et al.</i> , 2016 Deng <i>et al.</i> , 2016	Extracción por maceración (ME)	Técnica simple Bajo costo	Largos periodos de tiempo Bajo rendimiento	5.1 mg/g / 50°C / 4.7hrs (Deng <i>et al.</i> , 2016) 1.38 mg/g (Catequina; Alburquerque <i>et al.</i> , 2016)
Tiwari, 2015	Extracción asistida por ultrasonido (UAE)	Alto rendimiento, ecológica, tiempo de extracción corto, costos bajos		7.1 mg /g/47°C /30 min (Deng <i>et al.</i> , 2016) 321.35 mg/L / 60 min (Tiwari, 2015)
Vinatoru <i>et al.</i> , 2017	Extracción asistida por microondas (MAE)	Facilita la partición de compuestos Disminuye el tiempo y la temperatura de extracción Mayor eficiencia Cantidades menores de solvente		
Quitain <i>et al.</i> , 2018 Vinatoru <i>et al.</i> , 2017	Método de extracción hidrotermal	Extracción con agua sin solventes orgánicos Tiempo de extracción corto Buena selectividad y reproducibilidad		63.4 mg/g / 4 h / 99.6 °C (Vinatoru <i>et al.</i> , 2017) 27.5 mg/g / 1h / 180 °C (Quitain <i>et al.</i> , 2018)
Quitain <i>et al.</i> , 2018 Vinatoru <i>et al.</i> , 2017	Extracción continua por soxhlet	Alto rendimiento Solventes con baja toxicidad Sencillo y económico	Largos periodos de extracción Gran gasto de solvente Tendencia a la degradación de compuestos	28.6 mg/g / 12h / 65°C (Quitain <i>et al.</i> , 2018) 113.7 mg/g / 16 h / 76 °C (Vinatoru <i>et al.</i> , 2017)
Brandao <i>et al.</i> , 2016 Lang & Wai, 2000	Extracción de fluido supercrítico	Seguridad ambiental, selectividad, capacidad para extraer compuestos termolábiles, menores requerimientos energéticos.	Bajo rendimiento	

Determinación de alcaloides

Existen diferentes metodologías reportadas para la determinación de alcaloides, que van desde, técnicas sencillas, basadas en reacciones de precipitación con reactivos como Wagner (precipitado de color marrón rojizo cuando se mezcla con yodo y yoduro de potasio), Dragendorff (precipitado de naranja con yoduro de bismuto y potasio), Mayer (precipitado blanco con solución de yoduro potasiomercúrico) y Hanger (precipitado amarillo con solución acuosa saturada de ácido pícrico), sin embargo, estas técnicas resultan poco eficientes debido a que también se observan reacciones de precipitación con proteínas, lo que puede provocar falsos positivos, hasta metodologías más complejas y estructuradas, como, métodos espectrofotométricos, cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), cromatografía de capa

fina, fluorimetría, cromatografía iónica, colometría, cromatografía de gases y electro cromatografía (Shamsa *et al.*, 2008; Kukula-Koch & Widelski, 2017).

Métodos espectrofotométricos

Los métodos espectrofotométricos para la detección de alcaloides, se basan en su mayoría en la formación de complejos coloridos a pH ácidos, sin embargo, la mayoría de los métodos reportados presentan una gran cantidad de desventajas como; un rango de determinación estrecho, extracción y/o calentamiento previo, tiempos de reacción largos e inestabilidad del complejo formado. Por otro lado, suelen ser métodos relativamente sencillos, económicos y accesibles (**Tabla 3**) (Shing & Sahu, 2006; Worrell & Booth, 1953; Rodina *et al.*, 1973).

Tabla 3. Comparación entre diferentes métodos espectrofotométricos para la determinación de alcaloides

Autor	Fundamento	Finalidad	Ventajas	Desventajas	Parámetros
Sakai <i>et al.</i> , 1991	Formación de complejos ternarios de alcaloides y un anión divalente de colorantes azólicos (A2-).	Berberina / sales cuaternarias de amonio	Extracción selectiva Específico para Berberina Método de exclusión	Requiere el uso de estándares Reactivos con alta toxicidad	605 nm
Sreevidya & Mehrotra, 2003	Se basa en la formación de complejo de bismuto amarillo en medio de ácido nítrico con tiourea	Alcaloides totales precipitados por el reactivo de Dragendorff	No requiere el uso de estándares en la curva de calibración Baja toxicidad Buena efectividad	Baja selectividad Método	435 nm
Rodina <i>et al.</i> , 1973	Se basa en espectrofotometría diferencial entre soluciones alcalinas y ácidas	Morfina	Método diagnóstico	No es preciso Resultado semicuantitativo	299 nm

Cromatografía de capa fina

La cromatografía de capa fina (TLC, por sus siglas en inglés, es definida como un tipo de cromatografía líquida, comúnmente utilizada para la separación rápida de muestras en función de las diferencias en su poder de retención. En esta, la fase estacionaria consta de un absorbente, por ejemplo, el más comúnmente utilizado gel de sílice, el cual se reviste de un soporte rectangular delgada (vidrio, aluminio, plástico, la fase móvil consta de uno o más disolventes que forman un sistema cromatográfico líquido-sólido. (Reich & Widmer, 2013)

Es un método ampliamente usado para la separación y determinación de alcaloides, es una técnica simple que no requiere de instrumentos costosos, en la que se pueden analizar diferentes muestras simultáneamente y además es aplicable a diferentes matrices, sin embargo, es una técnica que ofrece baja sensibilidad y especificidad, y necesariamente se deben de desarrollar muestras con estándares auténticos debido a la baja reproducibilidad del factor de retención (Kuwayama *et al.*, 2011).

La sílice es la fase estacionaria más utilizada para la determinación de metabolitos secundarios, sin

embargo, existen placas con materiales como C18 unido químicamente a la sílice, pero no se ha incrementado su uso debido a los costos altos. No obstante, cuando los alcaloides presentan una basicidad fuerte se pueden producir graves vetas en las placas de gel de sílice debido a las propiedades ácidas de este adsorbente. Por lo tanto, las fases móviles que contienen bases como amoníaco o dietilamina son ampliamente utilizadas. Para la detección de alcaloides cuaternarios altamente polares y N-óxidos, son útiles los sistemas de disolventes que consisten en metanol y soluciones salinas acuosas. (Verpoorte, R., & Svendsen 1973; Coqueiro & Verpoorte, 2013). En la **tabla 4** podemos apreciar las comparativa entre algunas metodologías de TLC y los metabolitos que se logran extraer.

Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC)

La cromatografía de líquidos de alta eficacia o HPLC por sus siglas en inglés es la técnica analítica de separación más utilizada, debido a su capacidad para ser adaptada en las determinaciones cuantitativas exactas. La HPLC es tan versátil que puede ser utilizada para determinar especies de diversos materiales orgánicos, inorgánicos y biológicos. Se debe a que la fase móvil es un disolvente líquido

Tabla 4. Comparación de diferentes protocolos de cromatografía en capa fina, para la extracción de alcaloides.

Autor	Fase móvil	Alcaloides separados
Fejer-Kossey, 1967	Cloroformo-metanol (100:20) Cloroformo-eter-tetrahydroformo (80:15:5)	Oxido-N-ricotina m-Nicotina Nornicotina Anatabina Nicotina Miosmina Nicotona α - β '- Diprylidona Nicotrina
Cieśła & Waksmundzka- Hajnos, 2009	CHCl ₃ /MeOH/NH ₃ (85:15:1, v/v/v), Acetonitrilo/H ₂ O/36% HCl (30:100:7, v/v/v)	Lupanina Metilcitisina Citisina Hidroxlupanina Sophocarpin Lusitanina Retamina Sparteina Isosparteina
Ayyagar <i>et al.</i> , 1991	Benceno/ acetonitrilo/ etilacetato (60:20:20) Etilacetato/ benceno/ acetonitrilo/ amonio (25:30:45:5)	Narcotina Papaverina Morfina Codeína Tebaina
Borkowski & Kaniewska, 1971	Benceno/ cloroformo/ isopropanol/ amonio (90:90:16:20) Benceno/ cloroformo/ metanol/ etilacetato (2:3:7:1)	

que contiene el analito como una mezcla de solutos. (Douglas Skoog, 2005; Skoog, *et al.*, 2000).

En los últimos años se ha popularizado su uso para la determinación de alcaloides, gracias a que es una técnica más sensible y específica, que las anteriormente mencionadas, sin embargo, existen numerosos estudios que reportan complicaciones en la determinación de alcaloides, debido principalmente a las interacciones que se dan por la naturaleza básica de los alcaloides o por las largas cadenas de sus estructuras, las columnas más popularmente usadas son la C8 y la C18 así como también, las fases unidas a fenilo en sílice. La mayoría de las metodologías requieren un largo tiempo de

corrida y suelen ser de precios elevados, así como un proceso de purificación previo a el ensayo (Coqueiro & Verpoorte, 2013; Wink, 2016).

Cromatografía de gases (GC)

La cromatografía de gases, es hoy en día la técnica de determinación y separación de alcaloides, más sensible y selectiva, debido a la utilización un detector específico de nitrógeno. En la cromatografía de gases los compuestos presentes en una muestra vaporizada se separan por acción del reparto de estos entre una fase móvil (gaseosa) y otra estacionaria (líquida o solidas) contenida en una columna. Las columnas más comúnmente utilizadas, son de polaridad

Tabla 5. Comparación de la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) frente a la cromatografía de gases (GC).

Características de ambos métodos	Ventajas de HPLC	Ventajas de la GC
Efectivos, muy selectivos de aplicación amplia.	Pueden usarse con compuestos no volátiles ni termoestables	
Solo requieren una pequeña muestra.	Aplicable en general a iones inorgánicos	
Suelen ser no destructivos con la muestra		Resolución no igualable (con columnas capilares)
De fácil adaptación al análisis cuantitativo		Es fácil establecer la interfase con la espectrometría de masas

intermedia y van desde 10 a 25 metros. Debido a que el cromatógrafo puede ser fácilmente acoplado a un detector de masas, se ha facilitado el análisis de una gran cantidad de alcaloides, por lo que ya se dispone de un gran catálogo de alcaloides debidamente identificados, lo que permite una identificación más selectiva y precisa (Skoog, *et al.*, 2000; Wink, 2016). En la **tabla 5** se presenta una comparativa del HPLC y de la cromatografía de gases.

Conclusión

Existen diversas técnicas para la obtención, separación y detección de los alcaloides de origen vegetal y de acuerdo con la revisión de literatura, se considera que la extracción por el método continuó de Soxhlet ofrece por lo general un rendimiento alto en base al peso seco de la muestra, mientras que el espectrómetro de masas ofrece una mayor sensibilidad, precisión y exactitud para la separación e identificación de alcaloides.

Referencia Bibliográfica

1. Albuquerque, B. R., Prieto, M. A., Barreiro, M. F., Rodrigues, A., Curran, T. P., Barros, L., & Ferreira, I. C. (2017). Catechin-based extract optimization obtained from *Arbutus unedo* L. fruits using maceration/microwave/ultrasound extraction techniques. *Industrial crops and products*, 95, 404-415.
2. Amirkia, V., & Heinrich, M. (2014). Alkaloids as drug leads—A predictive structural and biodiversity-based analysis. *Phytochemistry Letters*, 10, xlvi-lxiii.

3. Ayyangar, N. R., Biswas, S. S., & Tambe, A. S. (1991). Separation of opium alkaloids by thin-layer chromatography combined with flame ionization detection using the peak pyrolysis method. *Journal of Chromatography A*, 547, 538-543.
4. Borkowski, B., & Kaniewska, T. (1971). Thin-layer chromatography of thalictrum species alkaloids. *Journal of Chromatography A*, 59(1), 222-225.
5. Brandão, G. H. A., Rigo, G., Roque, A. A., Souza, A. C. D., Scopel, M., Nascimento, C. A. O., & Giordani, R. B. (2017). Extraction of bioactive alkaloids from *Melocactus zehntneri* using supercritical fluid. *The Journal of Supercritical Fluids*, 129, 28-35.
6. Cavalcanti, R. N., & Meireles, M. A. A. (2012). Fundamentals of supercritical fluid extraction.
7. Cieśla, Ł., & Waksmundzka-Hajnos, M. (2009). Two-dimensional thin-layer chromatography in the analysis of secondary plant metabolites. *Journal of Chromatography A*, 1216(7), 1035-1052.
8. Coqueiro, A., & Verpoorte, R. (2013). Alkaloids. *Encyclopedia of Analytical Science (Second Edition)*, 56-61.
9. Crews, C. (2014). Natural Toxicants: Alkaloids. *Encyclopedia of Food Safety*. (2) 251-260

10. Cushnie, T. T., Cushnie, B., & Lamb, A. J. (2014). Alkaloids: an overview of their antibacterial, antibiotic-enhancing and antivirulence activities. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 44(5), 377-386.
11. Deng, J., Xu, Z., Xiang, C., Liu, J., Zhou, L., Li, T., & Ding, C. (2017). Comparative evaluation of maceration and ultrasonic-assisted extraction of phenolic compounds from fresh olives. *Ultrasonics sonochemistry*, 37, 328-334.
12. Dewick, P. M. (2002). *Medicinal natural products: a biosynthetic approach*. John Wiley & Sons.
13. Fejér-Kossey, O. (1967). The separation of ten tobacco alkaloids by thin-layer chromatography. *Journal of Chromatography A*, 31, 592-593.
14. Gañán, N. A., Dias, A. M., Bombaldi, F., Zygodlo, J. A., Brignole, E. A., de Sousa, H. C., & Braga, M. E. (2016). Alkaloids from *Chelidonium majus* L.: Fractionated supercritical CO₂ extraction with co-solvents. *Separation and Purification Technology*, 165, 199-207.
15. Klein-Júnior, L. C., Vander Heyden, Y., & Henriques, A. T. (2016). Enlarging the bottleneck in the analysis of alkaloids: A review on sample preparation in herbal matrices. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 80, 66-82.
16. Knez, Ž., Škerget, M., & KnezHrnčič, M. (2010). Principles of supercritical fluid extraction and applications in the food, beverage and nutraceutical industries. In *Separation, extraction and concentration processes in the food, beverage and nutraceutical industries* (pp. 3-38).
17. Kukula-Koch, W. A., & Widelski, J. (2017). Alkaloids. In *Pharmacognosy* (pp. 163-198).
18. Kuwayama, K., Tsujikawa, K., Miyaguchi, H., Kanamori, T., Iwata, Y. T., & Inoue, H. (2012). Rapid, simple, and highly sensitive analysis of drugs in biological samples using thin-layer chromatography coupled with matrix-assisted laser desorption/ionization mass spectrometry. *Analytical and bioanalytical chemistry*, 402(3), 1257-1267.
19. Lang, Q., & Wai, C. M. (2001). Supercritical fluid extraction in herbal and natural product studies—a practical review. *Talanta*, 53(4), 771-782.
20. Pelletier, S. W. (1983). The nature and definition of an alkaloid. *Alkaloids: chemical and biological perspectives*, 1, 1-31.
21. Preininger, V. (1975). The pharmacology and toxicology of the papaveraceae alkaloids. In *The Alkaloids: Chemistry and Physiology* (Vol. 15, pp. 207-261). Academic Press.
22. Quitain, A. T., Ozturk, B., Mission, E. G., & Sasaki, M. (2018). Microwave-Assisted Pressurized Hot Water Extraction of Alkaloids. In *Water Extraction of Bioactive Compounds* (pp. 269-289).
23. Reich, E., & Maire-Widmer, V. (2013). THIN-LAYER CHROMATOGRAPHY | Overview.
24. Ribeiro, B., Lopes, R., Andrade, P. B., Seabra, R. M., Gonçalves, R. F., Baptista, P., & Quelhas, I. (2008). Comparative study of phytochemicals and antioxidant potential of wild edible mushroom caps and stipes. *Food chemistry*, 110(1), 47-56.
25. Rondina, R. V., Bandoni, A. L., & Coussio, J. D. (1973). Quantitative determination of morphine in poppy capsules by differential spectrophotometry. *Journal of pharmaceutical sciences*, 62(3), 502-504.
26. SAKAI, T., OHNO, N., SASAKI, H., & HYUGA, T. (1991). Extraction-spectrophotometric determination of berberine in crude drugs by the formation of a new ion associate. *Analytical sciences*, 7(1), 39-43.

27. Schläger, S., & Dräger, B. (2016). Exploiting plant alkaloids. *Current opinion in biotechnology*, 37, 155-164.
28. Shamsa, F., Monsef, H., Ghamooshi, R., & Verdian-rizi, M. (2008). Spectrophotometric determination of total alkaloids in some Iranian medicinal plants. *Thai J Pharm Sci*, 32, 17-20.
29. Singh, D. K., & Sahu, A. (2006). Spectrophotometric determination of caffeine and theophylline in pure alkaloids and its application in pharmaceutical formulations. *Analytical biochemistry*, 349(2), 176-180.
30. Skoog, D. A., Holler, F. J., & Nieman, T. A. (2001). *Principios de análisis instrumental* (No. 543.4/. 5). McGraw-Hill Interamericana de España,.
31. Skoog, D. A., West, D. M., & Holler, F. J. (1997). *Fundamentos de química analítica* (Vol. 2). Reverté.
32. Sreevidya, N., & Mehrotra, S. (2003). Spectrophotometric method for estimation of alkaloids precipitable with Dragendorff's reagent in plant materials. *Journal of AOAC international*, 86(6), 1124-1127.
33. Tadeusz, A. (2007). *Alkaloids—Secrets of Life. Alkaloid Chemistry, Biological Significance, Applications and Ecological Role*. Elsevier.
34. Thomas, B., Murray, G., Murphy D. J. (2017). *Encyclopedia of Applied Plant Sciences* (Second Edition), Volume 2, 18-124.
35. Tiwari, B. K. (2015). Ultrasound: A clean, green extraction technology. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 71, 100-109.
36. Verpoorte, R. (2005). Alkaloids.
37. Verpoorte, R., & Svendsen, A. B. (1976). Thin-layer chromatography of some quaternary alkaloids and alkaloid N-oxides. *Journal of Chromatography A*, 124(1), 152-156.
38. Vinatoru, M., Mason, T. J., & Calinescu, I. (2017). Ultrasonically assisted extraction (UAE) and microwave assisted extraction (MAE) of functional compounds from plant materials. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*.
39. Wink, M. (2016). Alkaloids: properties and determination.
40. Worrell, L., & Booth, R. E. (1953). A spectrophotometric method of assay for belladonna alkaloids. *Journal of the American Pharmaceutical Association* (Scientific ed.), 42(6), 361-364.
41. Ziegler, J., & Facchini, P. J. (2008). Alkaloid biosynthesis: metabolism and trafficking. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 59, 735-769.

Cuerpo académico UJE-CA-108 Fisiopatología en Salud Ambiental LGAC: Bases Moleculares y Bioquímicas de la Salud Ambiental

Nombre proyecto	Investigador responsable	
Nitrosaminas y óxido nítrico como derivados del metabolismo de los nitratos, su papel en la respuesta a la hipoxia mediada por HIF y su implicación en la carcinogenesis.	<p style="text-align: center;">Polimorfismo</p> 	
Variabilidad genética y caracterización bioquímica de las metaloproteinasas y la toxina		
Citotoxicidad del nitrato y nitrito en distintas líneas celulares y su posible mecanismo de acción		
<p>Alteración en la síntesis de hormonas tiroideas mediada por los factores de transcripción FOXE1 y PAX8 durante la intoxicación crónica por nitratos</p> <p>Estudios de biomarcadores obesogénicos y angiogénicos (leptina, IGF-1 y VEGF) y su relación con la respuesta a la terapia en pacientes con cáncer de mama.</p>		
Biomarcador de insuficiencia renal	<p style="text-align: center;">Esperanza Yasmín Calleros Rincón</p>	
Anemia asociada a factores ambientales en el estudiante Universitario		
Alteraciones de la glándula tiroides y determinación de oncogenes por consumo de agua contaminada por nitratos		
Interacciones medicamentosas más comunes en diferentes áreas de un hospital de alta especialidad en la Ciudad de México	<p style="text-align: center;">Edgar Héctor Olivas Calderón</p> 	
Evaluación del daño oxidativo al ADN en niños con exposición prenatal al arsénico, flúor y compuestos organoclorados		
Evaluación de la función renal e hipertensión arterial en población expuesta a cadmio		
Detección de anticuerpos IgG e IgM contra <i>Toxoplasma gondii</i> en primigestantes y sus neonatos en el Hospital General de Gómez Palacio, Dgo.		

CIENCIAS BIOMÉDICAS

(Salud, Epidemiología, Nutrición)



"Aprender sin pensar es inútil. Pensar sin aprender, peligroso"
Confucio (551-479 a. C); filósofo chino.

Prevalencia de enfermedades infecciosas en donadores de sangre del Hospital General de Zona No. 46 del IMSS de Gómez Palacio, Dgo.

¹Espino-González Jesús Rafael, ¹Esquivel-García Diana, ¹Castro-Barraza Fernando, *¹García-Luján Concepción

¹Facultad de Ciencias Químicas Unidad Gómez Palacio, Universidad Juárez del Estado de Durango

Av. Artículo 123 s/n Fracc. Filadelfia, Gómez Palacio Dgo. C.P. 35015.
Tel. (871) 7 15 88 10 y (871) 7 15 29 64

*Autor por correspondencia: conygarcialujan@hotmail.com

Resumen

El efecto adverso más frecuente, serio y temido asociado con la transfusión de sangre es la posibilidad de transmitir enfermedades infecciosas. Se necesitan datos exactos relacionados con el riesgo de enfermedades transmisibles por transfusión para monitorizar la seguridad del suministro de sangre, igualmente esta información es útil cuando se trata de evaluar la efectividad de nuevas técnicas orientadas a reducir este riesgo y las alternativas de la transfusión alogénica. El propósito del estudio fue cuantificar la prevalencia de enfermedades infecciosas detectadas en donantes de sangre del Banco de Sangre del Hospital General de Zona No. 46 del IMSS, en Gómez Palacio, Dgo., durante el periodo del 2013 al 2015. Este trabajo de investigación se realizó, con datos obtenidos de los archivos del Banco de Sangre del Hospital General de Zona # 46 del IMSS, en Gómez Palacio Dgo. Se trata de un estudio descriptivo y retrospectivo, se incluyeron los registros del período 2013 al 2015. Se revisaron los diarios de positividad a las enfermedades detectables que contiene un registro de los posibles donadores que acuden al HGZ #46 del IMSS. Los datos se registraron en una hoja de Excel y se realizó un análisis unifactorial ANOVA. De un total de 21,600 registros de posibles donadores de sangre, 243 resultaron positivos a alguna enfermedad, por sexo: 56 femenino y 187 masculino, la enfermedad que resultó más prevalente es el HCV (136 casos), seguido por el VIH (97 casos), HBsAg (23 casos), resultando el año 2014 con el mayor número de casos de enfermedades infecciosas detectadas. Se encontraron diferencias en la presencia de infecciones entre mujeres y hombres, siendo mayor en hombres.

Se comprobó que la prevalencia es diferente durante los años 2013, 2014 y 2015.

Palabras clave: Transfusión alogénica, HCV, VIH, HBsA.

Abstract

The most frequent, serious and feared adverse effect associated with transfusion is the possibility of transmitting infectious diseases. Accurate data related to the risk of transfusion-transmissible diseases is needed to monitor the safety of the blood supply, and this information is also useful when trying to evaluate the effectiveness of new techniques aimed at reducing this risk and the alternatives of allogeneic transfusion. The purpose of the study was to quantify the prevalence of infectious diseases detected in blood donors of the Blood Bank of the General Hospital of Zone No. 46 of the IMSS, in Gómez Palacio Dgo., during the period from 2013 to 2015. This research work was carried out, with data obtained from the archives of the Blood Bank of the General Hospital of Zone # 46 of the IMSS, in Gómez Palacio Dgo. This is a descriptive and retrospective study, the records from 2013 to 2015 were included. The journals of positivity to the detectable diseases were reviewed, which contains a record of the possible donors who attend the HGZ # 46 of the IMSS. The data were recorded on an Excel sheet and an ANOVA unifactorial analysis was performed. Out of a total of 21,600 records of possible blood donors, 243 were positive for any disease, by sex: 56 female and 187 male, the most prevalent disease being HCV (136 cases), followed by HIV (97 cases), HBsAg (23 cases), resulting in the year 2014 with the highest number of cases of infectious diseases detected.

There were differences in the presence of infections between women and men, being higher in men. It was found that the prevalence is different during the years 2013, 2014 and 2015.

Key words: Allogeneic transfusion, HCV, HIV, HBsA

Introducción

Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) el 65 % de las donaciones se realizan en países desarrollados que tienen el 25 % de la población mundial. Existen tres tipos de donaciones de sangre: voluntaria (no remunerada), familiar (de reposición) y pagadas. Los donantes que ofrecen su sangre voluntariamente por razones altruistas, tienen menor prevalencia de VIH, hepatitis virales y otras infecciones (Fernández *et al.*, 2012).

Se han planteado dudas respecto a la seguridad de las transfusiones de sangre, en parte debido al riesgo de la transmisión de enfermedades infecciosas. La transfusión de sangre y sus componentes es una modalidad terapéutica esencial en la práctica médica. La transfusión frecuentemente es empleada para coadyuvar en la recuperación o reanimación de un paciente con o sin riesgo de anemia, o con hemorragia por trastornos de la hemostasia. Las principales infecciones transmitidas por la sangre identificadas actualmente son las siguientes: Bacterias: *Treponema pallidum*, Virus: de la hepatitis B, C (HVB y HVC) y de la inmunodeficiencia humana (HIV) (Rodríguez, 2012).

Durante el año 2009, la Organización Mundial de la Salud (OMS) reportó una prevalencia de 33 millones de individuos infectados por el virus de la Inmunodeficiencia Humana (HIV) a nivel mundial. La prevalencia de donantes portadores del antígeno de superficie para la hepatitis B (HBsAg) también varía geográficamente. La frecuencia de donantes portadores del Virus de la Inmunodeficiencia Humana (HIV) en países desarrollados oscila entre 0,1 a 4 casos por cada 10000 donantes (Concepción *et al.*, 2014).

Según la OMS en el año 2013, las transfusiones de sangre salvan vidas y mejoran la salud, pero muchos pacientes que necesitan transfusiones no tienen acceso a sangre segura cuando la necesitan.

Este estudio se realiza con la finalidad de conocer la prevalencia de las enfermedades infecciosas en

los donantes en el Hospital General de Zona # 46 del IMSS. Ya que actualmente no se conocen cifras de prevalencia de cada una de las infecciones. Por lo cual esta información es de suma importancia para establecer estrategias de salud y tratamientos para la prevención de estas enfermedades. Así mismo se dice que para el año 2017 se encontraron 46 casos nuevos de VIH en Durango por lo tanto es importante conocer la situación actual de estas enfermedades infecciosas que se siguen dando año con año.

Materiales y métodos

Este trabajo de investigación se realizó en la Facultad de Ciencias Químicas Gómez Palacio, dependiente de la UJED y en la clínica HGZ # 46, del IMSS, específicamente en el departamento de Banco de Sangre. El tipo de estudio es retrospectivo y descriptivo.

Población de estudio

Se analizaron los 243 expedientes de las bitácoras analizadas de posibles donadores positivos a enfermedades infecciosas de las 21,600 personas que asistieron a donar sangre durante los 3 años de estudio de las cuales estaban anotadas en las bitácoras.

Entrevista y autorización para ingresar al hospital para tomar la información requerida

Se solicitó la autorización del jefe de laboratorio para poder ingresar al hospital, específicamente al departamento de banco de sangre, y se citó a una entrevista para exponer el proyecto, después de cumplir con los requisitos solicitados, fue autorizado el acceso.

Revisión de bitácoras en el departamento de banco de sangre

Hubo una revisión total de todos los registros de las bitácoras que son importantes y dan un respaldo de todas las personas que acudieron al departamento para el proceso de donación de sangre, este material ayuda a poder evaluar el servicio que se brinda como departamento, en estas bitácoras se indican las actividades diarias por día y por turno.

Agrupación y recopilación de los datos por año y por enfermedades

De acuerdo a las bitácoras analizadas se fue

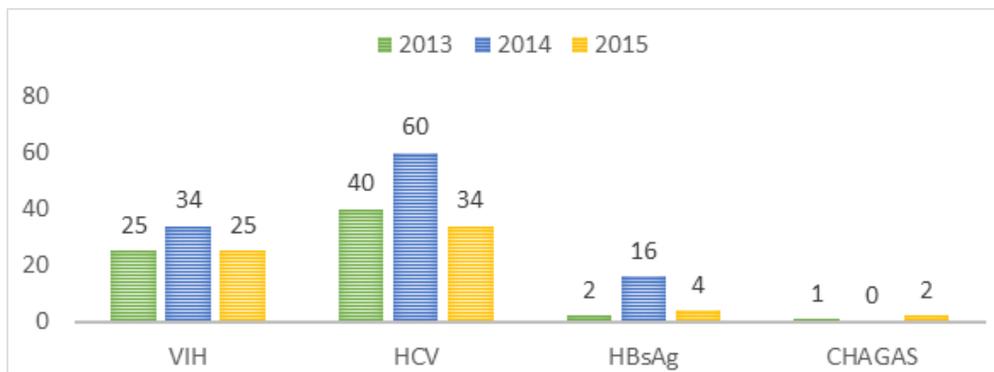


Figura 1. Datos de las enfermedades infecciosas en posibles donantes durante los años del 2013 al 2015.

agrupando la información de la forma más concreta posible, y así se organizó una recopilación de datos de los años de estudio, así como también se identificó el sexo, la edad y las enfermedades infecciosas encontradas y detectadas en los donantes, estos datos posteriormente fueron organizados para hacer el estudio estadístico.

Análisis e interpretación de los datos para la determinación de la prevalencia

Se realizó una evaluación de los datos encontrados en las bitácoras del departamento, se analizó cada año y enfermedad infecciosa para su interpretación en los años de estudio tanto por sexo como por la cantidad de personas positivas y negativas y así poder demostrar la cuantificación de la prevalencia de esas enfermedades infecciosas y poder determinar en qué género existe una mayor prevalencia en los años 2013, 2014, 2015.

Análisis estadístico de los datos

Los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza unifactorial y las comparaciones de medias mediante una prueba de Tukey ($P < 0.05$).

Resultados y discusión

Se tomaron del total de los 243 expedientes de posibles donadores positivos a enfermedades infecciosas, de las 21,600 personas que asistieron a donar sangre durante los años 2013, 2014, 2015 de estudio, fueron datos obtenidos de las bitácoras.

En la **Figura 1** se pueden observar los resultados, los cuales demuestran la presencia del VIH con total de 84 donadores positivos a enfermedades infecciosas, de ese total en el año (2013), se registró un total de 25 donadores positivos, en el año (2014), un total de 34, en el año (2015) un total de 25 donadores positivos a enfermedades infecciosas. También se pueden observar los resultados de la prevalencia de las enfermedades infecciosas, el HCV fue la que tuvo una prevalencia más alta durante los 3 años de estudio.

En la **Tabla 1** se pueden observar los resultados en los cuales se pueden observar los donadores positivos de las enfermedades infecciosas por sexo, la tendencia es que el género masculino tiene una prevalencia más alta en todas las enfermedades durante los 3 años de estudio.

Tabla 1. Datos de los donadores de las enfermedades infecciosas por sexo y por los 3 años de estudio.

ENFERMEDADES	AÑO: 2013		AÑO: 2014		AÑO: 2015		TOTAL
	M	F	M	F	M	F	
VIH	16	9	23	11	13	12	84
HCV	29	11	44	16	22	12	134
HBsAg	2	0	12	4	3	1	22
CHAGAS	1	0	0	0	1	1	3
							243

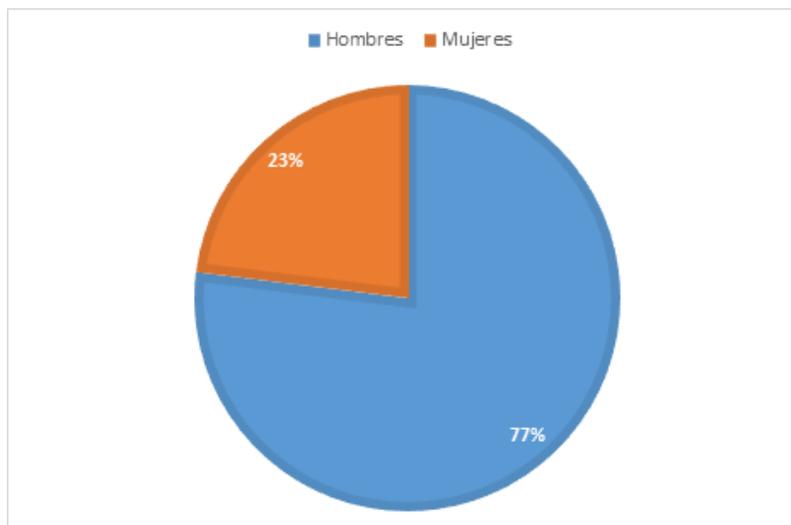


Figura 2. Datos de los donadores expresados en porcentaje de las enfermedades infecciosas por sexo de los 3 años de estudio.

En la **Figura 2** se pueden observar los resultados de la prevalencia más alta basada en porcentaje de donadores positivos a enfermedades infecciosas se registró en los hombres con un total de 77%, seguido de las mujeres con un porcentaje de 23%.

Se ha reconocido la importancia que tiene la seguridad de la sangre en la salud pública. La elevada prevalencia de enfermedades endémicas y epidémicas como la malaria, el SIDA y la hepatitis viral en algunas áreas de África Subsahariana, comprometen el estado de salud de los donantes y representan un riesgo potencial para los receptores de transfusiones (Fernández *et al.*, 2012).

Estudios previos realizados en el Centro Nacional de Transfusión de Sangre Gabonense, en países como México y Angola mostraron una alta prevalencia de las diversas enfermedades infecciosas transmitidas por una transfusión. Las prevalencias más altas que se observaron durante el estudio fueron para el VIH 0.51% para el 2005-2010 a 0.41% para el 2013, para el hepatitis B se mantuvo constante (4.63%), para el hepatitis C 0.73%. En comparación con los resultados de este estudio tienen similitud, así mismo se encontró evidencia que estadísticamente el HCV fue el que tuvo una frecuencia muy alta durante los tres años de estudio. Así como también un dato muy importante que se encontró fue que en los hombres existe mayor frecuencia para contraer las enfermedades infecciosas (Moya *et al.*, 2014).

Según lo reportado por Rivera (2004), hay coincidencias con los resultados de este estudio, el cual menciona que existen diversos factores de

riesgo por los cuales se pueden transmitir estas enfermedades infecciosas. Dentro de estos factores de riesgo se encuentran: la promiscuidad, la práctica de relaciones homosexuales masculinas, haber tenido prácticas sexuales recientes con prostitutas o con personas promiscuas, ser usuarios de drogas intravenosas, exposición reciente a procedimientos con riesgo de contagio por el uso de agujas contaminadas (acu-puntura, tatuajes, etcétera).

Según (Fernández *et al.*, 2012), en África, el VHB es sin duda el más común de los agentes infecciosos que pueden transmitirse por transfusiones, es un hecho que no coincide con los resultados de este estudio, donde la más común de las enfermedades infecciosas fue el VHC.

Según (Fernández *et al.*, 2012), considerando las dificultades en la obtención y seguridad de la sangre, el análisis de factores epidemiológicos que tienen un impacto en la donación sanguínea, puede mostrar algunas buenas opciones para el control de esta problemática y contribuir al uso racional de la sangre.

Literatura citada

Fernández A J D, Baptista P B L, Sequeira P S A, Frago M, Rivero J R. Donación de sangre y prevalencia de infecciones transmitidas por la sangre en una clínica de Luanda, Angola. *MediSur* 2012; 2: 33-41.

Rodríguez M H. Enfermedades infecciosas por transfusión en México Rev Mex Med Tran 2012; 4.

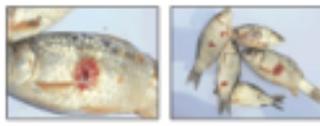
Concepción Z M, Concepción U L, Marchena A M, Estrada A L. Frecuencia de marcadores serológicos de infecciones transmisibles por transfusión sanguínea en donantes voluntarios en un hospital de Trujillo, Perú. Rev. Cuerpo méd 2014; 3.

Moya S J, Julcamanyan T E. Seroprevalencia de marcadores infecciosos causantes de pérdidas de hemodonaciones en el Servicio de Banco de Sangre del Hospital Nacional Docente Madre Niño San Bartolomé de enero 2008 a diciembre del 2013. Horiz Med 2014; 6: 6-14.

Rivera, L. M. R. F., Zavala, M. C., Arenas, E. A. (2004). "Prevalencia de seropositividad para VIH, hepatitis B y C en donadores de sangre." **Gac Méd Méx** 140.

Cuerpo académico UJE-CA-125 Bacteriología Médica Diagnóstica y Salud Pública

LGAC: Factores de virulencia y drogosensibilidad de las enfermedades infecciosas y Salud Pública

Nombre proyecto	Investigador responsable	
Perfil microbiológico de úlceras de pie diabético y actividad antimicrobiana	<div data-bbox="808 688 1096 716" data-label="Text"> <p>Aurora Martínez Romero</p> </div> 	
Identificación de fuentes de contaminación, una estrategia de saneamiento básico en la prevención de brucelosis humana		
Evaluación del efecto inhibitor y potenciador del plasma rico en plaquetas ante fármacos en microorganismos nosocomiales y su correlación con resistencia a fármacos		
Aplicación del árbol de neem en agricultura, industria, medicina y ambiente: una revisión.		
Diagnóstico de brucelosis caprina por serología y PCR múltiple		
Aislamiento de Mycobacterium abscessus en un paciente con afección cutánea		
Asociación entre el fenotipo del sistema sanguíneo ABO y leucemias		
Análisis de los factores de crecimiento y su efecto inhibitor en microorganismos de importancia clínica	<div data-bbox="800 1356 1105 1383" data-label="Text"> <p>José de Jesús Alba Romero</p> </div>  	
Aislamiento e identificación de Aeromonas productoras de biopelícula en peces del río Nazas		
Aislamiento e identificación de microorganismos nosocomiales más frecuentes y análisis de sus factores de virulencia		
Análisis de expresión de los genes que codifican para bombas de expulsión y su correlación con resistencia a fármacos de primera y segunda línea por el método de azul de alamar en cepas de micobacterias		
Análisis de los genes lasI/lasR y rhli/rhIR como reguladores de transcripción de los factores de virulencia dependientes del Quorum sensing y su correlación a fármacos en cepas de Pseudomana aeruginosa aislada de pacientes hospitalizados		
Evaluación de los métodos para el diagnóstico de salmonelosis por ELISA y aglutinación en pacientes crónicamente expuestos		
Determinación de Plomo (Pb) y Arsénico (As) en cápsulas de gelatina dura y blanda para uso farmacéutico		

**Cuerpo académico UJE- CA- 134 Química y Tecnología de Productos Alimenticios
LGAC: Tecnología de Alimentos y sus biocomponentes**

Nombre proyecto	Investigador responsable	
Contenido de licopeno en tomate orgánico y con fertilización química.	Guadalupe Candelas Cadillo	
Propiedades funcionales y de textura de sábila (<i>Aloe vera barbadensis</i> Miller) fresca y procesada.		
Extracción de biocomponentes de diferentes matrices alimentarias aplicando ultrasonido de potencia	José Rafael Minjares Fuentes	
Aplicación de ultrasonidos de potencia al gel de Aloe vera		
Efecto de la temperatura y la velocidad de alimentación del secado por aspersion en las propiedades funcionales, la concentración de aloemodina y aloína, la actividad antioxidante y el perfil de carbohidratos del jugo de gel de <i>Aloe barbadensis</i> Miller	Juan José Martínez García	
Construcción de un extractor sólido - líquido didáctico	Víctor Manuel Rodríguez González	
Textura, nivel de agrado y vida de anaquel de un mazapán de nuez (<i>Carya illinoensis</i>) adicionado con diferentes concentraciones de inulina y leche en polvo	Juan Pablo Alemán Morán	

Problema bioquímico y farmacológico

Erick Sierra Campos¹ y Mónica Andrea Valdez Solana¹

Facultad de Ciencias Químicas GP, Universidad Juárez del Estado de Durango.
Email: ericksier@gmail.com; valdezandyval@gmail.com

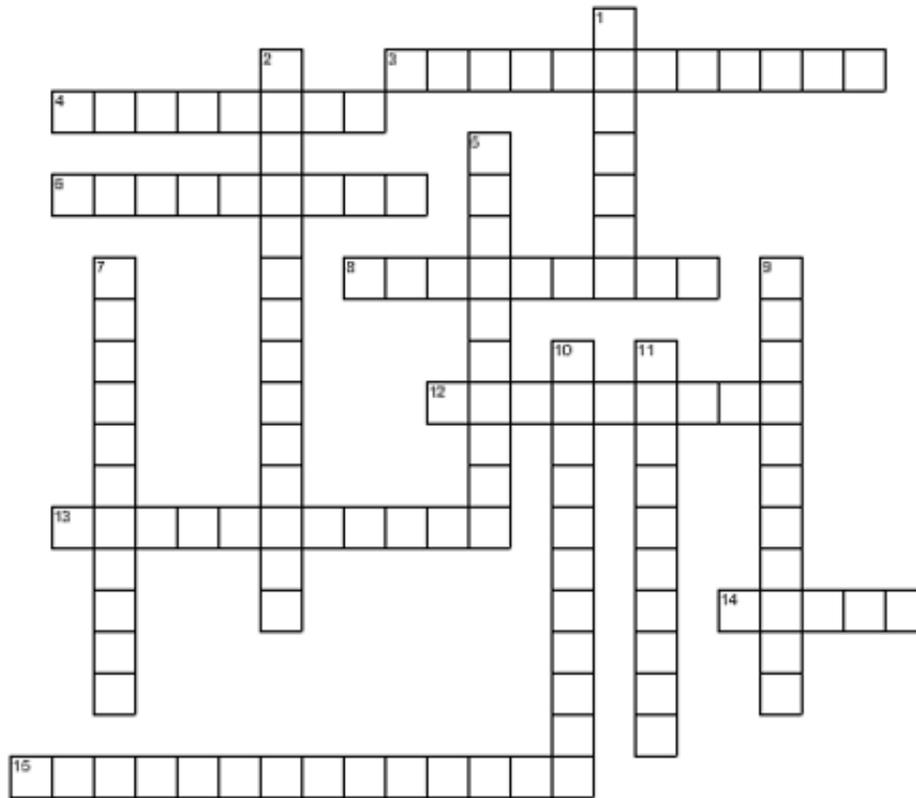
La descarboxilación enzimática de un cetoácido (sustrato) muestra las siguientes velocidades iniciales para las concentraciones que se citan:

[Cetoácido] (M)	V_0 ($\mu\text{moles CO}_2/2\text{min}$)
$2,500 \times 10^{-3}$	0.588
$1,000 \times 10^{-3}$	0.500
0.714×10^{-3}	0.417
0.526×10^{-3}	0.370
0.250×10^{-3}	0.252

A partir de estos datos calcular gráficamente la $V_{\text{máx}}$ y la K_m de esta reacción enzimática.

Envía tu respuesta a las direcciones de correo electrónico que aparecen en la parte superior y la respuesta correcta aparecerá en el siguiente volumen de la revista. No olvides anotar tus datos completos y anexar los cálculos completos de tu respuesta.

Virologia



Horizontal

Vertical

- 3. Virus con la capacidad de infectar celulas exclusivamente bacterianas
- 4. Descubrio el virus de la hepatitis B y desarrollo una vacuna
- 6. Perteneciente a la familia de Paramixoviridae
- 8. Demostro la enfermedad del mosaico en el tabaco
- 12. Es el mecanismo mas comun de penetracion de los virus
- 13. Considerado el padre de la virologia tumoral
- 14. Particulas submicroscopicas de material genetico contenido en una capsida de proteinas
- 15. Perteneciente a la familia Orthomyxoviridae
- 1. Particulas proteinaceas que pueden causar scrapie en las ovejas
- 2. Causante del sarcoma de Kaposi
- 5. Causantes de episodios diarreicos y alrededor de 4 millones de muertes por gastroenteritis infecciosas
- 7. Ejemplo de la familia Filoviridae con RNA de sentido negativo
- 9. Una de las estructuras virales
- 10. Pueden ser agentes causales de SARS
- 11. Virus que contiene RNA de sentido positivo como material genetico y produce SIDA

Respuesta al problema bioquímico

Sabiendo que el pKa de la clorotiazida (base débil) es 7. ¿Dónde se producirá su absorción tras su administración por vía oral? Calcular el porcentaje de fármaco ionizado en el estómago (pH ~ 2), en intestino (pH ~ 6,5) y en colon (pH ~ 8) Si este mismo fármaco se administra por vía intravenosa y su lugar de acción son los túbulos renales ¿Crees que la concentración en su lugar de acción sería mayor o menor que en el plasma? (pH en túbulos de 6; pH en plasma de 7.40)

Sabiendo que el pKa de la clorotiazida (base débil) es 7. ¿Dónde se producirá su absorción tras su administración por vía oral? Calcular el porcentaje de fármaco ionizado en el estómago (pH ~ 2), en intestino (pH ~ 6.5) y en colon (pH ~ 8). Si este mismo fármaco se administra por vía intravenosa y su lugar de acción son los túbulos renales.

El pKa se define como el pH al cual las formas ionizadas y no ionizadas existen en la misma concentración. Por tanto, el grado de ionización de una droga es la propiedad fisicoquímica única que controla su estado de ionización cuando está en solución. Entonces, la forma no ionizada es más soluble en lípidos y transportada por difusión pasiva a través de la membrana.

La ecuación de Henderson-Hasselbach nos permite conocer el grado de ionización para ácidos y bases débiles;

$$\text{pH} = \text{pKa} + \log\left(\frac{[\text{A}^-]}{[\text{AH}]}\right)$$

Entonces, para conocer el grado de ionización se realiza el siguiente despeje algebraico;

$$\log\left(\frac{[\text{A}^-]}{[\text{AH}]}\right) = \text{pH} - \text{pKa}$$

$$\frac{[\text{A}^-]}{[\text{AH}]} = \text{antilog}(\text{pH} - \text{pKa})$$

$$\text{a) } \frac{[\text{A}^-]}{[\text{AH}]} = \text{antilog}(2-7) = 1 \times 10^{-5}$$

$$\text{b) } \frac{[\text{A}^-]}{[\text{AH}]} = \text{antilog}(6.5-7) = 0.31$$

$$\text{c) } \frac{[\text{A}^-]}{[\text{AH}]} = \text{antilog}(8-7) = 10$$

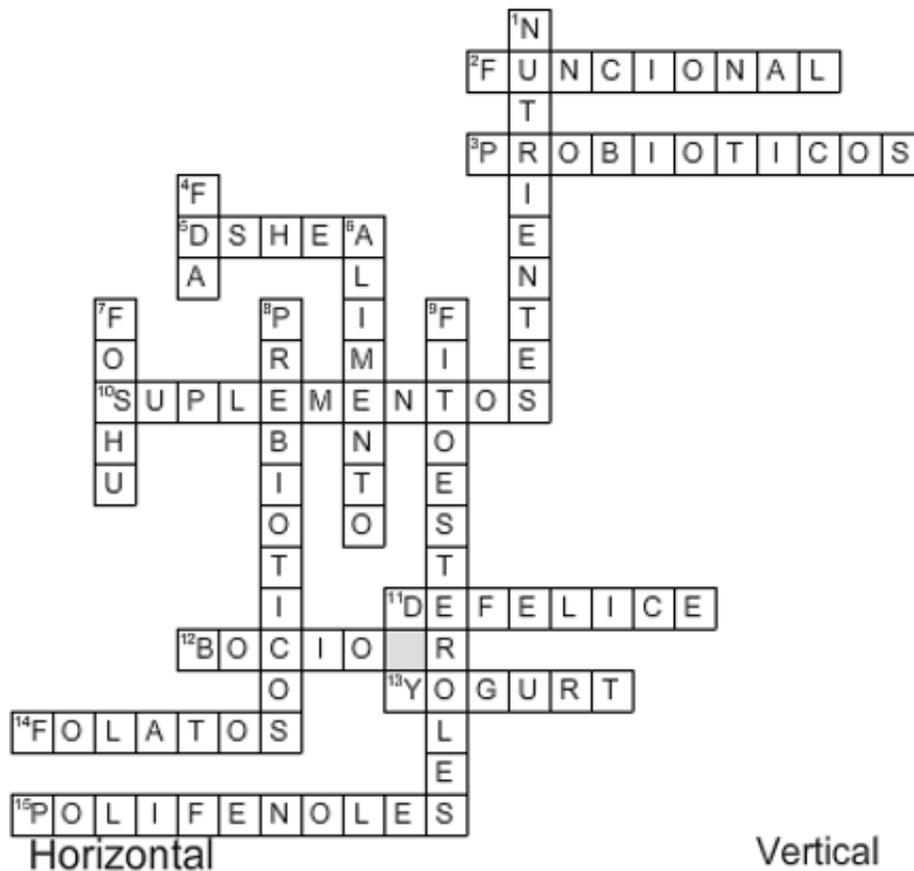
La ionización de la clorotiazida es cero al pH del estómago debido a que el valor del inciso (a) es insignificante, mientras que en el intestino es 3.1% (b) y en el colon es 90% (c).

¿Crees que la concentración en su lugar de acción sería mayor o menor que en el plasma? (pH en túbulos de 6; pH en plasma de 7.4).

Túbulos 0.9% y plasma 25% es decir que el 99 y 75% de la droga no está ionizada y debe tener su acción en el túbulo donde la concentración es mayor que en el plasma.

Respuesta al Crucigrama del número anterior

Respuesta al crucigrama anterior alimentos funcionales vs nutraceuticos.



2. Aquel que aporta componentes esenciales mediante la dieta
3. microorganismos beneficios
5. Reglamenta los suplementos nutricionales y sus ingredientes
10. Aquellos que incrementan la ingesta de ciertos componentes de la dieta
11. Desarrollo el termino nutraceutico
12. Sal yodada utilizada como medida contra el ...
13. Prevencion de enfermedades gastrointestinales por Minoru Shirota
14. Defectos del tubo neural al nacer
15. Prevencion de cancer, colesterolemia, embolias y arteriosclerosis, Ataques cardiacos e inflamaciones

1. Azucres y grasas
4. Autoriza el uso de determinadas alegaciones en alimentos indicando que reducen el riesgo de padecer
6. Cualquier sustancia normalmente ingerida por los seres vivos con fines nutricionales, sociales y psicológicos
7. Siglas del termino creado por lo japoneses en 1991
8. Ingredientes no digeribles que estimulan selectivamente el crecimiento de microorganismos
9. Reducen el riesgo de enfermedades cardiovasculares



La Universidad Juárez del Estado de Durango Facultad de Ciencias Químicas Gómez Palacio

a través de la
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Convoca

A todas las personas interesadas de México, egresadas de las carreras de Químico Farmacéutico Biólogo, Ingeniero Químico en Alimentos, Medicina, Biología, Ingeniería Química, Ingeniería Bioquímica, Agronomía, Ecología, Biotecnología entre otras áreas afines; que tengan conocimientos en el área de química, biología y estadística, destreza en el manejo de instrumental de laboratorio, habilidades orales y escritas, así como conocimientos del idioma inglés y habilidades en el uso de herramientas informáticas, que tengan capacidad emprendedora así como, interés en la investigación, creatividad, disciplina y con visión holística, para participar en el proceso de admisión a la:

Maestría en Ciencias Químicas

Líneas de Investigación:

- ✓ Desarrollo e innovación de los alimentos
- ✓ Bases Bioquímicas y moleculares de la salud Ambiental

Opciones terminales:

- ✓ Ciencia y Tecnología de los alimentos
- ✓ Ciencias Bioquímicas

Fechas importantes.

1ª Etapa:

- Fecha límite para entrega de solicitudes y papelería: 12 de abril

2ª Etapa:

- Curso propedéutico el 23 de abril al 15 de junio
- Evaluación Psicométrica:
 - ✓ Entrevista: 11 – 18 de mayo
 - ✓ Examen: 4 de junio
- Examen de conocimientos: 16 de abril
- EXANI III el 09 de junio

3ª Etapa:

- Presentación de proyecto, trabajo de tesis o artículo
- Entrevista con comité de selección: 21 y 22 de junio
- Publicación de resultados el 4 de julio
- Inscripciones nuevo ingreso: 6 de agosto
- Plática de inducción: 6 de agosto 2018
- **Inicio de clases el 13 de agosto 2018**

*Padrón Nacional
de Posgrados
de Calidad*



Requisitos para ficha.

- Copia de acta de nacimiento con formato nuevo
- Copia del certificado de licenciatura o constancia de estudios con calificaciones y promedio mínimo de ocho
- Copia notariada de título o acta de examen profesional
- CV con documentos probatorios
- 2 fotografías tamaño credencial
- CURP
- RFC
- Credencial de elector IFE o INE
- 2 cartas de recomendación de investigadores consolidados
- Recibo de pago de ficha

Mayores informes:

Dra. Ruth Elizabeth Alanis Bañuelos

posgradofcggp@ujed.mx

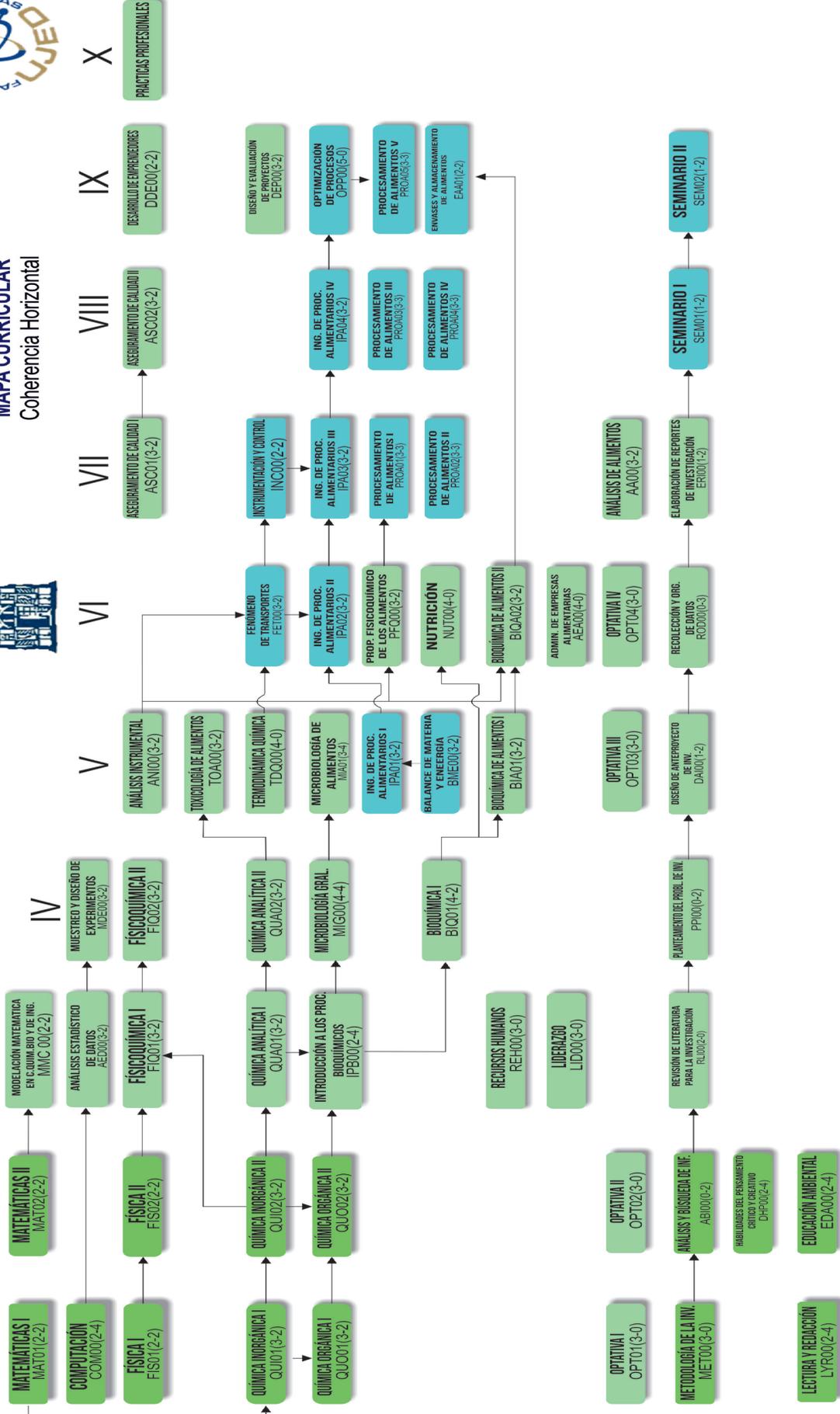
Tel: (871) 7158810 ext. 118

Pág. Web: www.fcggp.ujed.mx



INGENIERO QUÍMICO EN ALIMENTOS

MAPA CURRICULAR
Coherencia Horizontal



FORMACIÓN INTEGRAL

ARTE CULTURAL Y DEPORTE			FORMACIÓN INTELLECTUAL			ACTIVIDADES DE VINCULACIÓN			SERVICIO SOCIAL EXPERIENCIA RECEPTORAL			PRACTICAS PROFESIONALES														
T	P	C	T	P	C	T	P	C	T	P	C	T	P	C												
20	14	34	24	12	36	20	14	34	23	16	39	20	13	33	18	16	34	13	12	25	16	11	27	0	600	12
												8 CRÉDITOS			10 CRÉDITOS 4 CRÉDITOS			12 CRÉDITOS								



REMDIS (fcqgp.ujed.mx)

ISSN:

Publicación Semestral de Investigación Científica en
Ciencias Alimentarias y de Salud.

Facultad de Ciencias Químicas Gómez Palacio

Universidad Juárez del Estado de Durango

www.ujed.mx

Artículo 123 S/N Col. Filadelfia, Gómez Palacio,
Durango, México CP 35010

Teléfono (871) 715 8810 FAX (871) 715 2964

e-mail: editorremdis@gmail.com