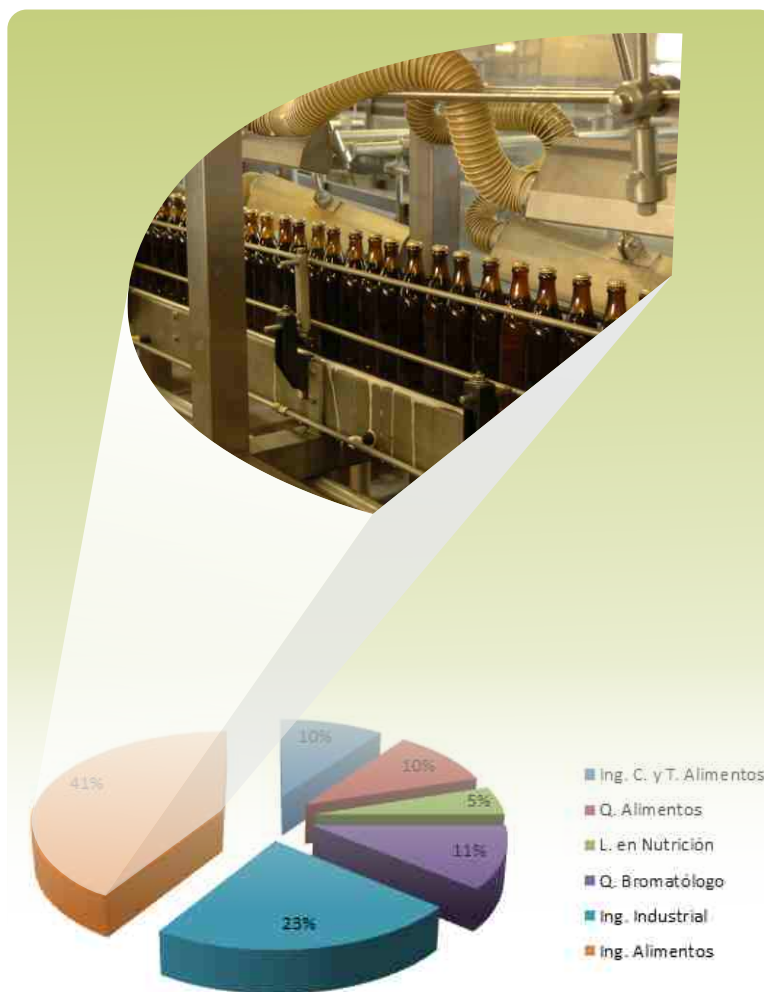




Revista de la Facultad de Ingeniería Química





Directorio

M. Phil. Alfredo F, J, Dájer Abimerhi
Rector

Dr. José de Jesús Williams.
Director General de Desarrollo Académico

Dr. Rodolfo Canto Saenz
Coordinador General de Extensión

Facultad de Ingeniería Química

Dra. Marcela Zamudio Maya
Director

M. en C. Francisco Javier Herrera Rodríguez
Secretario Administrativo

M. en C. María Dalmira Rodríguez Martín
Secretaría Académica

Dr. Cristian Carrera Figueiras
Jefe de la Unidad de Posgrado e Investigación

Consejo Editorial

Dr. Luis Antonio Chel Guerrero
Editor Técnico

Dr. Jorge Lechuga Andrade
M. en C. Miriam Chan Pavón
Dr. David Betancur Ancona
Dr. Luis Chel Guerrero

Edición y Diseño Gráfico

QI. Miriam Chan Pavón, M. en C.
LDGP. Luis Enrique Flores Rivero.
Br. Juan Enrique Cetina Mukul



Premio
Nacional
de Tecnología
2 0 0 2

REFLEXIONES SOBRE LA RELEVANCIA Y MANTENIMIENTO DE LA CARRERA DE IQI EN FIQ-UADY. 3

Opinión

José Antonio Rocha Uribe.

QUIMIOMETRÍA UNA DISCIPLINA ÚTIL QUE LLEGO PARA QUEDARSE. 5

Revisión

Wilbert Villegas Casares.

CARACTERIZACIÓN DE COMPLEJOS DE INCLUSIÓN CON QUERCETINA Y CATEQUINA EN β -CICLODEXTRINA POR VOLTAMPEROMETRÍA CÍCLICA. 11

Avance de investigación

S. Mendoza-Díaz; H. Reyes-Pool y J. Perales-López .

NECESIDADES DE FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS EN INGENIERÍA EN ALIMENTOS DE LA INDUSTRIA ALIMENTARIA YUCATECA. 17

Avance de investigación

A. Torreblanca-Roldán; A. García-Lira; L. Chel-Guerrero y D. Betancur-Ancona .

SECTOR ALIMENTARIO DE YUCATÁN: ESTUDIO ESTADÍSTICO DE SU CAMBIO Y TRANSFORMACIÓN 21

Revisión

A. García-Lira, ; A. Torreblanca-Roldán; L. G. Cantón-Castillo

IMPLEMENTACIÓN Y VALIDACIÓN DE UN MÉTODO DE ANÁLISIS DE AMINOÁCIDOS POR CROMATOGRAFÍA DE LÍQUIDOS DE ALTA RESOLUCIÓN 32

Avance de Investigación

M. Segura-Campos; J. Ruiz-Ruiz; D. Betancur-Ancona; K. López-Rodríguez; L. Chel-Guerrero; M. Alaiz-Barragan.

INSTRUCCIONES A LOS AUTORES 41

La Revista de la Facultad de Ingeniería Química es una publicación semestral relacionada con la Ingeniería Química, la Química Industrial, la Ingeniería Industrial Logística, los Alimentos y la Administración de la Tecnología, vinculada con su enseñanza, investigación y aplicación en el sector productivo. Número 51. Todo material impreso puede reproducirse mencionando la fuente. Los artículos firmados expresan la opinión del autor y no necesariamente el de la dependencia. La correspondencia dirigirla a: Facultad de Ingeniería Química. Periférico Nte. Km. 33.5, Tablaje Catastral 13615, Col. Chuburná de Hidalgo Inn, Mérida, Yuc., Méx. C. P. 97203. Tels.+52 (999) 946-09-56, 946-09-93. Responsable de Edición: QI. Miriam Chan Pavón, M. en C. Correo electrónico: revista@fiq.uady.mx ISSN 0188-5006.

REFLEXIONES SOBRE LA RELEVANCIA Y MANTENIMIENTO DE LA CARRERA IQI EN FIQ-UADY

José Antonio Rocha Uribe

La carrera de Ingeniería Química en la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) inicio en 1966 dentro de la Facultad de Química (FQ). En 1978 inicia operaciones la Facultad de Ingeniería Química en las instalaciones de la Cd. Industrial, y en 2008 se cambia al campus de Ciencias Exactas e Ingeniería.

Los IQI egresados se han colocado tanto en la región como en otros estados de la republica. Los que se han quedado aquí que me imagino son la mayoría, han tenido que realizar actividades que en la mayoría de los casos es fuera del área de ingeniería de procesos, por ejemplo alimentos, administración, mantenimiento y calidad.

En 2004 inicia la licenciatura en Ingeniería Industrial Logística (IIL) y produce profesionistas especialistas en muchas de las actividades profesionales de los egresados de IQI, pero los egresados de IQI siguen, aunque sea en menor número, prestando esos servicios

La buena preparación y la versatilidad de la aplicación de los principios fundamentales de la ingeniería química ha contribuido a que los egresados en IQI se sigan colocando y ayuden al desarrollo industrial y empresarial de la península.

Ahora con los inicios de las carreras de Ingeniería de Alimentos y de Biotecnología

¿Se podrán seguir colocando los egresados de IQI?

Esperemos que sí, pero se puede anticipar que para que eso suceda conviene reforzar la preparación académica e integral de los egresados en IQI. A continuación se listan actividades que permitirían mantener y quizás mejorar la deseada preparación académica integral:

1. Contratar para la FIQ profesores con doctorado y productividad académica para ingresar pronto al SNI y tener perfil PROMEP. Asegurándose que los candidatos sean optimistas, tengan buena actitud, y sean amables y considerados. Ellos serian los encargados y responsables de la formación de los estudiantes de FIQ-UADY.
2. Gestionar la venida de industria de proceso, de preferencia procesos verdes.
3. Gestionar la creación de industrias de procesos verdes.
4. Aprovechar el posgrado institucional para realizar investigación en los Cuerpos Académicos (CA) con injerencia directa en la carrera de IQI.
5. Promover en los CA responsables de la formación de los IQI la superación personal y profesional.
6. Mejorar el clima de participación y colaboración entre profesores-alumnos-administradores de IQI.
7. Pensar y planear a mediano plazo un posgrado científico en IQ.
8. Abrir áreas de actividad profesional para estudiantes egresados

en zonas industriales interesantes como Coatzacoalcos y Altamira.

9. Coordinarse con IMIQ estudiantil, otros profesores y CA para que el siguiente Foro en IQI salga mucho mejor que el anterior.
10. Propiciar más y mejores relaciones extra-clase profesor-alumno.

QUIMIOMETRÍA UNA DISCIPLINA ÚTIL QUE LLEGO PARA QUEDARSE

Wilbert Villegas Casares

RESUMEN

Este artículo de revisión describe las características más importantes de la quimiometría, los agentes que han impulsado su desarrollo e implantación, sus razones y sustento, los objetivos prácticos que persigue, las principales técnicas y herramientas que utiliza, la importancia de validar el modelo, el lugar que ocupa entre las ciencias experimentales, también se indican algunos de los objetivos que se vislumbran a futuro. Aunque someramente, se resalta la trascendencia de validar el método analítico, para la acreditación de la prueba y la realización de buenas prácticas de laboratorio.

Introducción.

Obtener datos de laboratorio no significa poseer información, debemos interpretarlos y colocarlos en el contexto adecuado, para convertirlos en información útil para un objetivo determinado. La disciplina que se encarga de realizar dicha conversión es la quimiometría, y para ello, utiliza procesos matemáticos, estadísticos y lógica formal, para transformar las señales analíticas y los datos más o menos complejos, en información que el analista pueda visualizar e interpretar fácilmente. Se utilizan métodos múltiples que con varias variables predictoras realizan una sola predicción, y métodos multivariados que realizan varias predicciones a partir de varias variables predictoras.

Actualmente la quimiometría juega un papel importante en la investigación científica, en el desarrollo y aplicación de tecnologías. *El Professor Svante Wold* afirma que está impresionado por el crecimiento y proliferación de la quimiometría en las disciplinas “ómicas”, genómica, proteómica, metabolómica, etc. Despacio pero seguro, los científicos de otras áreas se darán cuenta que, para tener verdadero éxito en el conocimiento, es necesario incursionar de forma multidisciplinaria en las ciencias “métricas”

“*Basura en la entrada genera basura en la salida*”, ningún programa de computadora o técnica quimiométrica encuentra información donde no existe. Quizás por el hecho que la información rara vez se manifiesta de forma explícita, se suele achacar el fracaso del análisis a las técnicas utilizadas, cuando en realidad es debido a la deficiencia en el registro de los datos. Debemos asegurar que la información efectivamente se encuentra en los datos que se pretenden analizar, y la única forma de hacerlo es, a través del diseño de experimentos y la realización de ensayos multivariados, que conducen a ellos.

Los conceptos estadísticos deben considerarse como un medio de poner sentido común sobre bases cuantitativas, pero nunca como sustitutos de pensamiento lúcido y sentido común. En varias ocasiones, los estadígrafos no pueden responder con exactitud a muchas cuestiones, pero a menudo las clarifican. Una respuesta constructiva requiere tener una visión clara del fenómeno estudiado y su evolución. “*Jamás se debe confiar a ciegas en un estadígrafo*”, cálculos irreprochables en alguna correlación y regresión pueden conducir a conclusiones absurdas. Por ejemplo, aunque exista buena correlación entre la presencia de policías de tránsito y los atascos, éstos se pueden deber a vehículos descompuestos, fallas en los semáforos, averías en el pavimento, hombres trabajando en la vía, inundaciones, niebla, lluvia, nieve o hielo sobre la capeta asfáltica, árboles caídos, colisiones u otros tipos de accidentes.

Nótese que como en el caso anterior, muchos aspectos de la vida cotidiana son multifactoriales, por lo tanto, en la investigación científica y en el desarrollo de tecnologías es preponderante considerar que en su mayoría el mundo es complejo. Admitir que un fenómeno es simple, cuando en

realidad es múltiple o multivariado y con interacciones, podría hacernos ver como ingenuos, inexpertos o irresponsables.

“*Si se trabaja con un número grande de muestras encontramos que estadísticamente todo es significativo*”, entonces el sentido común debe alertarnos, para que no tomemos todo lo significativo como relevante. Historia verdadera, en una publicación se narra como se empleo un modelo sin validar, que tan sólo explicó el 3% de la variación de las respuestas de preferencias de los consumidores para las carnes. Debido a que se realizó con 3000 muestras, todos los vínculos entre los grupos de variables fueron significativos. En este caso lo significativo no es relevante, y no se debió usar su significancia en ningún sentido. ¡Tristemente, los árbitros no tuvieron objeción!

La meta de todo análisis químico es el conocimiento de la población, a través del estudio de la muestra. En los métodos cuantitativos, el error en la etapa de muestreo puede ser tan grande como del 100%; el error en el tratamiento de la muestra va del 10% al 30%; en el procesamiento matemático y estadístico de los datos, el error alcanza como máximo el 5%; en tanto que, durante el análisis el rango de error va del 0.2 al 2%. No se debe confundir lo anterior, con la contribución porcentual de los cuatro aspectos sustanciales de la quimiometría: el conocimiento de la aplicación contribuye con el 40%, el sentido común representa el 30%, a la estadística le corresponde el 20% y a las matemáticas el 10%.

En los análisis, los resultados se expresan en términos de probabilidad. En los estudios cualitativos, cualquier valor negativo debe reportarse como inferior al límite de detección. En los métodos cuantitativos, se especifica que la muestra negativa quedó por debajo del límite de cuantificación. Los métodos analíticos instrumentales usualmente conducen a dispersiones muy pequeñas, aún con pocas réplicas, pero debe tenerse presente que, “*Cualquier resultado carece de significado si no se acompaña de su incertidumbre*”. La nandrolona es un esteroide anabolizante derivado de la testosterona, cuyos niveles normales en orina van de 0.03 a 0.32 ng/ml. El límite permitido es 2.00 ng/ml, porque algunos suplementos alimenticios contienen esteroides que se pueden convertir a nandrolona. Además, durante la competencia el nivel de testosterona aumenta de forma natural, por lo que también lo hace el nivel de nandrolona. El jugador holandés de la Juventus Edgar Davis dio 2.7 ng/ml, eso no necesariamente significa que exista dopaje, pues existen dos posibilidades en dependencia de la incertidumbre.

2.7 ± 0.8 Entre 1,9 y 3,5 ng/ml, no hay dopaje ya que el límite está dentro del intervalo.

2.7 ± 0.3 Entre 2,4 y 3,0 ng/ml, existe evidencia de dopaje.

La computarización y el empleo de instrumentos de laboratorio de orden uno o superior, conducen a la rápida adquisición de gran cantidad de datos. Los instrumentos de orden uno producen datos que están descritos en un plano con los ejes, **X** e **Y**, por lo tanto, generan vectores. Los instrumentos de orden dos definen el espacio con los ejes, **X**, **Y** y **Z**, y producen matrices. Si sólo se tiene una gran cantidad de datos vectoriales o matriciales sin procesar, como en la mayoría de las respuestas instrumentales, la información puede ser inadecuada. Esto porque las variables redundantes impiden visualizar lo que en verdad es significativo y relevante. El secreto consiste en trasladar la máxima información contenida en el espacio original multidimensional, a un ámbito de menor dimensionalidad. Tal como ocurre, con una buena foto jpg bidimensional que conserva la información tridimensional de lo retratado, o un disco de música en formato mp3, que con menor cantidad de bits, conserva la calidad sónica de un CD. Las técnicas de representación han de hacer lo mismo, con los espacios de dimensionalidad elevada.

Dado que la estadística univariada considera una sola variable a un tiempo, establece las relaciones entre causas y efectos investigando por separado cada causa, habiendo fijado las demás condiciones. Así pueden permanecer ocultos varios comportamientos e interacciones, esto debido a que algunas variables covarian con efectos sinérgicos y/o antagónicos.

Razones para emplear estudios múltiples y multivariados.

La mayoría de los estudios publicados no fueron manejados por vía multifactorial. Por eso, muchas las leyes y postulados de la química y la física son sólo aproximaciones. Esto genera un gran campo de oportunidades para aplicar los métodos quimiométricos, y obtener resultados susceptibles de ser publicados en revistas de alto prestigio.

Existen varios factores que intervienen en los experimentos tales como, la composición y concentración de reactivos, presencia o ausencia de catalizador, presión, temperatura, etc. Para realizar el mínimo número de ensayos, se deben modificar en simultáneo los valores de las variables experimentales. Esta estrategia demanda conocimiento de técnicas multivariadas, pero asegura que en forma rápida y fiable se obtenga información relevante, a partir de los datos.

Actualmente todos los procesos de la ciencia se deberían considerar multifactoriales, hasta que se haya demostrado lo contrario. Los datos del método, el equipo y el plan experimental, deben fundamentarse pensando que los procesos son multivariados. La resolución de ellos es muy buena, cuando se utilizan sensores de orden uno o superior, que respectivamente generan vectores o matrices, ambos conceptos del álgebra lineal se procesan e interpretan fácil con los estadígrafos y herramientas de

algún programa especializado en quimiometría, como *The Unscrambler*. Cada día existen más y mejores programas.

La selectividad puede alcanzarse a través de procesos tradicionales, físicos o químicos, que utilizan respectivamente instrumentos costosos, y técnicas laboriosas: para enmascarar a los interferentes, para extraer a los analitos o para destruir a la matriz que causa problemas. La selectividad quimiométrica se logra de forma eficiente, con procedimientos matemáticos. Así, se ahorra tiempo, dinero y esfuerzo.

Al identificar a los componentes principales (PC), en el análisis de componentes principales, *Principal Component Analysis (PCA)*, y en la regresión de componentes principales, *Principal Component Regression (PCR)*, así como a los componentes parciales (PC), en la regresión de componentes parciales, *Partial Least Squares (PLS)*, que resultan ser significativos y relevantes en el aroma, sabor y textura de los productos naturales, es posible formular cosméticos, alimentos, jugos y otros productos sintéticos de alta calidad, que posean elevado nivel de aceptación por parte de los consumidores.

En los métodos flexibles *PCR* y *PLS*, sólo es necesario obtener información de los analitos que se quieren cuantificar, el propio método calcula el número óptimo de términos (variables latentes) a usar en la ecuación de regresión, la compresión elimina los datos que contienen información redundante. El valor que una muestra tiene en la nueva variable se denomina puntuación o score. En la calibración *PCR* sólo se considera a X , en tanto que, *PLS* toma en cuenta la covarianza de X e Y . Es por esto que, en *PCR* sólo se tiene al *score t*; mientras que, en *PLS* a X le corresponde el *score T* y a Y el *score U*.

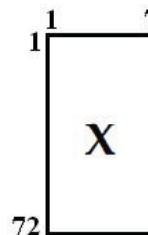
Es posible adaptar o copiar tecnología que esté libre de patentes y/o derechos de autor, usando las herramientas de la estadística múltiple y multivariada. También se pueden modelar procesos químicos en sus materias primas, energía, presión, temperatura, etc.

La detección y el tratamiento de las neoplasias podría ser más eficiente, si acota y vincula el número de genes realmente implicados, mediante la reducción a unos cuantos factores o variables latentes, usando *PCA*, *PCR* y *PLS*. En 2004 Anne Laure Boulesteix cita lo siguiente: Alon et al. en 1999 afirman que en el cáncer de colon hay indicios de 2000 genes. Alizadeh et al. en 2000 indican la conexión de 4026 genes con el linfoma. En 2002 Golub et al. reportan que hay 7129 genes relacionados con la leucemia; West et al. declaran que en cáncer de seno hay evidencias de 7129 genes; y Singh et al. dicen que en el cáncer de próstata pueden estar implicados 12600 genes.

Reconocimiento de tendencias.

Los consumidores quieren recibir productos de calidad constante, por ello, es necesario controlar la ho-

mogeneidad de todos los lotes manufacturados. Supongamos que una industria agroalimentaria, farmacéutica, petroquímica o de química básica, produce seis lotes/semana, y por cada lote se eligen 12 muestras que sean representativas de las fases inferior, media y superior del reactor. Así tendremos un conjunto de 72 muestras. Cada muestra individual se caracteriza por siete parámetros distintos, que reflejan la composición, forma, tamaño u otras propiedades que describen al producto. Con todos los datos se conforma una matriz de 72 filas que contienen a las muestras, objetos en lenguaje quimiométrico, y siete columnas con los parámetros, variables en lenguaje quimiométrico.



Matriz de datos X formada por 72 muestras, cada una de ellas está caracterizada por siete variables.

Nos puede interesar conocer: Si todo el conjunto de muestras es homogéneo o no. En el caso de que no lo sea, si existe algún objeto discrepante, anómalo, espurio u *outlier*. Si un subconjunto de muestras es diferente del resto. Si se están evaluando variables con información irrelevante, y por tanto, se está realizando trabajo analítico innecesario, con el consiguiente gasto inútil de reactivos y tiempo.

Se puede obtener información de este tipo aplicando el reconocimiento de pautas, *pattern recognition*, concretamente técnicas de análisis de grupos, *cluster analysis*, y de representación. Así en el ejemplo anterior, se sitúa a cada uno de los 72 objetos en un espacio reducido que como máximo sea 3D, no en el espacio original heptadimensional medido. Esto porque la mayoría de los humanos sólo somos capaces de visualizar el espacio en tres dimensiones.

Numerosas técnicas quimiométricas se basan en la combinación ortogonal de las variables medidas, para formar las nuevas denominadas variables latentes, factores, autovectores o *eigenvectors*, que contienen la información sin la multicolinealidad original, y explican la mayor cantidad posible de varianza, a la vez que, minimiza los residuales. Así se consigue extraer la información útil del conjunto de datos multidimensional que varían simultáneamente, multivariante en lenguaje quimiométrico. Sin duda alguna, los datos originales contienen información, pero la forma en que se encuentran es poco transparente y accesible. En términos matemáticos una matriz es singular, si alguna de sus columnas o filas es la combinación lineal de otras. Se dice que dos variables

son ortogonales cuando su correlación es cero. Si existe multicolinealidad la inversión de la matriz es imposible, y en la calibración múltiple o multivariada por mínimos cuadrados, es necesaria la inversión de las matrices.

Cuando nos interesa conocer si alguno de los nuevos lotes producidos, por nosotros mismos en otro tiempo, o un producto similar de la competencia, es parecido o no a los caracterizados anteriormente; se pueden aplicar técnicas de clasificación como el análisis de componentes principales, el modelado independiente no estricto y suave de analogías de clases, *Soft Independent Modeling of Class Analogies (SIMCA)*, el análisis discriminante lineal, *Linear Discriminate Analysis (LDA)*, y el Análisis jerárquico de grupos, *Hierarchical Cluster Analysis (HCA)*.

Tipos de calibraciones:

En la calibración directa el intercepto (a) y la pendiente (b), se calculan a partir de las señales individuales de los estándares, que contienen un solo analito. Mientras que, en la calibración indirecta los parámetros de la calibración (a) y (b), se determinan a partir de muestras de calibración, que poseen una matriz con varios analitos e interferentes.

En calibración clásica, *Classic Least Squares (CLS)*, la concentración (c) se toma como marco de referencia, es decir, como variable independiente y se coloca en la abscisa; la señal analítica (r) es la variable dependiente y se coloca en la ordenada. En la calibración inversa, *Inverse Least Squares (ILS)*, la señal analítica (r) se toma como marco de referencia, es decir, como variable independiente y se coloca en la abscisa; la concentración (c) es la variable dependiente y se coloca en la ordenada.

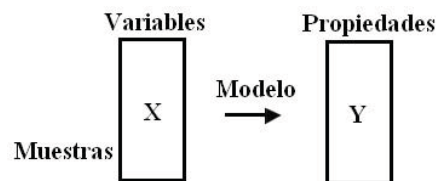
Tipos de regresiones.

En los métodos rígidos el número de términos de la ecuación de regresión está prefijado de inicio. Son rígidos los mínimos cuadrados ordinarios, *Ordinary Least Squares (OLS)*, los mínimos cuadrados bivariados, *Bivariate Least Squares (BLS)*, los mínimos cuadrados clásicos y la regresión lineal múltiple, *Multiple Linear Regression (MLR)*. Si el método usa la información de un gran número de variables, se dice que es de espectro completo. Por otro lado, en un método flexible es el propio método, quien calcula el número óptimo de términos a usar en la ecuación de regresión. Son flexibles *PCR* y *PLS*.

Relaciones entre variables.

Supongamos que nuestro interés se centra en relacionar la composición de las muestras con su calidad. El término calidad debe estar claramente identificado, a menudo consiste en la medición de parámetros físico-químicos, como la energía suministrada por los nutrientes, la resistencia y tersura en los textiles, o los resultados

de la cata en los vinos. Pueden existir una o más variables que se quieren relacionar, con las propiedades que describen la composición y aspecto, por lo que, el objetivo es encontrar la relación entre las matrices **X** e **Y**.



Relación entre la matriz **X**, que contiene las variables descriptoras de cada una de las muestras, y la matriz **Y**, que posee otro tipo de variables, como las propiedades que describen la calidad.

La relación entre las matrices se establece a través de una ecuación o modelo matemático. Con frecuencia no existen modelos que relacionen **X** e **Y**, y cumplan cabalmente las normas establecidas, como la ley de *Lambert-Beer*, la de *Nernst* o la de *Ohm*. Por ello, a menudo se construyen modelos “*ad hoc*”, que se adaptan a la estructura de los datos. Por lo tanto, es extremadamente importante que estos modelos sean válidos, en el campo de trabajo específico. La validación de los modelos es fundamental, y nunca debe obviarse en quimiometría.

La ecuación 1 representa un modelo multivariado. En él, las variables **Y** se relacionan con las variables **X**, a través de sus respectivas matrices y coeficientes **B**. Dado que los valores medidos de las variables en la matriz **Y**, no son una combinación lineal exacta de las variables en la matriz **X**, existe una matriz que contiene a los errores, **E**. En la ecuación 2, las variables predictoras de la matriz **X** se relacionan con una sola variable, por lo que se habla de un modelo múltiple, y los vectores se representan con letras minúsculas.

$$\mathbf{Y} = \mathbf{X} \mathbf{B} + \mathbf{E} \text{ modelo multivariado matricial 1}$$

$$y = \mathbf{X} \mathbf{b} + \mathbf{e} \text{ modelo múltiple mixto (matricial y vectorial) 2.}$$

En la parte determinista de los modelos, los valores de los coeficientes **B** o **b** expresan la importancia de la relación entre las variables, y en muchos casos, explican la variación de los datos. Siempre que no se aproveche la ventaja de segundo orden en la calibración, deben considerarse todas las fuentes de variación, sean estas físicas, químicas, de origen o de tratamientos recibidos, ya que sólo así es posible realizar buenas predicciones en el futuro, con un nuevo conjunto de muestras problema.

La tendencia actual es utilizar instrumentos de segundo orden o superior, porque la ventaja de segundo orden hace posible la calibración sin tener que aislar a los interferentes; permite el análisis de muestras problema que contienen nuevos componentes, no incluidos en el conjunto de muestras de calibración; y en algunas ocasiones, es posible determinar incluso las respuestas de

cada componente, en cada uno de los órdenes de medida; más aún, la cuantificación puede efectuarse con una sola muestra de calibración en presencia de interferencias.

Con frecuencia estamos interesados en el carácter predictivo del modelo, una vez ha sido validado. Si durante la calibración se sitúan las concentraciones X , en la abscisa como variables independientes, y cuando el modelo está en la fase operativa, se utilizan las respuestas instrumentales de las muestras desconocidas \hat{Y} , para predecir sus concentraciones, se trabaja en modo clásico o de retroceso. Cuando las variables de respuesta de la matriz Y son difíciles, caras o tediosas de medir, como ocurre en las evaluaciones organolépticas, mientras que las variables de la matriz X se miden fácilmente, como por ejemplo con un espectro del infrarrojo cercano o con la emisión de fluorescencia, tendremos una gran ventaja al poder predecir las primeras a partir de las segundas. El modo inverso o de avance es muy utilizado en la quimiometría, porque se basa en ajustar el modelo con la respuesta instrumental como variable independiente, y esto genera magnitudes más fiables que el ajuste con las concentraciones.

En la química orgánica, farmacología y otras áreas, existe gran interés en establecer relaciones entre las características espectrales y estructurales de los compuestos sintetizados, con su reactividad química o actividad farmacológica. Este es un campo muy activo que se conoce como, relación cuantitativa estructura actividad, *Quantitative Structure Activity Relationships, QSAR*.

Con un conjunto ordenado, finito y repetido de procesos de cálculo sencillos, los algoritmos hallan la solución de problemas complejos. Son apropiados para la resolución de problemas que usan secuencias mecánicas iterativas. Existen muchos algoritmos para diversas aplicaciones. Por ejemplo, el algoritmo genético es útil cuando es necesario optimizar procesos en los que existen respuestas múltiples.

Las redes neuronales artificiales, *Artificial Neural Networks (ANN)*, son sistemas computacionales que operan en paralelo. Por ello, son flexibles, tolerantes a las fallas y pueden procesar en forma simultánea un gran número de variables, aunque sean no lineales. Poseen algoritmos y, en algunos casos, trabajan con circuitos electrónicos. Sólo en parte las *ANN* siguen una secuencia predefinida de instrucciones, después generan sus propias reglas, para asociar las respuestas a sus entradas. Conservan las mejores soluciones aleatorias, dicho de otra forma, la red aprende de ejemplos y de sus errores, así evoluciona tal como lo hacen los seres vivos. Con inteligencia artificial es posible crear sistemas para interpretar o generar espectros de resonancia magnética nuclear, seleccionar y optimizar variables de cromatografía de líquidos de alta resolución. Esto debido a que las *ANN* abstraen las características esenciales, a partir de entradas que, a primera instancia sólo parecen mostrar información irrelevante.

El diseño de experimentos, *Design of Experiment (DoE)*, estudia dónde, cómo y cuándo deben realizarse las experiencias, para que contengan la información necesaria, suficiente y exacta. El empleo de distintos estudios factoriales (completos, fraccionales, *Plackett Burman*, etc.), y el uso de diferentes técnicas (*screening*, optimización de resultados y superficies de respuesta), son los principales aspectos abordados por esta área de la quimiometría. Las pruebas preliminares permiten realizar cambios en los factores de entrada, para que en su evolución se identifiquen interacciones, respuestas significativas y aspectos relevantes. En el *DoE* se estructuran y organizan los métodos con la finalidad de, evaluar las relaciones entre los factores que afectan los procesos y su repercusión en las respuestas. Así se pueden optimizar procesos y productos.

Pretratamiento de los datos.

Para que las técnicas quimiométricas revelen todo su potencial, los datos de entrada deben ser adecuados, es decir, sus variaciones deben atribuirse a las diferencias en la propiedad que se quiere medir. Si los datos contienen otros tipos de variabilidad, como por ejemplo, ruido, deriva o correlación entre los datos de la misma matriz, entonces deben procesarse antes de someterlos al tratamiento quimiométrico propiamente dicho.

Validación del método.

Es imprescindible validar el método analítico para obtener la acreditación de la prueba, y ello conduce a la realización de buenas prácticas de laboratorio. Si es necesario realizar la validación completa, se deben evaluar el muestreo, el almacenaje, el pretratamiento, la medición con su rango operativo de concentraciones, los tipos de matrices que se analizarán, y se deben determinar:

- Precisión como repetibilidad, y si fuera necesario, como reproducibilidad.
- Exactitud con un material de referencia certificado, o a través de la prueba de añadido-recuperado.
- Selectividad, en su caso, comparando el método convencional con el método de la adición estándar.
- Límite de detección o de cuantificación, para métodos cualitativos y cuantitativos respectivamente.
- Rango lineal, que va del límite de cuantificación a un valor probado donde el método se comporta como una línea recta, y en su caso, si se trabaja en el intervalo donde es mínimo el error fotométrico, de 0.088 a 0.88 unidades de absorbancia.
- Robustez con el estadígrafo de *Youden-Steiner*, que hace posible evaluar hasta siete variables con el análisis de sólo ocho muestras.

Acciones para asegurar el éxito en el futuro. El reconocimiento de la quimiometría depende en parte, de la ejecución de prácticas de casos interesantes y

relevantes. Además de desarrollar nuevas técnicas, es conveniente aplicar los métodos consolidados, a la resolución de problemas reales relacionados con la química. Así se evita el riesgo de convertir a la quimiometría en una disciplina alejada de la realidad. Los investigadores que emplean la quimiometría, deben estar atentos a la realidad cambiante en la química, para utilizar los métodos que mejor se adapten a los nuevos retos que van surgiendo.

Se requieren expertos conocedores de las técnicas de la quimiometría, *chemometricians*, que puedan aplicar con éxito la mayoría de las herramientas disponibles. También es fundamental, que exista un buen número de usuarios que definan con precisión los problemas físicos, químicos y biológicos, y a la vez, conozcan el potencial de la quimiometría. Así estos pueden ser los interlocutores de aquellos. Debe incorporarse la quimiometría como asignatura obligatoria a los planes de las licenciaturas en química. Esto es esencial para formar una gran base de donde saldrán, los expertos en quimiometría del futuro cercano, así como, los investigadores y tecnólogos usuarios de la quimiometría del mañana.

Hoy en día, el medio más eficaz para adquirir o divulgar información es a través de *Internet*. La página de la Sociedad Española de Quimiometría y Cualimetría [1] es una buena opción. Por su valiosa información es notoria la página *International Chemometrics Society* [2]. *The Virtual Institute for Chemometrics and Industrial Metrology*, pone a disposición de todos los usuarios el conocimiento, las técnicas y metodologías quimiométricas para resolver sus problemas específicos [3].

Conclusiones.

- Dado que en general el universo es multivariado, se puede afirmar que, *“la quimiometría es una disciplina muy útil que llevo para quedarse”*.
- Hablando estrictamente, en la mayoría de los estudios experimentales relacionados con la química, la única vía con sustento lógico para la investigación científica, son los métodos quimiométricos. Ellos también son el mejor camino para el desarrollo, la optimización y la aplicación de tecnologías.
- Todavía queda mucho camino por recorrer, para que la quimiometría sea una disciplina familiar a todos sus usuarios potenciales. Los países desarrollados están realizando estrategias importantes, para desarrollar nuevas técnicas y aplicar las existentes, para la difundir y concientizar acerca de esta importante disciplina. *“Si los países en vías de desarrollo no queremos quedar más rezagados, debemos subir al tren del progreso y para ello un factor importante es la quimiometría”*.

Referencias

Sociedad Española de Quimiometría y Cualimetría. <http://www.ub.es/gesq/spchso/main.htm>

International Chemometrics Society. <http://www.namics.nysaes.cornell.edu/welcome.html>

Virtual Institute for Chemometrics and Industrial Metrology, VICIM. <http://www.ist-world.org/ProjectDetails.aspx?ProjectId=6d7ca871c0004013b26691aac1e2663a>

Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems. Elsevier. Copie el nombre y busque en Google.

Journal of Chemometrics. Wiley. <http://www.interscience.wiley.com/jpages/0886-9383/>

Homepage of chemometrics. <http://www.chemometrics.se/>

Universitat Rovira i Virgili. Posee múltiples tutoriales de quimiometría y cualimetría. <http://www.quimica.urv.es/quimio/cast/maincat.html>

Bioestadística Universidad de Málaga. Posee un texto electrónico, varios tutoriales en Flash y vídeos. <http://www.bioestadistica.uma.es/libro/referencia.htm>
<http://www.bioestadistica.uma.es/baron/apuntes/>

Web of Professor Hossein Arsham. Contiene múltiples calculadores de estadígrafos con instrucciones en español. <http://home.ubalt.edu/ntsbarsh/stat-data/javastat.htm>

EVA on line. Esta página en español posee varios calculadores de estadígrafos. <http://personal.telefonica.terra.es/web/farmasoftware/Pagina10.html>

The Unscrambler. Contiene varios tutoriales denominados Archived Webinars en formatos pdf y Flash. <http://www.camo.com/training/webinars-seminars.html>

Wilbert Villegas, Jesús Alpízar y Pablo Acereto, Quimiometría. Muestreo, validación, control de calidad. La presentación contiene 379 diapositivas, muchos tutoriales, animaciones y archivos pdf. <http://www.ingquimica.uady.mx/SeleccioneServiciosEscolaresydespuésMaterialDidáctico>.

Guillermo Ramis, M. Cecilia García, Quimiometría. Ed. Síntesis. España 2001.

Marcel Blanco, Víctor Cerdà et. al., Temas Avanzados de Quimiometría. Ed. Universitat de les Illes Balears. España 2007.

Carlos Mongay Fernández, Quimiometría. Ed. Universitat de València. España 2005.

Kim Esbensen, Multivariate Data Analysis in practice. 5th edition. Ed CAMO Software. Norway 2006.

James N. Miller y Jane C. Miller, Estadística y Quimiometría para la Química Analítica. 4a Edición. Ed. Prentice Hall. España 2002.

Jesús Alpízar, M. Iglesias y Reinaldo López, Introducción a la Elaboración Matemática de los Resultados Experimentales. Ed. Ministerio de Educación. Cuba 1990.

Salvador Sagrado, Emilio Bonet, María José Medina y Yolanda Martín, Manual Práctico de Calidad en los Laboratorios Enfoque ISO 17025. 2ª Edición. Ed. España 2005.

CARACTERIZACIÓN DE COMPLEJOS DE INCLUSIÓN CON QUERCETINA Y CATEQUINA EN β -CICLODEXTRINA POR VOLTAMPEROMETRÍA CÍCLICA.

S. Mendoza-Díaz¹; H. Reyes-Pool² y J. Perales-López²

RESUMEN

Debido a la importancia nutrimental y funcional los investigadores hoy en día buscan fuentes naturales que presenten actividad biológica al ser humano. El empleo de flavonoides con actividad antioxidante como la Quercetina (Qc) y la Catequina (Cateq) y las nuevas tecnologías van encaminadas al uso de agentes encapsulantes como la β -Ciclodextrina para aumentar la estabilidad y actividad funcional. El presente trabajo se pretende evaluar y estudiar la formación de complejos de inclusión entre dos diferentes flavonoides (Quercetina y Catequina) y β -ciclodextrina (β -CD) mediante pruebas electroquímicas (Voltamperometría Cíclica) bajo los pH 2, 3, 4, 5, 6 y 7. Se encontró la pH dependencia de los compuestos y presentan un pico de oxidación del grupo catecol; lo cual indica que se presenta una reacción cuasireversible; así como también la formación de complejos de inclusión entre los dos flavonoides a diferentes concentraciones de β -CD y pH y bajo las condiciones pH 7 relación 1:4 Qc-CD favoreciendo la formación del complejo de inclusión sugiriendo esta como la que presenta mayor actividad antioxidante.

Palabras claves: Quercetina, Catequina, β -Ciclodextrina, Voltamperometría Cíclica

INTRODUCCIÓN

Actualmente, diversos sectores de la investigación (medicina, farmacéutica, alimentaria, etc.) han centrado sus intereses en diversos productos naturales, como las frutas y vegetales, esto debido a que proporcionan una gran variedad de compuestos funcionales (vitaminas, minerales, fitoquímicos) que presentan diversas actividades biológicas útiles para el ser humano. Fitoquímicos como los flavonoides, se encuentran relacionados con los pigmentos que otorgan a las plantas sus brillantes colores (amarillo, naranja, rojo, verde y violeta) y con diversas funciones en las plantas, entre las que se encuentra actuar como antioxidantes. En las últimas décadas se ha reportado que los flavonoides además de proporcionar protección a frutas y vegetales, pueden promover un beneficio a la salud, ya que tienen la capacidad de proteger a las células del cuerpo del ataque de radicales libres, reduciendo así, el riesgo de enfermedades crónicas degenerativas, como cáncer, las enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares (Olivares-Corichi et al., 2005; Alvarez-Padilla et al., 2005).

En la actualidad, en la industria alimentaria, se ha implementado el uso de flavonoides comerciales para evitar la oxidación de diversas frutas o para la protección de reacciones de degradación ligadas a la oxidación en alimentos; sin embargo, debido a la alta inestabilidad de estos metabolitos, su uso es limitado. La industria de alimentos demanda el uso de nuevas tecnologías para asegurar la estabilidad, biodisponibilidad y actividad de compuestos bioactivos en alimentos (Rowan, 2001; Muedas et al., 2008). Tecnologías como la nanoencapsulación (nanopartículas, nanocápsulas, complejos de inclusión), se han usado recientemente para aumentar la estabilidad y actividad funcional de ingredientes en alimentos durante el almacenamiento así como para enmascarar olores, sabores y colores no deseados. Desafortunadamente, la aplicación de sistemas nanoparticulados en alimentos es muy limitada, debido a la falta de regulaciones sobre el uso de estos sistemas coloidales en alimentos y la posible toxicidad que estos sistemas pudieran ocasionar al consumidor (kruijff et al., 2002).

El presente trabajo se pretende evaluar y estudiar la formación de complejos de inclusión entre dos diferentes flavonoides comerciales (Quercetina y Catequina) y beta ciclodextrina (β -CD) mediante pruebas electroquímicas. Dichos complejos de inclusión podrían proporcionar mejor estabilidad y protección, así como elevar la biodisponibilidad de los flavonoides de interés para poder ser usados en un futuro en diversos alimentos con finalidades diferentes, ya sean protectoras o para crear los denominados alimentos nutraceuticos.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Se utilizaron flavonoides estándares hidratados comerciales de Sigma Aldrich que se encuentran ampliamente distribuidos en los alimentos (Quercetina y Catequina). Como material encapsulante se usó

¹Facultad de Química-Universidad Autónoma de Querétaro.

²Facultad de Ingeniería Química-Universidad Autónoma de Yucatán. Periférico Norte, Km. 33.5, Tablaje Catastral 13615, Col. Chuburná de Hidalgo Inn, C.P. 97203, Mérida, Yucatán, México. e-mail:jpl_3328@hotmail.com

β -Ciclodextrina para la formación de los complejos de inclusión flavonoides-ciclodextrina.

Preparación de la solución estandar de flavonoides.

Se preparó una solución al 1 μ M (p/v) de Catequina y Quercetina por separado en etanol y se mantuvo en refrigeración a 4° C.

Caracterización electroquímica.

La caracterización electroquímica se realizó en el laboratorio de nutraceuticos de la Universidad Autónoma de Querétaro

La prueba de voltamperometría se realizó en una estación electroquímica BAS-Epsilon. El estudio de la oxidación electroquímica de los complejos de Qc-CD y Cateq-CD sobre electrodo de carbón vítreo fue realizado en medio buffer de Britton-Robinson a distintos valores de pH (2-7) con el objeto de definir el comportamiento de estos sistemas.

Solución buffer de Britton-Robinson.

En un matraz de 50 mL se agregó 0.1236 g de H_3BO_3 , en otro matraz se agregó 0.114 mL CH_3COOH en 50 ml y en otro matraz se agregó 0.116 mL H_3PO_4 luego se aforó cada uno con agua desionizada. Se combinaron en un vaso de precipitado y el pH de trabajo se ajustó adicionando lentamente ácido clorhídrico 0.2 M e hidróxido de sodio 0.2 M.

Voltamperometría Cíclica

Para el desarrollo de estos estudios se prepararon soluciones de trabajo con una concentración de 1.0×10^{-3} M (p/v) de Catequina y Quercetina por separado en la solución buffer de Britton-Robinson (3 mL volumen total), se introdujo cada solución en una celda electroquímica formada por un electrodo de carbón vítreo como electrodo de trabajo, un electrodo Ag/AgCl como electrodo de referencia y alambre de platino como electrodo auxiliar. Para cada solución de trabajo, se burbujeó N_2 puro durante 5 minutos. El electrodo de trabajo se limpió mediante pulido manual utilizando alúminas de 0.3 μ m. El electrodo se limpiaba entre cada medida (Muedas et al., 2008).

El estudio contempló valorar el comportamiento a diferentes valores de pH entre 2, 3, 4, 5, 6 y 7 por triplicado. Por otra parte se contempló variar las concentraciones de β -CD 1:1, 1:2 y 1:4 M (p/p) (Flavonoide/ β -CD) en estos casos se puede apreciar el efecto de estos cambios sobre los picos de oxidación y la corriente de los picos de oxidación y reducción. La adición de β -CD a la solución implicaba la solubilización en ella, para lo cual se estandarizó el procedimiento agitando y burbujeando con N_2 durante 30 minutos todas las soluciones de trabajo y realizaron las lecturas mediante el equipo BAS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento electroquímico

Complejos formados por la Quercetina y Catequina. Estos compuestos tienen un grupo catecol el cual es electroquímicamente activo.

En el voltamperograma cíclico (VC), la Quercetina y Catequina presentaron un potencial de oxidación de 0.256 y 0.551 V respectivamente debido a la oxidación de los -OH del grupo catecol. Se puede apreciar claramente que esta reacción es cuasireversible y el pico de reducción es debido a la reducción de los productos generados por la oxidación del grupo catecol como se puede apreciar en trabajos previamente realizados por Oliveira y Ghica (2003), Muedas et al. (2008), Martínez-Flores et al. (2002) y Jullian et al. (2007).

Los resultados muestran que la señal de oxidación de la Quercetina y Catequina depende del pH del medio desplazando a valores menos positivos los potenciales de oxidación cuando se aumenta el pH del sistema; lo cual indica que la transferencia electrónica de este flavonoide es pH dependiente (Figura 1 y 2). También se puede ver que los valores del pico de reducción se desplazan a mayores valores dependiendo del pH del sistema.

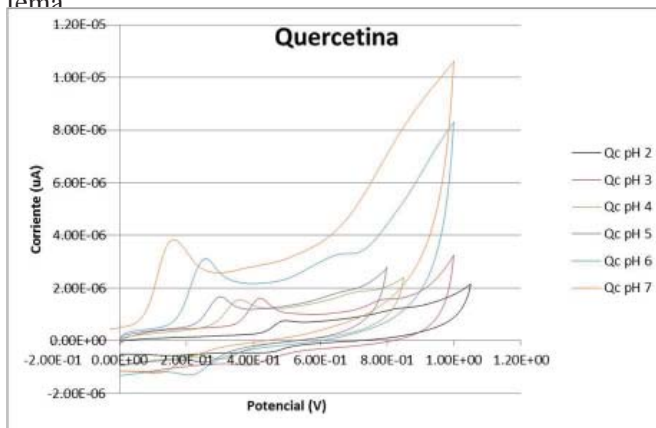


Figura 1. Voltamperograma cíclico de la Quercetina en buffer Britton-Robinson (pH 2, 3, 4, 5, 6 y 7) obtenida a 100 mV/s

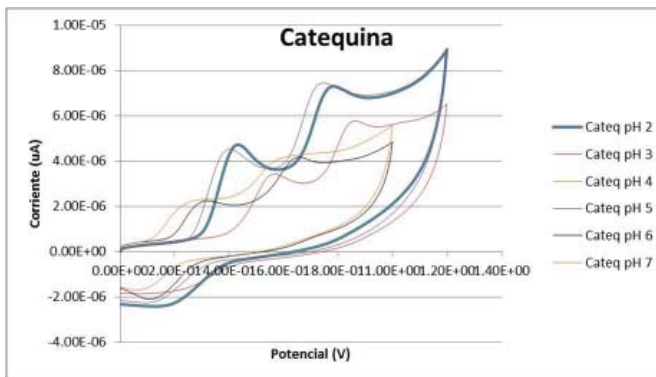


Figura 2. Voltamperograma cíclico de la Catequina en buffer Britton-Robinson (pH 2, 3, 4, 5, 6 y 7) obtenida a 100 mV/s

Complejos de inclusión

Los resultados obtenidos en este estudio sobre los complejos formados por Qc-CD y Cateq- β -CD se presentan a continuación.

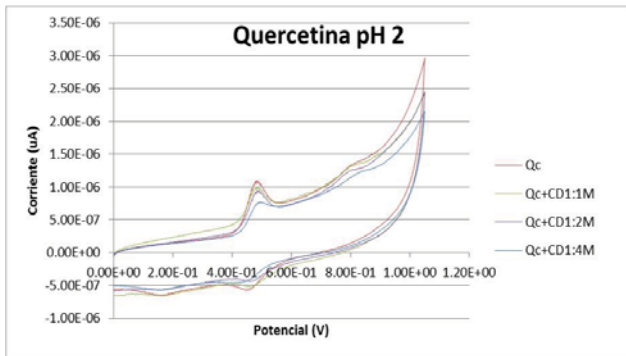


Figura 3. Voltamperograma cíclico de Qc-CD en buffer Britton-Robinson pH 2 obtenida a 100 mV/s.

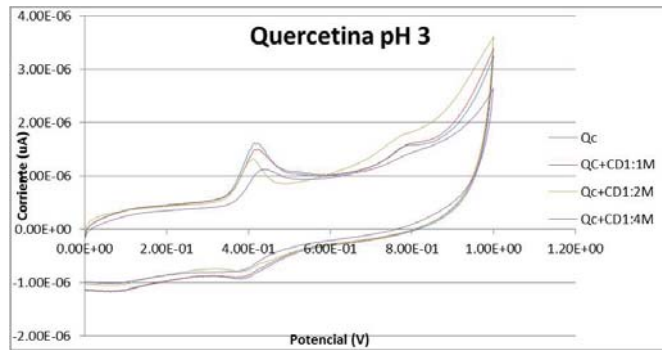


Figura 4. Voltamperograma cíclico de la Qc-CD en buffer Britton-Robinson pH 3 obtenida a 100 mV/s.

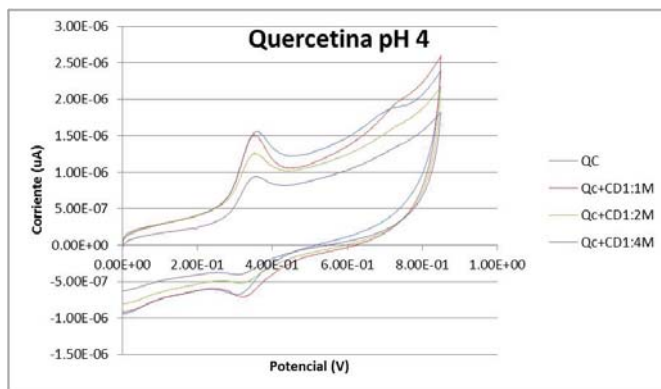


Figura 5. Voltamperograma cíclico de la Qc-CD en buffer Britton-Robinson pH 4 obtenida a 100 mV/s.

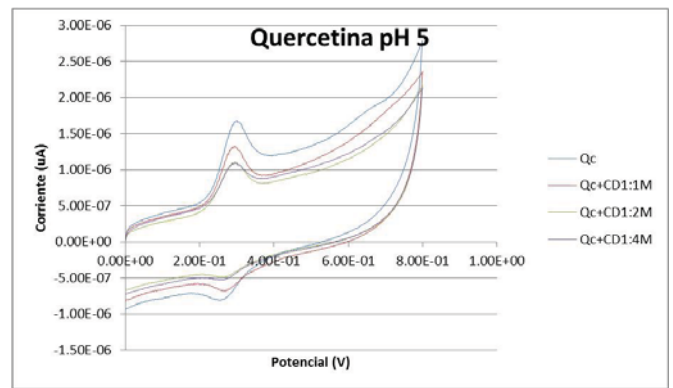


Figura 6. Voltamperograma cíclico de la Qc-CD en buffer Britton-Robinson pH 5 obtenida a 100 mV/s.

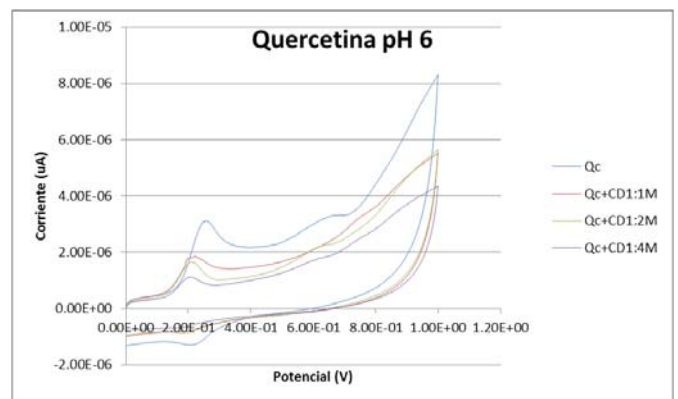


Figura 7. Voltamperograma cíclico de la Qc-CD en buffer Britton-Robinson pH 6 obtenida a 100 mV/s.

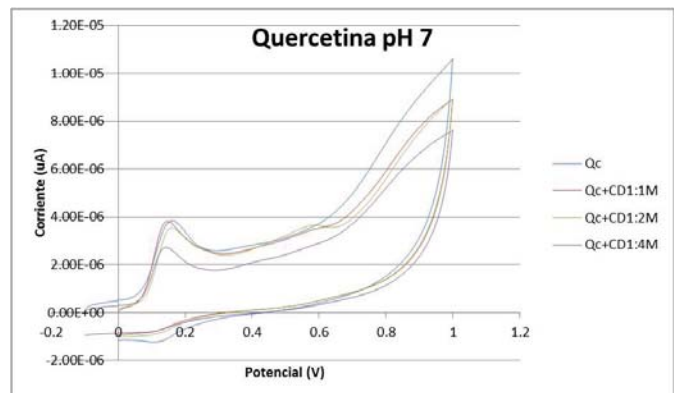


Figura 8. Voltamperograma cíclico de la Qc-CD en buffer Britton-Robinson pH 7 obtenida a 100 mV/s.

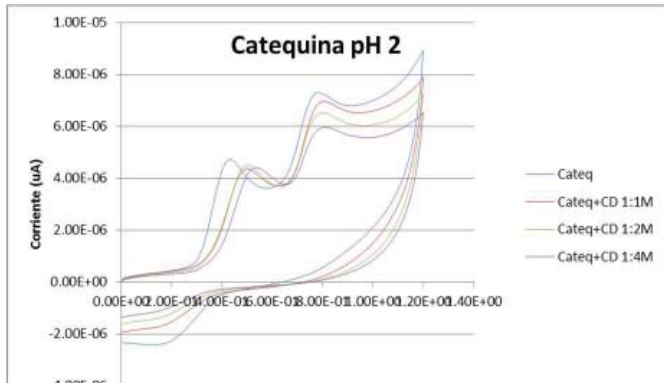


Figura 9. Voltamperograma cíclico de la Cateq-CD en buffer Britton-Robinson pH 2 con concentraciones de CD 1:1, 1:2 y 1:4, obtenida a 100 mV/s.

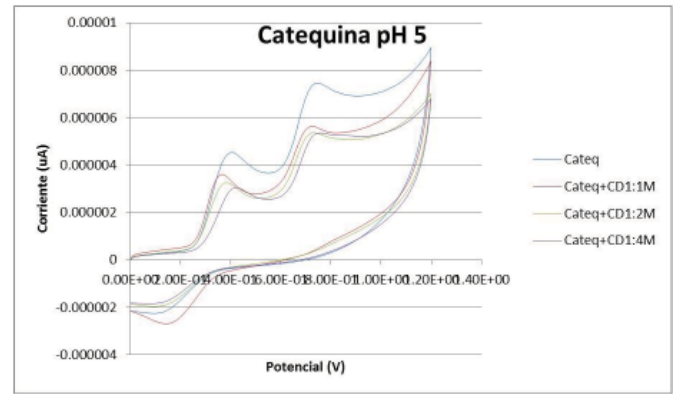


Figura 12. Voltamperograma cíclico de la Cateq-CD en buffer Britton-Robinson pH 5 con concentraciones de CD 1:1, 1:2 y 1:4, obtenida a 100mV/s.

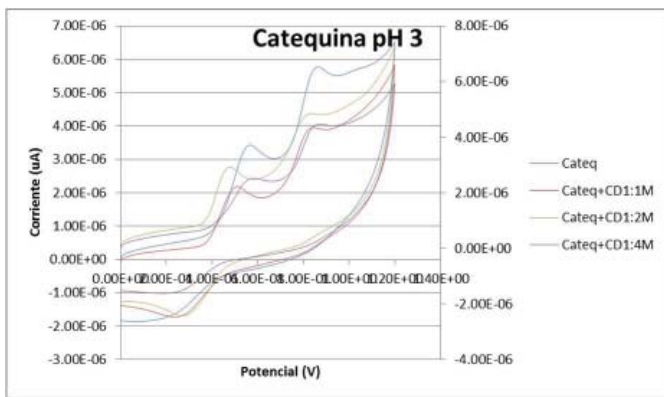


Figura 10. Voltamperograma cíclico de la Cateq-CD en buffer Britton-Robinson pH 3 con concentraciones de CD 1:1, 1:2 y 1:4, obtenida a 100 mV/s.

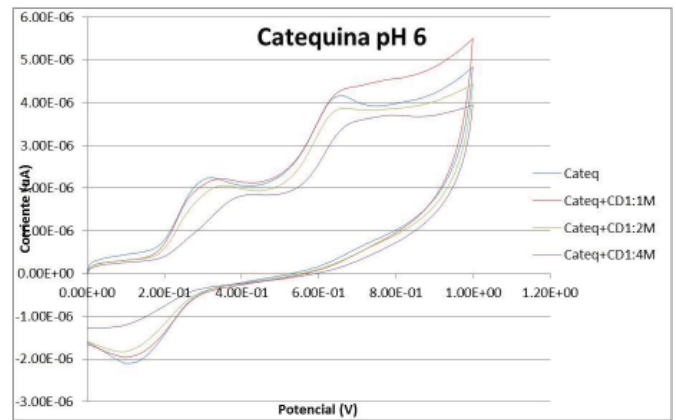


Figura 13. Voltamperograma cíclico de la Cateq-CD en buffer Britton-Robinson pH 6 con concentraciones de CD 1:1, 1:2 y 1:4, obtenida a 100 mV/s.

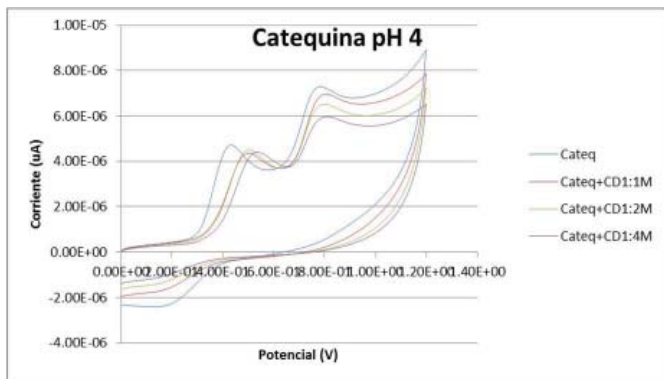


Figura 11. Voltamperograma cíclico de la Cateq-CD en buffer Britton-Robinson pH 4 con concentraciones de CD 1:1, 1:2 y 1:4, obtenida a 100 mV/s.

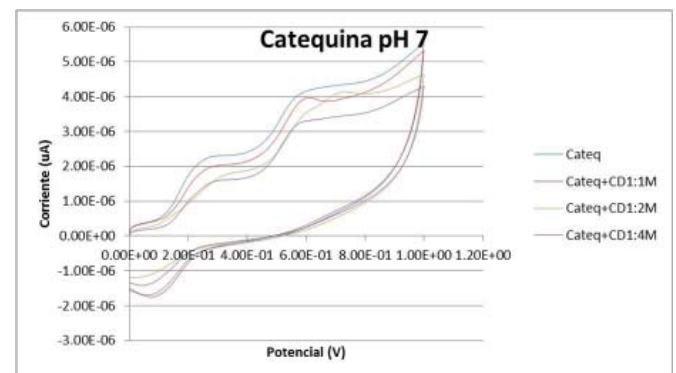


Figura 14. Voltamperograma cíclico de la Cateq-CD en buffer Britton-Robinson pH 7 con concentraciones de CD 1:1, 1:2 y 1:4, obtenida a 100 mV/s.

Las constantes de formación para el complejo Qc-CD y Cateq-CD disminuyen a medida que aumenta la concentración de la CD, ya que se observa la disminución de corriente lo que evidencia la existencia de la formación del complejo de inclusión como se puede ver en las figuras 3 a la 14; este comportamiento de disminución de la corriente puede verse en otra investigación (Basualdo, 2006).

La disminución de la corriente sería consecuencia de un menor coeficiente de difusión aparente del complejo con respecto al coeficiente de difusión de la molécula que se incluye. Esta diferencia en el coeficiente de difusión ha sido estudiada por Yáñez et al. (2004) mediante cronocoulombimetría. Esto se explica, precisando que el aumento de la concentración de CD provoca un desplazamiento hacia la formación del complejo de inclusión en el equilibrio, es decir, hay una mayor concentración de Quercetina y Catequina incluida en la CD, que presenta un menor coeficiente de difusión, lo que resulta en una disminución de la corriente observada como en trabajos realizados por Temerk et al. (2009).

Cabe mencionar que no se observan variaciones en los potenciales del pico de oxidación en presencia de las distintas concentraciones de β -CD. El mayor cambio de potencial observado o excede los 45 mV entre la Quercetina sola y la Quercetina con la máxima concentración de β -CD en diferentes valores de pH, es decir, el potencial es prácticamente independiente de la concentración de la CD. Por otro lado en la Catequina se observan las variaciones en los picos de oxidación en presencia de la β -CD con 170 mV para los mismos casos y se puede decir que depende la concentración de la CD. En los picos de reducción se puede apreciar un desplazamiento a valores más positivos en ambos casos con las concentraciones de la CD.

Este resultado podría indicar que la inclusión no está ocurriendo por el anillo fenólico (anillo A), ya que de ser así, la CD protegería y en parte estabilizaría el anillo fenólico, por lo cual se requerirá mayor energía para lograr la oxidación de la Quercetina y Catequina. Este tipo de efectos en el potencial han sido descritos en presencia de CD por autores como Basualdo (2006) y Yáñez et al. (2004).

Se puede apreciar que el cambio más notable entre los potenciales de oxidación se da por el cambio de pH, observado en no excede los 352 mV entre la Quercetina y la Catequina sola y la Quercetina y Catequina con concentraciones de β -CD. Esta dependencia con el pH se observa con otros autores como Oliveira y Ghica (2003).

CONCLUSIÓN

Se demostró la formación de complejos de inclusión entre los dos flavonoides ($1.0 \times 10^{-3} \text{M}$) a diferentes concentraciones de CD y pH; así como la dependencia del pH para los procesos de oxidación generando una

protección a estos flavonoides.

En la formación de los complejos de inclusión de los sistemas Qc-CD y Cateq-CD disminuye el potencial y aumenta la corriente a medida que incrementa el pH, ya que el pH afecta el equilibrio de la formación del complejo de inclusión. La influencia de grupo catecol desprotonación es relacionada con la capacidad de donación de electrones/protón en estos flavonoides.

En el análisis electroquímico por voltamperometría cíclica (electrodo referencia Ag/AgCl), los dos flavonoides presentaron un potencial de oxidación entre 141 y 721 mV donde la Quercetina presentó menor valor de potencial de oxidación bajo las condiciones pH 7 relación 1:4 Qc-CD favoreciendo la formación del complejo de inclusión sugiriendo esta como la que presenta mayor actividad antioxidante.

REFERENCIAS

Álvarez-Parrilla, Emilio, Rosa, Laura A. de la, Rodrigo, Joaquín, Salazar, Karla A., Escobedo González, Rene, Mercado Mercado, Gilberto, Moyers Montoya, Edgar y Vázquez Flores, Alma (2005). Efecto de las ciclodextrinas en la inhibición de la polifenol oxidasa de manzana, como herramienta en la conservación de manzana fresca cortada. Simposium Nuevas tecnologías de conservación y envasado de frutas y hortalizas. Vegetales frescos cortados. La Habana, Cuba. pp 81-89.

Basualdo Legüe, Julio Manuel (2006). Estudio electroquímico y cromatográfico de complejos de inclusión estrona/ciclodextrina. Memoria para optar al Título Profesional de Químico. Universidad de Chile, Santiago de Chile.

Jullian A., Miranda, C., Zapata-Torres, S., Mendizábal, S., Fernando y Olea-Azar, C. (2007). Studies of inclusion complexes of natural and modified cyclodextrin with (+)catechin by NMR and molecular modeling. Universidad de Chile, Santiago de Chile.

Kruijff, N., Van Beest M., Rijk, R., Sipilainen-Malm, T., Losada, P., y Meulenaery, D. B. (2002). Active and intelligent packaging: application and regulatory aspects. Food Additives Contaminants. 19:144-162.

Martínez-Flórez, S., González-Gallego, J., Culebras, J. M. y Tuñón, M.^a J. (2002) Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. Revista Nutrición Hospitalaria. 17(6):271-278.

Mourtzinos, I., Makris, D.P., Yannakopoulou, K., Kalogeropoulos, N., Michali, I., and Karathanos, V.T. (2008). Thermal Stability of Anthocyanin Extract of *Hibiscus sabdariffa* L. in the Presence of β -Cyclodextrin. Journal of Agricultural and Food Chemistry 56 (21): 10303-10310.

Muedas Taípe, Golfer, Toro Gómez, Adolfo La Rosa y Robles Caycho Juana (2008). Evaluación electroquímica de la actividad antioxidante del extracto alcohólico de la bauhinia guianensis var. kuntiana aubl. Revista Sociedad Química Perú. 74(4):233-246.

Olivares-Corichi, Ivonne María, Guzmán-Gr-enfell, Alberto Martín, Sierra Vargas, Martha Patricia, Mendoza Atencio, Remy del Socorro y Hicks Gómez, Juan José (2005). Perspectivas del uso de antioxidantes como coadyuvantes en el tratamiento del asma. *Revista del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias*. 18(2):154-161.

Oliveira Brett, A.M, Ghica, M.E. (2003). Electrochemical Oxidation of Quercetin. *Electroanalysis*. 15(22):1745-1750.

Rowan, C. (2001). Fighting through the functional maze. *Food Engineering and ingredients*. October 14-22.

Temerk, Y.M., Ibrahim, M.S., Kotb, M. (2009). Voltammetric and spectroscopic studies on binding of antitumor Morin, Morin-Cu complex and Morin- β -cyclodextrin with DNA. *Spectrochimica Acta Part A, Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. 71:1830-1836.

Yáñez, C., Salazar, R., Núñez-Vergara, L.J. y Squella, J.A. (2004). Spectrophotometric and electrochemical study of the inclusion complex between β -cyclodextrin and furnidipine. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 12(15):51-56.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece de manera muy especial a la Dra. Sandra O. Mendoza Díaz Jefa de la División de Posgrado de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma De Querétaro por la dirección del trabajo y M. en C. Héctor Paul Reyes Pool por su tiempo, comentarios y compañerismo incondicional.

NECESIDADES DE FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS EN INGENIERÍA EN ALIMENTOS DE LA INDUSTRIA ALIMENTARIA YUCATECA.

A. Torreblanca-Roldán¹; A. García-Lira¹; L. Chel-Guerrero² y D. Betancur-Ancona²

RESUMEN.

La Universidad Autónoma de Yucatán en su Plan de Desarrollo 2010-2020 (UADY 2010) establece como uno de sus atributos el de la ampliación de la oferta educativa, indicando que los programas educativos del nivel superior serán flexibles y pertinentes a las necesidades del desarrollo económico, social y cultural del Estado y de la nación y del desarrollo sustentable global, en los que los estudiantes puedan aprovechar toda la oferta educativa de la institución para su formación (UADY 2010). Acorde con el compromiso institucional, se entrevistó a gerentes de empresas del ramo alimentario de Mérida, con el objetivo de conocer sus necesidades en relación a recursos humanos. Se identificó a la Ingeniería en Alimentos como la licenciatura de mayor demanda por parte del sector y pudo identificarse los principales atributos del perfil profesional, con base a lo cual la UADY oferta a partir de Enero del 2011 la Licenciatura en Ingeniería en Alimentos.

Palabras clave: Industria alimentaria yucateca. Recursos humanos industria alimentaria.

INTRODUCCIÓN.

Desde el enfoque local, la mayor parte de la producción primaria de alimentos en Yucatán es para autoconsumo y la gran mayoría de las empresas yucatecas, según las estadísticas del Sistema de Información Empresarial Mexicano (SIEM, 2010) son micro negocios, los cuales emplean hasta cinco personas, por lo que el mayor número de empleos se crea en las micro, pequeñas y medianas empresas. La innovación y la tecnología manifiestan un gran rezago en Yucatán respecto de otras entidades federativas.

Durante el Simposio sobre alimentación y agricultura celebrado en la Ciudad de Mérida en enero de 2010 (Chan, 2010), la SAGARPA informó que al momento hay equilibrio en el campo yucateco. De acuerdo con las cifras de esta Institución, la producción de carne de pavo ocupa el segundo lugar nacional con 5,156 ton (\$200'370,000), el pepino el tercer lugar con 19,489 ton (\$107,936.24), la carne de cerdo el quinto lugar nacional con 100,486 ton (\$2,902.8 millones), junto con el limón cuya producción es de 104,77 ton (\$184'499,350). La papaya ocupa el sexto lugar nacional con 35,524 ton (\$122'058,150) y la naranja el séptimo con 94,523 ton (\$152'423,570). En un análisis por tipo de productos, las estadísticas señalan que la producción vegetal total fue de 511,668 ton (\$1'228,572,720), la animal de 334,720 ton (\$8'569,006,000) y las pesquerías de 28,642,690 ton (\$794'481,950).

Conscientes de que Yucatán no puede mantenerse como simple productor primario de alimentos sin escalar la industrialización de los mismos, se decidió consultar a gerentes de la incipiente industria alimentaria en territorio yucateco sobre las necesidades para potenciar el desarrollo y consolidación de dicho sector industrial.

La población del Estado de Yucatán exige una economía dinámica que le genere mayores niveles de bienestar; quiere más empleos mejor remunerados, quiere la diversificación, ampliación y fortalecimiento de la economía local. De manera específica demanda la ampliación de la infraestructura productiva y de comunicaciones. En suma, quiere un estado exitoso que propicie la productividad, la competitividad y el crecimiento económico sustentable.

Lo anterior arroja retos en la formación del personal operativo de las empresas del sector alimentario, en los temas de la investigación y del desarrollo que permitan obtener ventajas competitivas en este sector. Por tanto se visualiza como prioritaria la formación a nivel de licenciatura en programas de calidad en este campo. Esta situación confronta a México con la necesidad de establecer programas académicos que preparen profesionistas capaces de apoyar integralmente el desarrollo sustentable del país, que a la vez sean pertinentes en relación a las necesidades industriales y tecnológicas de su entorno social, con la actitud de innovación emprendedora que se requiere para enfrentar el reto de cambio globalizado.

¹Cuerpo Académico de Competitividad e Innovación Tecnológica.

²Cuerpo Académico de Desarrollo Alimentario. Facultad de Ingeniería Química-Universidad Autónoma de Yucatán. Periférico Norte, Km. 33.5, Tablaje Catastral 13615, Col. Chuburná de Hidalgo Inn, C.P. 97203, Mérida, Yucatán, México. e-mail:trolldan@uady.mx

METODOLOGÍA.

Se diseñó una guía de entrevista, la cual fue probada previamente y modificada para asegurar la total comprensión por parte de los entrevistados.

Fueron seleccionadas 50 empresas medianas y grandes del directorio proporcionado por Canacintra Yucatán, siguiendo una selección a conveniencia ya que las 42 microempresas fueron descartadas para el levantamiento de información en virtud de que la gran mayoría de estas no son dirigidas por personal con profesión alguna. De las 50 empresas seleccionadas se logró la aceptación de la entrevista en 39 de ellas, lo que representa el 78 % de respuesta. Se aplicó la encuesta aprobada por el Cuerpo Académico de Desarrollo Alimentario de la Facultad de Ingeniería Química de la UADY. La encuesta se realizó mediante entrevista personal, concertada previamente con personas de nivel de gerencia general y de gerencias de áreas producción y recursos humanos.

RESULTADOS.

De las respuestas obtenidas, los resultados relevantes son los siguientes:

El 100% de las empresas cuenta con profesionistas en las diversas áreas que conforman la organización con un total de 224 personas con formación profesional. Estos tienen una distribución por profesiones como se indica a continuación.

El 47.3% de los profesionistas provienen del área de las ingenierías, siendo en la actualidad el ingeniero industrial el de mayor presencia (16%), seguidos de los ingenieros químicos (9.8%) y únicamente 1.8% de ingenieros en alimentos, lo que muestra una debilidad de la industria al no contar con profesionistas de formación específica en procesamiento de alimentos. En la misma industria colaboran profesionistas del área económico-administrativas (36.2%) y del área biológica y agropecuaria (16.5%).

De las profesiones que aparecen en el Catálogo de la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES 2010) con el perfil para la industria alimentaria, se les solicitó a los entrevistados, seleccionaran tres de ellas que a su juicio fueran las más completas para la consolidación de la industria alimentaria yucateca.

En la figura 1 se presentan los resultados de la entrevista, respecto a las profesiones más valoradas por el sector industrial alimentario.

Ingeniería en Alimentos resultó como la profesión seleccionada por los gerentes de empresas para el futuro de dicha industria (41%). Contrastando los resultados de las profesiones preponderantes en la actualidad con lo que se desea a futuro, se deduce que actualmente la presencia de ingenieros en alimentos en la industria yucateca es muy baja, debido a que en la actualidad ninguna institución educativa de nivel superior los está formando.

Se preguntó sobre el tipo de productos que actualmente procesan las industrias y los resultados son los que se presentan en la figura 2.

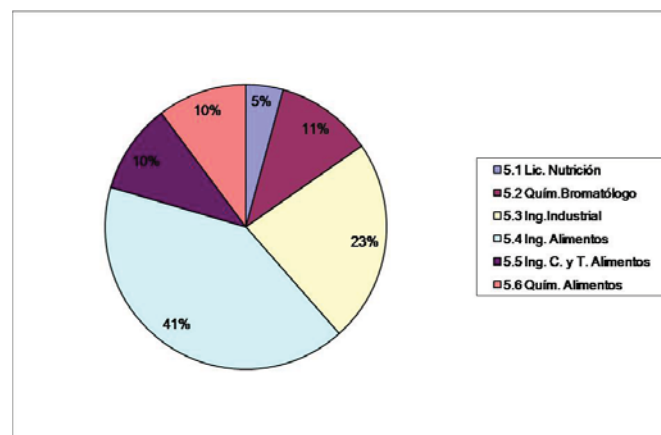


Figura 1. Profesiones importantes para la industria Yucateca.

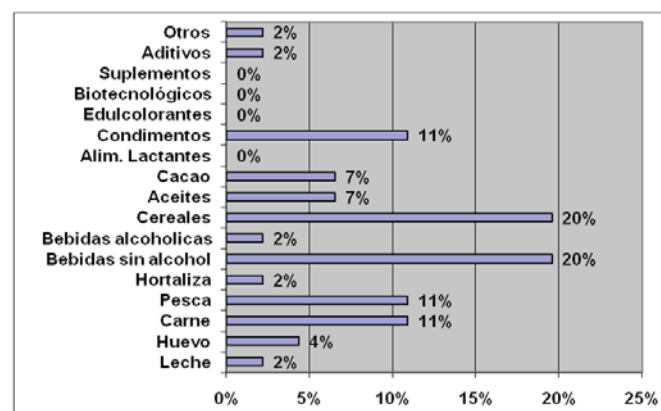


Figura 2. Productos procesados.

Son las empresas dedicadas a la elaboración de productos a base de cereales y de bebidas no alcohólicas las que ocupan la mayor proporción, seguidas de empresas que procesan productos de la pesca, carne y condimentos.

Los procesos que más se utilizan en las empresas en la producción o industrialización de los alimentos se muestran en la figura 3.

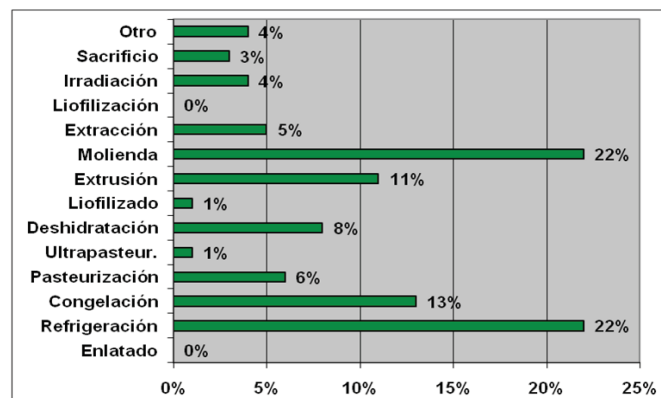


Figura 3. Procesos más utilizados en la industria.

A la pregunta realizada a los gerentes sobre en que tiempo estarían dispuestos a contratar a un ingeniero en alimentos, el mayor porcentaje de respuesta fue para una potencial contratación a mediano plazo con el 47 % (3-5 años) , seguido del 38% a corto (ahora mismo) y el 15% de las empresas los contrataría a largo plazo (dentro de 5 años o más).

La opinión sobre el grado de relevancia de las habilidades y actitudes requeridas por las empresa de los profesionistas que contrata actualmente la industria yucateca, los gerentes respondieron que las habilidades más valoradas (arriba del 70% de los entrevistados), son en orden decreciente las siguientes:

- Liderazgo
- Razonamiento crítico
- Comunicación oral y escrita
- Resolución creativa y eficaz de problemas
- Toma de decisiones asertivas.

Otras dos que fueron señaladas por alrededor del 25 al 36% de los entrevistados, fueron las habilidades para la investigación y para la innovación. Es de llamar la atención la valoración que se hace de la investigación, lo cual aunado al de innovación, muestra en forma pre-

ocupante la pobre visión sobre la necesidad de apostarle prioritariamente a la innovación en la industria mexicana. Sin embargo son elementos en los que la universidad deberá trabajar independientemente de la opinión del sector industrial, conscientes de que México debe incrementar el número de ingenieros con las competencias y habilidades necesarias para la transformación y generación de las tecnologías prevalecientes.

Respecto a las actitudes deseadas para los profesionistas que laboran en la industria de los alimentos fueron señaladas como las de mayor importancia:

- Honestidad.
- Disciplina.
- Dinamismo y colaboración.

Para identificar la claridad del perfil de un ingeniero en alimentos y su concordancia con las necesidades de la empresa para fortalecer su competitividad y productividad, se les presentó una amplia lista de funciones posibles de aplicación, pidiendo señalaran el grado de importancia de que fueran trascendentes para la buena marcha de su empresa. Los resultados se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Nivel de importancia de funciones a realizar por el profesionista

Funciones	1	2	3	4
Mantener y mejorar el valor nutricional de los alimentos.		10.3%	48.7%	41.0%
Desarrollar y adecuar tecnologías para procesamiento.				100%
Asegurar el cumplimiento de la normatividad internacional y nacional para garantizar inocuidad.				100%
Desarrollar sistemas y métodos de control y sanitario.			30.8%	69.2%
Diseñar nuevos procesos.			20.5%	78.5%
Optimizar los procesos existentes.				100%
Diseñar, dirigir y operar sistemas de auditoría de calidad.			41.1%	58.9%
Evaluar el nivel de toxicidad de los alimentos elaborados en la industria alimentaria.	5.2%	23%	15.4%	56.4%
Controlar los procesos de empaque y envasado de los productos alimenticios.	7.7%	17.9%	46.2%	28.2%
Determinar el nivel de contaminación microbiológica y ambiental de los alimentos y plantas procesadoras.		30.8%	23%	46.2%
Implementar sistemas de mercadotecnia y administración para el desarrollo de nuevos productos	17.9%	48.7%	15.5%	17.9%
Realizar investigación para la obtención de nuevos productos alimenticios		10.2%	43.6%	46.2%
Implementar sistemas de planeación y presupuestación de las actividades productivas	28.2%	38.5%	17.9%	15.4%

1. No importante 2. Poco importante 3. Importante 4. Muy importante

Las funciones seleccionadas como importantes y muy importantes con mayor porcentaje concuerdan con el perfil de un ingeniero en alimentos que indica: el ingeniero en alimentos es un profesional emprendedor capaz de diseñar, organizar, innovar y operar industrias alimentarias y sus procesos, garantizando la calidad físico-química, nutricional y sensorial, así como la inocuidad de los alimentos, asegurando el aprovechamiento integral de las materias primas y subproductos, y contribuyendo al desarrollo sustentable.

Se interrogó a los entrevistados sobre los aspectos que más valoran en el desempeño de las personas con formación de profesionista obteniéndose los resultados que se presentan en la figura 4.

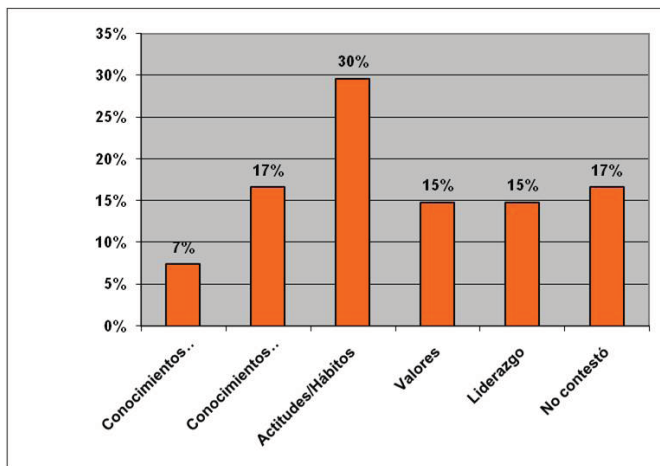


Figura 4. Aspectos más valorados en los profesionistas.

Resulta realmente sorprendente la pobre valoración que se hace del conocimiento teórico, cuando éste es el fundamento para los procesos de innovación e investigación tecnológica. Parece prevalecer la imagen de que la industria mexicana demanda más bien técnicos que profesionistas. Es inquietante, que valores y liderazgo hayan resultado con los bajos porcentajes de selección, lo que viene a contradecir lo expresado por los mismos entrevistados en apartados anteriores de la entrevista lo que podría ser indicativo que valores y liderazgo son considerados en el escenario declarativo, pero que en el accionar actual de la industria yucateca y frente a otras características ya no se les otorga el mismo peso.

Las personas entrevistadas hicieron las siguientes recomendaciones a la UADY en la formación de recursos humanos para la industria alimentaria.

- Formación con mayor vinculación con la industria: 53.8%
- Formación en responsabilidad y toma de decisiones: 41.0%
- Mayor exigencia en la formación antes de entregar título: 35.9%

- Reforzar asignaturas clave para la industria: 23.0%
- Fortalecer formación basada en competencias: 23.0%
- Formación integral real de sus alumnos: 23.0%
- Fomentar el espíritu emprendedor: 5.0%

Con base a los resultados obtenidos y conjuntados con un estudio comparativo de los programas de ingeniería en alimentos en México, la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma de Yucatán, decidió elaborar la propuesta de creación de la licenciatura, misma que fue aprobada el 31 de agosto de 2010 y entró en operación en enero de 2011. Así la institución está cumpliendo por un lado con la ampliación de la oferta educativa en el nivel superior, pero con una propuesta pertinente a las necesidades planteadas por el sector productivo de la región y con los atributos de flexibilidad y calidad que exige la sociedad y los organismos educativos.

CONCLUSION.

Los resultados obtenidos indican la necesidad de diseñar y ofertar en Mérida Yucatán la licenciatura en Ingeniería en Alimentos que forme profesionistas con la capacidad de desarrollar y adecuar tecnologías para procesamiento, diseñar y optimizar los procesos existentes, asegurar el cumplimiento de la normatividad internacional y nacional para garantizar inocuidad, desarrollar sistemas y métodos de control sanitario y desarrollar nuevos productos. Todo lo anterior deberá considerar las competencias de la innovación, el emprendedurismo y la sustentabilidad, así como que dichos profesionistas estén provistos de una formación integral centrada en el humanismo y la responsabilidad social.

BIBLIOGRAFÍA.

- ANUIES. Catálogo de Carreras de Licenciatura en Universidades e Institutos Tecnológicos 2007. www.anui.es.mx/servicios/c_licenciatura/index2.php.
- Chan, J. 2010. Año de altibajos para la producción de alimentos: La SAGARPA dice que hay equilibrio en el campo Yucateco. Diario de Yucatán, Sección Mérida-Economía. Mérida, Yuc., Méx. 18 enero 2010.
- Sistema de Información Empresarial Mexicano (SIEM). (2010). Estadísticas, Entidad Federativa y Actividad. SIEM, <http://www.siem.gob.mx/siem2008/portal/estadisticas/>
- Universidad Autónoma de Yucatán (UADY). (2010). Plan de Desarrollo Institucional 2010-2020. UADY. Mérida, Yuc., México. <http://www.pdi.uady.mx/> (24 de mayo de 2010).

SECTOR ALIMENTARIO DE YUCATÁN: ESTUDIO ESTADÍSTICO DE SU CAMBIO Y TRANSFORMACIÓN.

A. García-Lira, A; A. Torreblanca-Roldan; L. G. Cantón-Castillo

RESUMEN

Este documento realiza una comparación sobre el comportamiento y evolución del sector alimentario del estado de Yucatán a partir de datos de los 90's contrastados con información obtenida del anuario estadístico de Yucatán (2008), así mismo presenta una panorámica de las tendencias actuales del sector con base a la revisión de documentos y declaraciones de las autoridades científicas y de gobierno de la actual administración llegando a la conclusión de que el sector presenta una serie de claroscuros al presentar contrastes entre actividades en franco decrecimiento y la incursión en el desarrollo y creación de nuevas actividades algunas de éstas de tipo innovador.

Palabras clave: sector alimentario, Yucatán, estadística, aspectos económicos.

Introducción

El sector alimentario del estado de Yucatán se forma por las actividades de la producción agropecuaria y la actividad de pesca, más el comercio dedicado preferentemente a alimentos y bebidas, según los contenidos de “El Sector Alimentario en México” (INEGI, 2005).

Se conoce que es un sector importante en la economía del estado de Yucatán, y de México, y tiene una presencia en los planes para desarrollar al estado.

Para el presente análisis se recabó información estadística relativamente reciente (año 2007) y se contrasta con datos disponibles de 11 años atrás. Se compararán los montos documentados. Se obtuvo información de los temas de desarrollo científico y tecnológico apoyados para este sector, y se presenta información de las propuestas actuales para fomentar el desarrollo del sector alimentario para Yucatán.

El análisis de la información que se presente es de valor para investigadores, profesores y estudiantes de la nueva licenciatura en ingeniería en alimentos.

Análisis de las actividades económicas del sector de alimentos.

A continuación con base a su importancia relativa se ubicó la actividad de producción y manufactura de alimentos y de bebidas (tanto frescas, congeladas como procesadas) por su impacto en el estado dada su contribución al Producto interno bruto (PIB).

En este documento se han mantenido la estructura de los cuadros y parte de los títulos tomados directamente del documento de INEGI: Anuario estadístico de Yucatán publicado en el 2008 (INEGI, 2008), a los que se procedió a insertar información de la década de los noventa, con propósitos de comparación

La actividad agropecuaria es casi en su totalidad el reporte de la actividad económica “agricultura, ganadería y silvicultura” del cuadro 1. Producto interno bruto por gran división de actividad económica. Realizando cálculos se encuentra que de 2002 a 2006 esta actividad ha representado entre 6.02% (2004) y 5.29% (2005) del Producto Interno Bruto del estado de Yucatán.

Por otra parte, Yucatán participó en el 2006 con el 1.37% del PIB nacional de este rubro de actividad económica.

La industria manufacturera representó el 13.60% del PIB estatal para el año 2006, donde la División de “Productos alimenticios, bebidas y tabaco” han representado entre 7.49% y el 7.06% del PIB estatal, siendo en 2006 del 7.06%. Este último dato también nos indica el peso del sector de alimentos en la industria manufacturera local, mayor al 50%. Los datos fueron obtenidos del cuadro 2, el Producto interno bruto de la industria manufacturera por División industrial de 2002 a 2006.

El estado de Yucatán participó con el 0.99% del P.I.B. Nacional de la actividad manufacturera.

Cuadro 1. Producto interno bruto por gran división de actividad económica

De 2002 a 2006									
(Miles de pesos a precios de 1993)									
Gran división	2002	2003	P/	2004	P/	2005	P/	2006	P/
Total	20 305 889	20 786 788		22 028 970		23 126 763		23 905 325	
Agropecuaria, silvicultura y pesca	1 101 281	1 153 374		1 325 474		1 224 175		1 276 241	
Minería	47 455	52 374		55 031		56 740		65 880	
Industria manufacturera	2 946 783	2 902 068		3 000 301		3 186 773		3 252 997	
Construcción	1 306 968	1 463 545		1 306 020		1 561 801		1 455 801	
Electricidad, gas y agua	457 303	569 787		571 105		564 470		635 589	
Comercio, restaurantes y hoteles	4 356 128	4 266 883		4 834 491		5 141 866		5 315 597	
Transporte, almacenaje y comunicaciones	2 580 873	2 826 040		3 163 219		3 404 814		3 541 209	
Servicios financieros, seguros, actividades inmobiliarias y de alquiler	3 586 398	3 675 276		3 844 852		4 012 985		4 274 252	
Servicios comunales, sociales y personales	4 315 555	4 258 492		4 351 525		4 397 349		4 567 850	
Servicios bancarios imputados a/	- 392 856	- 381 051		- 423 050		- 424 212		- 480 092	
Nota:	Debido al redondeo de las cifras, la suma de los parciales puede no coincidir con los totales.								
a	Con el propósito de no distorsionar las cuentas de producción del resto de los sectores, el monto de los servicios bancarios / imputados se trata como una venta de una actividad ficticia, cuyo valor de producción resulta nulo, puesto que su consumo intermedio estaría integrado por el monto de dicha venta y un valor agregado negativo equivalente.								
Fuente:	INEGI. Banco de Información Económica. Producto interno bruto por entidad federativa. Consulta en internet el 25 de junio de 2008: www.inegi.gob.mx								

La actividad pesquera aparece reportada solo en el último año, con captura total de 27,179 toneladas de peso desembarcado, según se indica en el cuadro 10. El 88% del sector privado y 13% del sector social. Con un valor de 725,968 miles de pesos. Las especies principales fueron Mero con 29%, pulpo maya 22.4%, pulpo vulgaris 17.2%, canané 5.2%, y Huachinango 1.8%, la captura sin registro oficial se mantiene elevada, representando el 7.0%; el resto de las especies son casi el 16%. Dado su valor, la pesca representa el 3.04% del PIB estatal del 2006.

Sumando los porcentaje obtenidos se ve el impacto de las actividades económicas que forman el sector de alimentos con un total en el año 2006 del 15.44% sobre un PIB estatal de 23 905.325 millones de pesos con valor en pesos de 1993, según se reporta en el Anuario estadístico (INEGI, 2008).

Respecto a las unidades productivas y el empleo generado, De un total de 62,799 unidades productivas registradas para Yucatán el 1.51% son de agricultura, ganadería, pesca y silvicultura, y el 18.33% son de la acti-

vidad manufacturera. También se observa que el trabajo en el campo tiene una presencia reducida en la ocupación con un 2.77% del personal ocupado total, siendo la actividad manufacturera el mayor empleador del estado con el 27.7% de personal ocupado. Todo lo anterior según datos del 2003 del cuadro 9.6 1ª. Parte del Anuario (INEGI, 2008).

A continuación se describirán características de las actividades agrícola, ganadera y producción de alimentos y bebidas.

En la agricultura se cuenta indica que al 2007 se contaba con una superficie cosechada del 757,414 Hectáreas, según los principales cultivos, ver cuadro 3.

Cuadro 2. Producto interno bruto de la industria manufacturera por división industrial

De 2002 a 2006								
(Miles de pesos a precios de 1993)								
División	2002	2003	P	2004	P	2005	P	2006
			/		/		/	
Total	2 946 783	2 902 068		3 000 301		3 186 773		3 252 997
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	1 594 078	1 492 904		1 583 900		1 731 505		1 687 740
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	423 962	395 878		433 425		426 106		380 248
Industria de la madera y productos de madera	50 729	48 284		48 494		55 323		61 716
Papel, productos de papel, imprentas y editoriales	84 462	83 175		76 427		76 881		96 241
Sustancias químicas, derivados del petróleo, productos de caucho y plástico	80 748	86 218		96 145		108 696		117 128
Productos de minerales no metálicos, exceptuando derivados del petróleo y carbón	435 992	500 211		480 541		534 187		632 536
Industrias metálicas básicas	29 162	35 532		36 244		26 820		30 058
Productos metálicos, maquinaria y equipo	154 643	166 263		151 457		125 670		141 421
Otras industrias manufactureras	93 009	93 603		93 669		101 584		105 908

Nota: Debido al redondeo de las cifras, la suma de los parciales puede no coincidir con los totales.

Fuente: **INEGI. Banco de Información Económica.** Producto interno bruto por entidad federativa. Consulta en internet el 25 de junio de 2008: www.inegi.gob.mx

Independientemente del tipo de cultivo, los principales en orden por valor económico son: papaya, maíz grano, naranja dulce, limón, pepino, chile habanero, aguacate, sandía, chile verde, coco fruta y calabacita. (Cuadro 3)

En los últimos diez años desaparecieron del registro de cultivos principales: frijol asociado a maíz (1 076 ton), melón (2 179 ton), toronja (1 864 ton), se redujo en 3 000 ton la cosecha de calabacita, hortalizas se redujeron en 8 000 ton, tomate rojo se redujo en 4 000 ton.

Se incrementó en unas 800 ton el total de la cosecha de chiles (chile verde en 1996, versus suma de chile verde más habanero para 2007), en general la cosecha de sandía se mantuvo.

Aparece el cultivo de pepino, en específico variedades de pepino verde y pepino inglés, ligados a proyectos de exportación de vegetales, los más grandes proyectos son de capital extranjero y como casos más conocidos se encuentran Southern Valley con agricultura tecnificada y Mérida Farms con cultivo hidropónico.

(García, 2008)

Este cambio en cultivos parte de la desaparición de subsidios al campo, modificaciones en la tenencia de la tierra, la finalización del contrato de comercialización y asistencia técnica que estuvo vigente en los noventa para el caso del tomate y el cierre de la planta enlatadora de chiltomate, en lo que se refiere al decremento de cultivos.

El aumento de volumen de cultivos como la papaya, el caso del nuevo cultivo y el incremento de cultivo de limón, estos se dan por proyectos recientes, en el limón asociado a la industria refresquera y de concentrados, para la papaya existió una inversión privada, y también el fomento entre productores comunales (ejido y fundo legal) por parte de entidades de los gobiernos; en el caso del pepino por los proyectos de exportación de vegetales que tuvieron un arranque exitoso y han continuado creciendo en volumen, recientemente se incorporan nuevos cultivos como calabaza italiana, prueban con berenjena y pimientos, entre otras variedades.

De los resultados de investigación para una

planta enlatadora, las empresas de entrevistadas indicaron que “en el caso del pepino y del pimiento estiman que entre un 10% y un 15% de la cosecha no tiene las características para colocarse en mercados de primera o de segunda, y que esa sería una base para proyectos de procesamiento de estos alimentos”. (García, 2007)

En el caso de la ganadería, las especies reporta-

das son bovinos, cerdos, ovinos y aves, según se aprecia los cuadros 4 al 7 siguientes tomados del anuario estadístico (INEGI, 2008), que en algunos casos se han incorporado datos comparativos de 1996.

Cuadro 3. Principales cultivos, superficie cosechada y valor de la producción en 2007 vs 1996.

Tipo	Cultivo y volumen en 1996	Superficie sembrada (Hectáreas)	Superficie cosechada (Hectáreas)	Volumen (Toneladas)	Valor (Miles de pesos)
Total		779 132.8	757 413.9	NA	2 805 695.7
Cultivos cíclicos		169 416.5	162 317.5	NA	625 038.3
Maíz grano	48 451 ton	165 199.6	158 325.3	139 264.7	412 555.1
Pepino	sin registro	539.3	532.3	23 472.8	64 249.0
Chile habanero (dentro chile verde)		347.6	327.7	3 037.2	35 790.5
Sandía	10 280	664.5	622.0	10 342.0	27 115.6
Chile verde	3 701	474.8	460.8	1 434.7	20 789.2
Calabacita	10 712	502.5	476.5	7 800.2	17 345.5
Tomate rojo	6 879	245.5	218.0	2 775.8	16 009.8
Hortalizas	10 409	231.1	225.6	2 252.8	8 096.3
Cultivos perennes		609 716.3 a/	595 096.4 b/	NA	2 180 657.4
Papaya	7 403	1 419.5	984.5	56 807.4	209 562.9
Naranja dulce	183 766	14 297.3	12 915.1	156 716.9	143 943.9
Limón	11 865	4 552.9	3 638.0	80 062.8	88 043.2
Aguacate	sin registro	563.3	533.8	10 725.6	27 788.3
Coco fruta	sin registro	686.5	369.9	7 124.6	16 304.6
Resto de cultivos perennes		5 474.8	4 249.8	NA	91 824.8

Nota: en cultivos perenes los principales son pastos y praderas verdes dedicados a alimentación de hatos ganadero, con superficie cosechada de 562, 972 Ha y valor de 1 574 318 miles de pesos a valor de 2007, representando un 75% del valor total de estos cultivos. Y se eliminó el henequén con 16 753 Ha, valor de 28 871 miles de pesos.

Cuadro 4. Volumen de la producción del ganado y ave en pie

2007 (Toneladas)	Ganado				Aves	
	Bovino	Porcino	Ovino	Caprino	Gallináceas	Guajolotes
Estado 2007	48 633.9	125 286.0	1 605.9	NS	142 399.0	5 338.3

Cuadro 5. Sacrificio de ganado y aves

2007 vs 1996 (Cabezas)						
	Bovino	Porcino	Ovino	Caprino	Aves	
					Gallináceas	Guajolotes
Estado 2007	116 386	1 274 828	44 316	NS	64 190 054	552 872
Estado 1996	131 962	1 023 201	16 351	NS	50 873 643	177 009

Cuadro 6. Volumen de la producción de carne en canal

2007 vs 1996 (Toneladas)						
	Bovino	Porcino	Ovino	Caprino	Aves	
					Gallináceas	Guajolotes
Estado'2007	25 398.4	102 150.9	811.3	NS	113 591.8	4 247.9
Estado'1996	29,743.0	71,627.0	280.0	NS	86489.0	1071.0

Cuadro 7 Valor de la producción del ganado y ave en pie

Valor de la producción del ganado y ave en pie por municipio según especie 2007 (Miles de pesos)							
	Total	Bovino	Porcino	Ovino	Caprino	Aves	
						Gallináceas	Guajolotes
Estado	4 701 217.1	759 827.7	1 823 688.9	30652.4	NS	1 965 354.4	121 693.7

En el caso de la producción ganadera y volumen de producción en canal, se observa un decrecimiento respecto a los bovinos, un crecimiento de un 20% en la producción porcícola, que según otros datos fue aun mayor hasta antes del huracán Isidoro del año 2001.

Pero el énfasis de estos negocios es la producción de aves: el pavo y sobre todo el pollo, que se dio aunado al incremento de actividades de Bachoco en la región que adquirió a Campi, y a Sanjor. Tomando datos de directorio industrial se encuentra evidencia de que la carne de aves se procesa en embutidos, y productos de pollo cocido listo para servir, y algunos casos de listo para cocinar.

Tras de analizar la información anterior se observa que la producción lechera se ha ido desplomando, (cuadro 8) aunque puede tener un efecto revitalizador el proyecto de Lattia que esta produciendo y comercializando leche, queso y derivados. La producción de huevo luce estancada. Y con ligera reducción el volumen de la producción de miel de abeja, (cuadro 9) que es un producto que se exporta. Del directorio se observa la aparición de empresas y cooperativas que generan productos basados en la miel, como caramelos, shampoo, y subproductos considerados como alimentos fortificantes.

Cuadro 8. Volumen de la producción de otros productos pecuarios

2007 vs. 1996		
	Leche de bovino (Miles de litros)	Huevo para plato (Toneladas)
Estado 2007	5 557.0	65 211.2
Estado 1996	15 902.0	66 157.0

Cuadro 9. Volumen y valor de la producción de miel y cera en greña

2007 vs 1996				
	Volumen de la producción de miel (Toneladas)	Valor de la producción de miel (Miles de pesos)	Volumen de la producción de cera en greña (Toneladas)	Valor de la producción de cera en greña (Miles de pesos)
Estado 2007	8 483.3	157 810.9	156.7	6 573.5
Estado 1996	9 252.0	95 380.0	98.0	1 350.0

Sector Pesca

Como contraste, con la información del cuadro 11 en 1996 se contaba con: 509 embarcaciones de pesca de altura, según: 4 camarónicas, 10 atuneras, 495 escameras. No se contaba con embarcaciones langosteras. La pesca ribereña contaba con 1908 escameras. En adición, la propiedad de las embarcaciones ha crecido visiblemente en el sector privado y muy poco o se ha estancado en el sector social.

Basados en la información que proporciona, el cuadro 13.6 del anuario (INEGI, 2008), y el cuadro 3.2.4.7 (INEGI, 1997), se observa un incremento de la población dedicada al sector pesquero pasando de 9 950 personas a 36 652, el incremento en las organizaciones sociales es muy moderado, el gran crecimiento se da en el sector privado, en el rubro de particulares, que se puede traducir en autoempleo, pasando de 1 353 a 31 121 personas, a su vez las empresas redujeron su contrata-

ción formal desde 6 051 empleados hasta 1 131 empleados. Es preocupante que con una menor captura, exista un mayor esfuerzo de pesca, y se haya elevado la población ocupada dedicada a este sector; y que por otra parte no se observe registro de una mayor industrialización del producto, el cual solo se captura, y se enfría o se congela entero o con cierto despiece.

La tilapia ha pasado por intentos de rescate de la actividad, pero sin mayores resultados, pues se producían 2.4 ton en 1996 y ahora 22.4 ton con valor muy limitado (cuadro 12). El caso del camarón cultivado, la producción actual es pequeña después de que entrase en problemas la empresa PECIS después de varios años de trabajo exitoso y un par de ampliaciones llegó a producir más de 1000 ton de camarón al año, con su retiro prácticamente se desvanece la maricultura de esta especie y cualquier maricultura comercial con impacto económico en el estado de Yucatán.

Cuadro 10. Volumen y valor de la producción pesquera

2007					
Destino Especie	Volumen de la producción (Toneladas)				Volumen total de la producción (ton) en el año 1996
	Total	Social	Público	Privado	a/
Total	27 179.2	3 754.9	0.0	23 424.3	44 296.0
Consumo humano directo	25 081.5	3 434.3	0.0	21 647.2	44 296.0
Mero	8 021.8	1 233.5	0.0	6 788.3	6 579.0
Pulpo maya	6 100.1	692.6	0.0	5 407.6	18 373.0
Pulpo vulgaris	4 679.5	31.7	0.0	4 647.8	Incluido en pulpo
Canané	1 408.0	244.8	0.0	1 163.1	Sin registro
Huachinango	491.9	15.0	0.0	476.9	937.0
Rubia	376.5	78.4	0.0	298.0	1 289.0
Tiburón	332.6	5.0	0.0	327.6	917.0
Pargo	323.0	46.8	0.0	276.1	205.0
Langosta	291.6	291.6	0.0	0.0	268.0
Chac chi	209.9	11.4	0.0	198.5	162.0
Carito	176.5	44.6	0.0	131.9	492.0
Corvina	162.7	19.4	0.0	143.3	259.0
Cazón	161.2	22.3	0.0	138.9	263.0
Mojarra	142.9	24.5	0.0	118.4	188.0
Jurel	132.1	36.9	0.0	95.2	Sin registro
Robalo	115.0	38.0	0.0	76.9	38.0

Cuadro 11. Embarcaciones inscritas en el Registro Nacional de Pesca

por tipo de pesca según sector				
Al 31 de diciembre de 2007				
Tipo	Total	Social	Público	Privado
Total	4 423	1 164	1	3 258
Pesca de altura	623	79	1	543
Camaroneras	0	0	0	0
Atuneras	9	1	0	8
Escameras	588	52	1	535
Langosteras	26	26	0	0
Pesca ribereña a/	3 800	1 085	0	2 715

a/ Se refiere a embarcaciones con eslora menor o igual a 10 metros y cuya actividad Principal es la pesca comercial.

Fuente: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Delegación en el Estado; Subdelegación de Pesca; Departamento de Administración de Pesquerías.

Cuadro 12. Volumen y valor de la producción de acuicultura

en peso					
desembarcado por especie					
2007					
Especie	Volumen de la producción (Toneladas)				Valor de la producción a/ (Miles de pesos)
	Total	Social	Público	Privado	
Total	73.4	73.4	0.0	0.0	2 125.5
Camarón	50.1	50.1	0.0	0.0	1 589.6
Tilapia	23.3	23.3	0.0	0.0	535.9

a/ A precios de primera mano.

Fuente: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Delegación en el Estado; Subdelegación de Pesca; Departamento de Administración de Pesquerías.

Comercio

En adición el comercio tanto mayorista como minorista que se realiza en la entidad, también tiene un componente medio-alto de alimentos tanto frescos como congelados y preservados por tratamiento térmico (enlatados, envasado aséptico). Con excepción del último tratamiento, tanto el manejo de productos frescos como de productos preservados por enfriamiento o por congelación requieren conocimientos y acciones del procesamiento y gestión del alimentos.

El impacto del comercio actual de alimentos en Yucatán no se ubicó en las fuentes más recientes consultadas, pero se encontró que se media en la década de los noventa, y en el anuario de 1997 se encuentra en el cuadro 13.

Resultando en casi un 40% del valor del comercio del estado en ese año. Por mantenerse muchas de las características de la economía es probable que a la fecha el porcentaje sea similar y continúe presentando un

fuerte impacto en el sector de comercio, y por tanto en la economía del Estado.

En el aspecto de exportaciones, se reportan para enero-octubre de 2008 un valor de 1,215.5 millones de dólares americanos donde los productos marinos participaron con el 5.7%, productos pecuarios con el 5.3% y aparecen dentro del rubro “otros” formado por alimentos procesados, plásticos, agricultura, equipo médico, material de construcción y otras industrias. Por lo anterior los alimentos de exportación tienen presencia moderada, pues por ejemplo el sector confección forma el 35.2% de la exportación y el sector joyero el 26.5%.

Las importaciones del estado para el mismo periodo tuvieron un valor de 1 580.3 millones de dólares donde la importación de granos principalmente soya representa el 21.4%. El principal mercado tanto en exportaciones como en origen de las importaciones es el de Estados Unidos. (SEFOE 1998, b)

Cuadro 13. Participación comercial por segmentos de mercado.

	establecimientos	Ingresos de la actividad Miles de pesos-1993	% del ingreso del comercio
Comercio total	25 971	9 622 797	-----
Comercio en alimentos y bebidas al por mayor	399	2 321 791	24%
Comercio de alimentos y bebidas al por menor (Establecimiento especializado)	16 669	983 334	10 %
Comercio de alimentos en supermercados y tiendas departamentales	247	522 600	5%

Política pública relacionada con el fomento a la producción de alimentos.

En esta sección, se comenta la instrumentación de la política de desarrollo, iniciando con un recuento de la aplicación de apoyos para proyectos de investigación, donde como se observará se hacen visibles proyectos encaminados a facilitar una transferencia al sector productivo en un tiempo menor a lo que anteriormente se ha dado.

Por parte de CONACYT-Gobierno del estado de Yucatán, en los años 2005, 2006 y 2007 se apoyaron proyectos de investigación aplicada, con el requerimiento de integrar paquetes tecnológicos y su evaluación económico-financiera, entre estos el FOMIX0504-21283 “Estudio de factibilidad para el establecimiento de una planta de enlatado y envasado de productos a base de naranja papaya y mango” .para el procesamiento de frutas. El proyecto FOMIX 0504 21294: “Estudio de factibilidad de una planta de enlatado y conservación de productos

alimenticios de origen yucateco de valor agregado”, que se termino a inicios de 2009 y determina un proyecto factible para enlatados de vegetales, pulpo, y guisos de pollo, con exportación a los EE.UU. y con potencial de estimar un volumen importante para los mercados de Europa. (García, 2009)

En la siguiente convocatoria se apoyaron estos proyectos: Fomix Yucatán 0605-66284: “Producción de pastas de chile habanero que cumplan con las especificaciones de calidad internacionales”.

Y otros proyectos de investigación aplicada que exploran nuevos productos a partir de materiales y productos agrícolas del estado, como Fomix-Yuc-0605-64851 “aprovechamiento de subproductos de frutas tropicales para la extracción de pigmentos carotenoides” y Fomix Yuc-0605-66121. “Obtención, caracterización y evaluación de la actividad antioxidante de pigmentos a partir de la cáscara de pitahaya (*hylocereus undatus*)”. (Concitey, a)

En la convocatoria del FOMIX yuc 2008-06, aparecen: el proyecto 108894: “Estudio de la factibilidad económica y escalamiento del proceso de secado del chile habanero mediante el uso del lecho fluidizado”, el 109079 “Estudio de factibilidad para el establecimiento de una microdestilería para procesar el jugo de henequén”, el 108896 “Establecimiento de una planta piloto para la extracción y envasado del agua de coco”, el. 107984 “Obtención de estatinas por fermentación de arroz para la elaboración de un fármaco utilizable en la reducción de desórdenes causados por diabetes y obesidad”, y el 108103 “Evaluación de riesgos sanitarios derivados del consumo de alimentos producidos en granjas agroecológicas de las comunidades rurales del Estado de Yucatán” (concitey, b)

Es interesante observar que el principal centro de investigación para proyectos de investigación aplicada que incluyen estudio de factibilidad es el CIATEJ un centro del estado de Jalisco, por las instituciones locales aparecen UADY, CICY, y el ITM principalmente, para este tipo de proyectos. (Concitey, c)

Por otra parte, mediante la revista de la Fundación Produce Yucatán, su Presidente Pedro Cabrera Quijano dice que “Yucatán se encuentra en un momento clave de crecimiento” e informa del impulso a proyectos importantes, por ejemplo para el sector pesquero: granja demostrativa para capacitación y promoción de cultivo de algas marinas, el desarrollo y transferencia de tecnología para la reproducción, la producción y la engorda del pepino de mar en Yucatán. (Cabrera, 2009)

Ligado a lo anterior, Produce Yucatán presenta una lista de proyectos financiados en 2007, que cuentan con resultados a este año, entre estos: transferencia de tecnología en obtención de otros productos de colmena, transferencia de tecnología para utilización de especies forrajeras para su aprovechamiento como alimentos, y una serie de evaluaciones de cultivos y desechos con potencial bioenergético (visionando la producción de alimentos, la de biocombustibles y fuentes de energía).

En el Plan estatal de desarrollo 2008-2012.

Entre los planes de desarrollo que parten de directrices del Plan estatal de de desarrollo vigente, están las que estimulan la comercialización de productos relacionada con el sector alimentario y se encuentran: edificación del hotel Marriot, hotel Mission Express y el complejo Flamingo Lakes Resort, y entre los macroproyectos es importante para este sector el Centro de Distribución de Valladolid que servirá para obtener mucha mayor presencia en el mercado de la zona turística del norte de Quintana Roo. (SEFOE 2008, a).

Otras Investigaciones

El estudio liderado por el Dr. Biles, (Biles, 2008) indica pocas características competitivas e iniciativas en Yucatán, también confirma que se tiene buena posición

geográfica para el comercio internacional pero los sistemas y la infraestructura tienen cuellos de botella, se tiene falta de oportunidades en las zonas rurales. Por otra parte para las actividades económicas concluye en dos prioridades: elevar la productividad y Capturar el valor en productos y servicios. Propone aumentar la conectividad con la región de influencia, convertir a Mérida en una región de innovación (polo). Finalmente propone la inserción de las actividades de Yucatán en el modelo de Redes globales de producción que se presenta en la figura 1.

La propuesta de la OCDE en el documento “Draft Territorial Review of Yucatán, México” (OCDE, 2008), se enfoca al desarrollo regional y entre sus recomendaciones se extrae:

1. “En Yucatán se tiene experiencia en diversas ramas de la producción agrícola, pesquera y pecuaria. Se debe reactivar la producción del campo privilegiando las actividades con mayor valor agregado”
2. “La caída de la manufactura por la pérdida de competitividad en costos laborales presenta una oportunidad para repositionar a Yucatán como centro manufacturero, promoviendo actividades de mayor valor agregado.
3. Esto se puede lograr: con una estrategia bien cimentada de comercialización, con los apoyos financieros y tecnológicos adecuados, al incentivar el crecimiento de micro, pequeñas y medianas empresas en operación, así como retomar la experiencia reciente de las “maquiladoras para exportación” para intentar su reactivación mediante el uso intensivo de la tecnología y del capital humano.

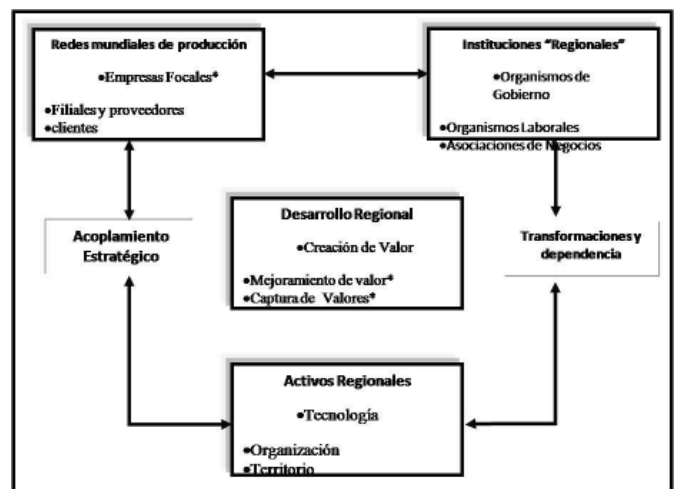


Figura 1. Un marco para analizar el desarrollo regional y las redes mundiales de producción (traducido de Niel M. Coe et al, 2004)

Resultados y discusión del estado del sector de alimentos en Yucatán.

En general el sector primario de producción de alimentos ha decaído, y se refleja en el análisis de la OCDE la falta de oportunidades en las actividades de campo (OCDE, 2008).

Existen actividades que se han desarrollado, gracias a nuevas inversiones y nuevo tipo de inversionistas, quienes han incursionado en cultivos de exportación, en atender mayores mercados y producir localmente más pollo y otras aves. Se han mantenido los mercados de exportación de productos marinos tras de sustituir especies ante la limitación de capturas de las tradicionales como el mero, el cazón, el tiburón.

En el sector de agricultura se lograron vinculaciones como en el caso del chile habanero, e inversión extranjera para los cultivos de exportación que incluso presenta potencial para la utilización de “residuos” no comercializables (10 a 15% de la producción total). En contraposición es conocido el problema de sectores tradicionales del campo (agropecuario) de la baja capacidad de comercialización de sus productos, a su vez la contracción productiva ha sido en más rubros y no se logra compensar con los nuevos cultivos.

Por otra parte, desde los recursos de investigación fondos Mixtos de Yucatán en su convocatoria de 2005 hasta la convocatoria 2008-06, se han aprobado varios proyectos que según se percibe van alineados según:

(a) investigación aplicada con innovación gradual, con requisito de estudio de factibilidad (casos cárnicos y vegetales, frutas, producto pulpo, productos de miel, entre los principales) que ya tienen resultados y se debiera estar trabajando en la transferencia hacia inversionistas, que de lograrse generarán inversiones en producción primaria, en industrialización e impulsarán el desarrollo de los procesos de comercialización y los centros logísticos que se mencionan en el análisis de la OCDE y el plan estatal de desarrollo.

(b) investigación aplicada para caracterizar nuevos productos o subproductos para desarrollar el proceso, con el requisito de ubicar los mercados donde se puede colocar, que en su conjunto forman una base para validar los resultados más prometedores con mercados de mayor interés y pasar a un proceso de pruebas piloto, escalamiento y elaboración de perfiles y planes de negocio cuyos resultados se puedan presentar a la atención de inversionistas del sector de alimentos.

A pesar de estos esfuerzos, persiste una necesidad de mayor investigación aplicada en el sector de alimentos, con proyectos que en el corto plazo se transfieran al sector productivo.

Se encuentra evidencia de que se dan recursos para desarrollar en el campo proyectos de transferencia y piloto como en el caso del pepino de mar. Proyectos que se busca tengan demanda internacional.

Se encuentran esfuerzos en los rubros de producción primaria y de servicios de transporte ligados a comercio. Llama la atención que no se conceda mayor esfuerzo a proyectos del sector secundario como la manufactura de alimentos con mayor vida de anaquel y a la incorporación de los métodos de preservación más modernos. Esto en el competido mercado del siglo XXI estará limitando la competitividad de la producción de Yucatán.

Un punto más positivo es la recomendación en el estudio de la OCDE de integrarse en cadenas de producción global, contemplar la formación de agronegocios que reactiven el campo yucateco a la vez que generen productos que capten mayor valor de los mercados.

Se encuentra en el plan estatal de desarrollo 2007-2012 aspectos que indican que se promoverá el desarrollo del sector alimentario, incluso con una vertiente de manufactura, específicamente en la sección III.2.3. Industria donde indica “Apoyar el desarrollo de zonas agroindustriales en las regiones con vocación agrícola.”.

También se dan lineamientos en diversas secciones del apartado III.1.5. Del mismo plan donde indica que se promoverá que se realice la vinculación tecnológica, lo que facilitaría enlazar los programas relacionados con alimentos y los centros que realizan investigación en alimentos con necesidades de este sector.

Conclusiones

Los datos estadísticos presentan situaciones desfavorables como el decremento de la pesca, de la producción de leche, de cosechas de productos que habían rebasado las 5000 toneladas anuales en la década anterior. En el mismo tenor, se continúan produciendo y comercializando productos frescos y congelados primordialmente, lo que limita la generación de valor agregado y la distancia hasta donde se pueden comercializar.

En lo positivo, hay nuevos productos, algunos productos innovadores en prueba piloto, por ejemplo en los marinos el pepino de mar, crecimiento del sector pecuario en la producción de aves y en los ovinos, hubo un crecimiento al inicio de esta década en porcinos, actualmente se trabaja en proyecto de industrialización del cerdo pelón y del cultivo de pulpo. Asimismo se observa progresos interesantes en investigación y proyectos transferibles en corto plazo y un segundo grupo con potencial de implantación a mediano plazo como el enlatado de productos hortícolas y pecuarios Yucatecos (García, 2009).

Finalmente aspectos muy importantes en el desarrollo agroindustrial han quedado plasmados en el plan estatal de desarrollo vigente en el que según se indica se dan los primeros pasos de implantación tanto de proyectos tradicionales, como también en particular de proyectos innovadores, que de resultar exitosos, requerirán personal profesional y técnico con preparación en

las áreas de la producción, procesamiento, conservación, control de calidad de los alimentos y desarrollo posterior de nuevos productos.

Bibliografía:

Biles, James J. Sociedad y Gobierno. Hacia una visión compartida del desarrollo de Yucatán. Presentación. SEFOE-Gob. Yucatán. Mérida, Yucatán. Mayo del 2008.

García Lira, Alan. 2007. Reporte técnico, etapa 2, del proyecto FOMIX-Yucatán-0504-21294.

García Lira, Alan. 2008. Reporte técnico, etapa 3, del proyecto FOMIX-Yucatán-0504-21294.

García Lira, Alan. 2009. "Enlatadora de Productos Hortícolas y Pecuarios Yucatecos. Fomix0504-21294" (integración del plan de negocios). Presentación ante el consejo Directivo de Canacintra delegación Yucatán. 10 de agosto de 2009.

INEGI. Anuario estadístico del estado de Yucatán. Edición 1997

INEGI. Anuario estadístico del estado de Yucatán. Edición 2008.

INEGI. El Sector Alimentario en México. Edición 2005.

Secretaría de Fomento Económico de Yucatán (SEFOE). Panorama Alentador con las Inversiones. Revista: Impulso Económico en Yucatán. pp. 8 y 9, No. 5. Oct. - Dic. 2008.

OCDE. "Territorial Reviews Yucatán, México" 2008.

Plan Estatal de desarrollo 2007 -2012

<http://www.yucatan.gob.mx/gobierno/PED/>
Consulta realizada a 19 de Mayo de 2010

Secretaría de Fomento Económico de Yucatán (SEFOE). Comercio Exterior. Revista: Impulso Económico en Yucatán. pp. 31 y 32, No. 5. Oct. - Dic. 2008.

Cabrera Quijano, Pedro (2009)

<http://www.fundacionproduceyucatan.com.mx/>
Principal > Publicaciones > Revistas Desafío > 5ta Edición; Año 1 n° 4, editorial pág. 3

a)Concytey. <http://www.cienciaytecnologia.yucatan.gob.mx/publicaciones/ventanainfo.php?IdPublicacion=90&Titulo=Resultados+de+la+Convocatoria+2006-05>. consultado 10 de agosto de 2009.

b)<http://www.cienciaytecnologia.yucatan.gob.mx/publicaciones/ventanainfo.php?IdPublicacion=77&Titulo=Resultados+Convocatoria+2005-04> . consultado 10 de agosto de 2009.

c)<http://www.cienciaytecnologia.yucatan.gob.mx/docpublicaciones/200903301522.pdf> consultado 17 de agosto de 2009.

(Niel M. Coe et al, 2004) http://courses.nus.edu.sg/course/geoywc/publication/2004_TIBG.pdf consultado 20 de agosto de 2009

IMPLEMENTACIÓN Y VALIDACIÓN DE UN MÉTODO DE ANÁLISIS DE AMINOÁCIDOS POR CROMATOGRAFÍA DE LÍQUIDOS DE ALTA RESOLUCIÓN.

M. Segura-Campos¹; J. Ruiz-Ruiz¹; D. Betancur-Ancona¹; K. López-Rodríguez¹;
L. Chel-Guerrero¹; M. Alaiz-Barragan²

RESUMEN

Se implementaron y validaron métodos para la identificación y cuantificación de aminoácidos basados en la cromatografía de líquidos de alta resolución en fase reversa (HPLC-RP), con detección a una longitud de onda de 280 nm. Se empleó como agente derivatizante etoximetilmalonato de dietilo (EMMDE). El tiempo de reacción del agente derivatizante fue de 50 min, obteniéndose derivados estables a temperatura ambiente. La resolución cromatográfica de la mezcla derivatizada de diecisiete aminoácidos, amonio y patrón interno se llevó a cabo en 35 min usando un gradiente binario. La resolución cromatográfica del triptófano sin derivatizar se llevó a cabo en 8 min usando un gradiente isocrático. La simplicidad, linealidad y precisión de los métodos cromatográficos implementados permitirán su aplicación de forma rutinaria.

Palabras clave: Aminoácidos, identificación, cuantificación, HPLC-RP

Introducción.

Durante los últimos años, la evolución del análisis instrumental ha permitido la detección y cuantificación de aminoácidos con gran precisión y sensibilidad en proteínas tanto de origen animal como vegetal. Los métodos analíticos empleados para dicho propósito reúnen ciertas características; son metodologías eficientes, de relativo bajo costo y aplicables a un amplio rango de muestras; presentan bajos límites de detección y cuantificación para los analitos de interés y su reproducibilidad está validada, posibilitando su implementación como un análisis de tipo rutinario. Las técnicas más empleadas en el análisis de aminoácidos son la cromatografía de intercambio iónico con derivatización postcolumna empleando ninhidrina como agente derivatizante y detección por ultravioleta; la separación de derivados volátiles de aminoácidos por cromatografía gaseosa y detección por espectrometría de masas; la separación de aminoácidos derivados por cromatografía de líquidos de alta eficiencia en fase reversa y su detección por ultravioleta o fluorescencia; la resonancia magnética nuclear así como la electroforesis capilar (Herbert y col., 2000). La determinación y cuantificación de aminoácidos no solo es importante para estimar el valor nutritivo de alimentos destinados a consumo humano y animal, sino que permite relacionar la composición aminoacídica de la proteína con sus características de funcionalidad tecnológica y biológica. Además, es creciente el número de aplicaciones como la detección de posibles adulteraciones en alimentos y bebidas o la determinación de aminoácidos, péptidos o derivados potencialmente tóxicos producidos por las nuevas técnicas de procesado de alimentos.

La mayor parte de los trabajos realizados sobre análisis de aminoácidos por cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC) se llevan a cabo en columnas de fase reversa (RP) que tienen como fase estacionaria sílice, a la que se unen grupos C-8 o C-18. Estas columnas que son empacadas con partículas de sílice muy pequeñas (3-10 μm), con un diámetro de 2-5 mm, están sometidas a una alta presión con una velocidad de flujo de las fases móviles muy controlada. Las fases móviles más utilizadas en fase reversa son mezclas de agua y un disolvente orgánico (metanol, acetonitrilo o tetrahydrofurano). Cuando la muestra tiene sustancias que contienen grupos ácidos o básicos débiles, como son los aminoácidos, se recurre al control del pH de la fase móvil mediante un tampón (Alaiz y col., 1992).

La cromatografía en fase reversa utiliza las propiedades de solubilidad de la muestra para distribuirla entre un solvente hidrofílico y otro lipofílico. La distribución de los componentes de la muestra entre las dos fases va a depender de sus respectivas características de solubilidad. Los componentes menos hidrofóbicos se asociarán primeramente con la fase hidrofílica y los componentes más hidrofóbicos se encontrarán en la fase lipofílica. El proceso depende del poder extractivo de la fase hidrofílica. En fase reversa, las partículas de sílice cubiertas con cadenas hidrocarbonadas representan la fase lipofílica, mientras que la mezcla acuosa de un solvente orgánico que rodea

¹Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Periférico Nte. Km. 33.5, Tablaje Catastral 13615, Col. Chuburná de Hidalgo Inn, 97203 Mérida, Yucatán, México. Tel.: +529999460956; Fax: +529999460994. e-mail: cguerr@uady.mx

²Instituto de la Grasa, Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Avda. Padre García Tejero 4, 41012-Sevilla, España.

las partículas representa la fase hidrofílica. Puesto que el conjunto de los aminoácidos muestra una amplia gama de polaridades, para resolverlos en un solo cromatograma es preciso ir variando la composición de la fase móvil a lo largo de la separación, aumentando su poder de elución; de esta forma, mediante el empleo de un gradiente de polaridad, se consigue separar todos los compuestos en un tiempo razonable, lo que sería imposible de conseguir con una elución isocrática (Yust y col., 2004).

Los aminoácidos pueden ser detectados directamente en el ultravioleta, ya que absorben a una longitud de onda entre 190-210 nm. Sin embargo, en esta región del espectro también absorben la mayoría de los disolventes y otros componentes de las muestras, por lo que normalmente se recurre a la formación de derivados detectables a otras longitudes de onda o fluorescentes. La derivatización puede llevarse a cabo antes de la separación cromatográfica (precolumna), inmediatamente después de la elución (postcolumna) o, menos frecuente, en la misma columna. La derivatización precolumna tiene como principales ventajas que las condiciones empleadas, permiten que la reacción se complete en un periodo de tiempo razonable y de forma cuantitativa, la reacción puede desarrollarse en un disolvente no compatible con la fase móvil utilizada en la separación cromatográfica y pueden separarse productos secundarios formados, en la misma columna o antes de la separación cromatográfica (Alaiz y col., 1992). Entre los agentes derivatizantes más utilizados en el análisis de aminoácidos destaca el etoximetileno malonato de dietilo (EMMDE), este agente de derivatización precolumna tiene la capacidad de reaccionar con aminoácidos primarios y secundarios dando lugar a derivados detectables en la región UV-visible. Este agente se ha aplicado para determinar el contenido de aminoácidos en diversos tipos de muestras como vinos (Chicón y col., 2001) y mieles (Hermosín y col., 2003).

La reacción de derivatización se realiza en medio metanólico básico, durante 30 min. Posteriormente, la muestra se calienta 2 h a 70 °C para la completa degradación del exceso de reactivo y de sus productos secundarios de reacción. La mayoría de los derivados obtenidos son perfectamente estables, al menos durante la primera semana, excepto prolina e hidroxiprolina, por lo que de ser necesaria su cuantificación, el análisis debería realizarse en las 24 h siguientes a la reacción de derivatización. Este es uno de los inconvenientes del método. Entre las principales ventajas puede mencionarse que la derivatización es directa sin preparación previa; permite la cuantificación simultánea de 24 aminoácidos (incluida prolina), 9 aminas biogénicas y el ion amonio; emplea un detector UV-Visible el cual es habitual en cualquier laboratorio; el exceso de derivatizante no interfiere en el cromatograma; los límites de detección están por debajo de 0.4 mg/L entre los aminoácidos, y de 0.07 mg/L entre las aminas biogénicas (Alaiz y col., 1992).

La degradación oxidativa del triptófano duran-

te la hidrólisis ácida de una muestra, impide su análisis en conjunto con el resto de los aminoácidos esenciales, en un solo ensayo cromatográfico. El inconveniente de tener que llevar a cabo por separado un segundo procedimiento de análisis para la cuantificación de triptófano, a menudo da como resultado que dicho aminoácido sea omitido en la determinación y cuantificación de un método analítico. Sin embargo, al tratarse de un aminoácido esencial su cuantificación resulta necesaria, desde el punto de vista legislativo y económico (Molnár-Perl, 1999). De acuerdo con Yust y col. (2004), una metodología alternativa para el análisis de triptófano, incluiría los siguientes pasos: hidrólisis alcalina de la muestra en un intervalo de temperaturas de 110-125 °C en una atmósfera libre de oxígeno; neutralización del hidrolizado con ácido clorhídrico; dilución del hidrolizado con tampón de uso cromatográfico; separación mediante HPLC-RP y detección espectrofotométrica.

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue implementar y validar métodos de identificación y cuantificación de aminoácidos, basados en la cromatografía de líquidos de alta eficiencia en fase reversa, empleando hidrólisis ácida y derivatización con etoximetileno malonato de dietilo para una mezcla de 17 aminoácidos y una hidrólisis alcalina para el triptófano.

Materiales y Métodos.

Materiales.

Se emplearon muestras de aislados e hidrolizados proteínicos de leguminosas.

Reactivos.

Etoximetileno malonato de dietilo (Aldrich D94208-5g), acetonitrilo para disolver el reactivo y tampón de borato sódico 0.2 mM a pH 8.8. Patrones comerciales: 17 aminoácidos (Fluka AAS18-10 mL), amonio (NH_4Cl) y como patrón interno ácido D,L- α -aminobutírico (Aldrich D94208-5g). Para la preparación de eluyentes se emplearon reactivos grado HPLC, acetonitrilo y agua bidestilada. Adicionalmente se empleó ácido clorhídrico 12.0 N, NaOH 4.0 M, acetato de sodio 25.0 mM con 0.02% de azida de sodio (pH 6.0) y tampón de borato de sodio 1.0 N con 0.02% de azida de sodio (pH 9.0).

Instrumentos

Se empleó un cromatógrafo de líquidos de alta eficiencia marca Agilent, modelo 1100 series, con las siguientes especificaciones: inyector manual, bomba cuaternaria marca Agilent, modelo G1311A, desgasificador marca Agilent, modelo G1379A, detector de longitud de onda variable (VWD) marca Agilent, modelo G1314A, detector de arreglo de diodos (DAD) marca Agilent, modelo G1315B, columna cromatográfica C18 en fase reversa, tamaño de partícula 4 μm , 300 x 3.9 mm marca

Nova Pack, modelo WAT011695, programa computacional DataApex Clarity Chromatography Station para Windows.

Métodos.

Hidrólisis de muestras.

Se procedió de acuerdo a la metodología propuesta por Alaiz y col. (1992), a las muestras constituidas por 200 pg de proteína, se les añadió un volumen de 10 μL de una solución de ácido D,L- α -aminobutírico 3mM. La solución de patrón interno se preparó disolviendo 17 mg de ácido D,L- α -aminobutírico en un volumen de 50 mL de agua bidestilada. La hidrólisis se efectuó con 600 μL de HCl 12 N a 110 °C durante 20 h en viales con cierre de teflón y bajo atmósfera de nitrógeno. Tras la hidrólisis las muestras se llevaron a sequedad en una estufa al vacío a 60°C durante 4 h. Para la determinación del triptófano se empleó la metodología propuesta por Yust y col. (2004), a las muestras constituidas por 3 mg de muestra, se les añadió 1 mL de NaOH 4.0 M. La hidrólisis se efectuó a 110 °C durante 4 h en viales con cierre de teflón y bajo atmósfera de nitrógeno. Tras la hidrólisis se transfirió el contenido del vial a un vaso de precipitado de 30 mL, el vial se lavó con buffer borato de sodio (pH 9.0) y se añadió al vaso de precipitado. Se ajustó el pH a 7.0 con HCl 12.0 N. El contenido del vaso de precipitado se transfirió a un matraz volumétrico de 10 mL y se aforó con buffer borato de sodio (pH 9.0). Finalmente se filtraron 100 μL de la solución empleando membranas de 0.45 μm . Se inyectó un volumen de 20 μL para efectuar la determinación.

Derivatización.

Se llevó a cabo de acuerdo con la metodología propuesta por Alaiz y col., (1992), en los viales con muestra hidrolizada y seca, se añadió un volumen de 0.8 μL de etoximetilenmalonato de dietilo (EMMDE). Después se añadió tampón de borato de sodio 1M (pH 9) hasta alcanzar un volumen final de 1 mL. El tampón borato de sodio se preparó pesando 30.92 g de ácido bórico y 100 mg de azida de sodio (NaN_3), disolviendo ambos en agua bidestilada hasta un volumen final de 500 mL. El pH se ajustó con NaOH al 40%. La reacción se llevó a cabo a una temperatura de 50 °C durante 50 min. Transcurrido el tiempo de reacción los viales se dejaron enfriar a temperatura ambiente y se tomó un volumen de 20 μL para ser inyectado en el cromatógrafo.

Curvas de calibración.

Se prepararon curvas de calibración para la mezcla de 17 aminoácidos libres (sin hidrólisis) y aminoácidos totales (hidrolizados), ambas en un intervalo de concentraciones de 50, 250, 500, 1000 y 2000 pmol (Cuadro 1). Lo anterior se efectuó para determinar si la hidrólisis ácida generaba compuestos que pudieran interferir pos-

teriormente con la determinación y cuantificación. Los aminoácidos utilizados para hacer las rectas de calibrado de aminoácidos totales se sometieron a las mismas condiciones que las muestras, para evitar los errores producidos por la pérdida de algunos aminoácidos durante la hidrólisis ácida. Para la curva de calibración del triptófano se empleó el mismo intervalo de concentraciones que se utilizó para la mezcla de aminoácidos, con excepción del patrón interno y el agente derivatizante (Cuadro 1). El volumen total de todas las soluciones fue de un mililitro y el cálculo de las concentraciones se efectuó para 20 μL correspondientes al volumen de inyección.

Cuadro 1. Curva de calibración de los estándares de la mezcla de aminoácidos y del triptófano.

Mezcla de aminoácidos				
Concentración (pmol/20 μL)	Estándar aminoácidos (μL)	Patrón interno (μL)	EMMDE (μL)	Tampón (μL)
50	1	10	0.8	988
250	5	10	0.8	984
500	10	10	0.8	979
1000	20	10	0.8	969
2000	40	10	0.8	949
Triptófano				
Concentración (pmol/20 μL)	Estándar aminoácido (μL)	Tampón (μL)		
50	12	988		
250	16	984		
500	21	979		
1000	31	969		
2000	51	949		

Gradiente de elución del método cromatográfico.

Partiendo del gradiente propuesto por Alaiz y col. (1992) se realizaron sucesivas pruebas de gradiente, resultando ser el más adecuado el que se presenta en el cuadro 2. Los cambios de gradiente se realizaron de manera lineal y el análisis cromatográfico se llevó a cabo a 34 °C con acetato de sodio 25.0 mM-0.02% de azida de sodio (pH 6.0) (A) y acetonitrilo grado HPLC (B). El

flujo fue de 0.9 mL/min y el volumen de inyección de 20 μ L. Para la determinación del triptófano se empleó el gradiente isocrático propuesto por Yust y col. (2004), constituido por acetato de sodio 25.0 mM-0.02% azida de sodio (pH 6.0) (A) y acetonitrilo (B) en una proporción 91:9, el análisis cromatográfico se llevó a cabo a 34 °C, empleando un flujo de 0.9 mL/min y un volumen de inyección de muestra de 20 μ L. Las fases móviles y las muestras fueron filtradas a través de filtros de membrana Millipore con un tamaño de poro de 0.45 μ m antes de ser usadas.

Cuadro 2. Gradiente de elución.

Tiempo (min)	Gradiente lineal (A:B)
0-2	Elución (91:9)
2-5	(91:9) a (86:14)
5-15	Elución (86:14)
15-24	(86:14) a (81:19)
24-30	(81:19) a (69:31)
30-35	Elución (69:31)

Linealidad del método analítico.

La linealidad de un procedimiento analítico se define como su capacidad (dentro de un intervalo) para obtener resultados que sean directamente proporcionales (o por medio de ecuaciones matemáticas) a la concentración de analito en una muestra determinada (Filipi-Ribeiro y Mendes-Faia, 2007). Para determinar la linealidad de los métodos implementados se tomó el área relativa de los picos de cada uno de los aminoácidos estudiados a los diferentes niveles de concentración evaluados, 50 a 2000 pmol para la mezcla de aminoácidos y triptófano. Se evaluaron los coeficientes de regresión lineal (r) de las curvas de calibración para cada uno de los aminoácidos (libres y totales).

Identificación y cuantificación de aminoácidos.

La detección de los distintos aminoácidos, el amonio y el patrón interno se realizó de acuerdo a lo propuesto por Alaiz y col., (1992), empleando un detector de longitud de onda variable a una longitud de onda de 280 nm. La identificación se llevó a cabo utilizando los tiempos de retención correspondientes a los picos cromatográficos de los patrones. La cuantificación se llevó a cabo utilizando un patrón interno. Para ello se construyeron rectas de calibrado tomando los cocientes entre las áreas de los picos cromatográficos de cada compuesto y la del patrón interno frente a la concentración de cada compuesto en la mezcla prederivatizada. Como se señaló en el apartado III.2.3, para realizar las rectas de calibra-

do de los aminoácidos se tomaron diferentes volúmenes de la mezcla patrón, cuyas concentraciones se muestran en el cuadro 1. Para el caso del ion amonio y debido a que los estándares de aminoácidos contienen como impureza ion amonio, se preparó de forma independiente una solución que contenía solo dicho compuesto, a partir de la cual, tomando diferentes volúmenes, se construyó una recta de calibrado. Las rectas de calibrado se construyeron inyectando por triplicado los distintos niveles de concentración, previa derivatización. La detección del triptófano se realizó de acuerdo a lo propuesto por Yust y col., (2004), empleando un detector de longitud de onda variable a una longitud de onda de 280 nm. La identificación se llevó a cabo utilizando los tiempos de retención correspondientes a los picos cromatográficos de los patrones. La cuantificación se llevó a cabo construyendo rectas de calibrado tomando los cocientes entre las áreas de los picos cromatográficos y la concentración de triptófano inyectada.

Precisión del método analítico.

El objetivo del estudio de la precisión es conocer la variabilidad del método de ensayo. Esta variabilidad es debida a errores aleatorios inherentes a todo método de análisis. Como consecuencia de la existencia de estos errores, las determinaciones efectuadas sobre muestras idénticas, en las mismas circunstancias, no conducen generalmente a resultados idénticos. Los factores susceptibles de influir sobre los resultados de un ensayo no pueden ser siempre controlados (analista, equipo instrumental, preparación de reactivos, tiempo, etc.) de aquí la importancia del estudio de la precisión (Filipi-Ribeiro y Mendes-Faia, 2007). La precisión es una medida del grado de separación o dispersión entre las medidas realizadas empleando un método analítico y trabajando en condiciones normales de operación. La forma más adecuada de estimar la precisión es mediante el cálculo del coeficiente de variación (CV). La precisión del presente método cromatográfico se evaluó a nivel de la repetitividad, la cual se define como una medida del grado de dispersión de una serie de medidas realizadas en un espacio de tiempo corto. La repetitividad se evaluó determinando el contenido de aminoácidos en 3 réplicas de una muestra hidrolizada y derivatizada en una única sesión de trabajo; un procedimiento semejante se empleó para el triptófano, a excepción de la derivatización (Ramos y Álvarez, 2001).

Análisis estadístico.

Los datos obtenidos del análisis de las muestras de aislados e hidrolizados proteínicos fueron evaluados mediante medidas de tendencia central y dispersión. Para determinar la linealidad del método se calcularon los coeficientes de correlación lineal de las curvas de calibración y la repetitividad mediante el cálculo del coeficiente de variación.

Resultados y Discusión.

Patrones de elución de las mezclas de aminoácidos libres y totales y del triptófano.

Los patrones de elución de la mezcla de estándares de aminoácidos libres y totales se presentan en las figuras 1 y 2, respectivamente. En ambos patrones de elución se observa que la resolución de los picos cromatográficos correspondientes a cada uno de los aminoácidos de la mezcla de estándares fue satisfactoria, por lo que puede considerarse que las condiciones en cuanto a los gradientes de elución fueron las adecuadas. Si bien la separación entre los picos correspondientes a los derivados de los ácidos aspártico y glutámico es poca, sus tiempos de retención son repetibles y es factible la integración de sus áreas para los cálculos cuantitativos. También se observa la ausencia de un pico cromatográfico correspondiente al reactivo derivatizante; de acuerdo con Alaiz y col. (1992), esto es una ventaja que presenta el EMMDE, ya que de esta forma no interfiere con la identificación y cuantificación de los derivados N-[2,2-bis(etoxicarbonil)vinil] de los aminoácidos. Otra ventaja del método empleado para derivatizar los aminoácidos, es la poca presencia de picos cromatográficos no identificados (Figura 1 y 2), esto es indicativo de que la reacción entre el derivatizante y los aminoácidos es cuantitativa, por lo que no se generan subproductos interferentes. Por otra parte, las señales correspondientes al patrón interno (PI) y al amonio (NH_3) presentaron tiempos de retención similares en todas las concentraciones empleadas para la curva de calibración. La identificación de los aminoácidos libres y totales se llevó a cabo utilizando los tiempos de retención (tr) correspondientes a los picos cromatográficos de los estándares frente al patrón interno. Los tr para cada uno de los aminoácidos (libres y totales), de la mezcla estándar (concentración 1000 pmol) se presentan en el cuadro 3. No se observaron variaciones significativas entre los tiempos de retención calculados para los aminoácidos libres y totales, lo anterior indica que los derivados formados con el agente derivatizante son estables y las señales cromatográficas que generan son repetibles. Este mismo comportamiento se observó en todo el rango de concentraciones evaluadas.

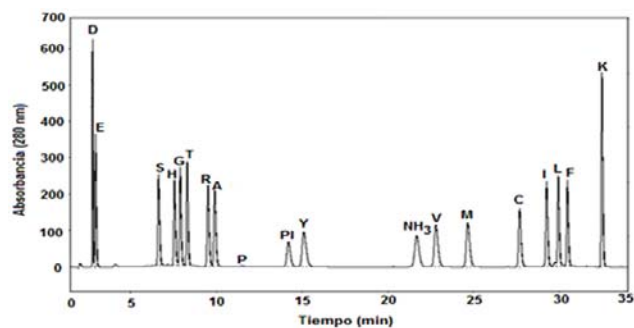


Figura 1. Patrón de elución de los derivados N-[2,2-bis(etoxicarbonil)vinil] de los aminoácidos presentes en una mezcla estándar (concentración 1000 pmol). Método de aminoácidos libres (sin hidrolizar).

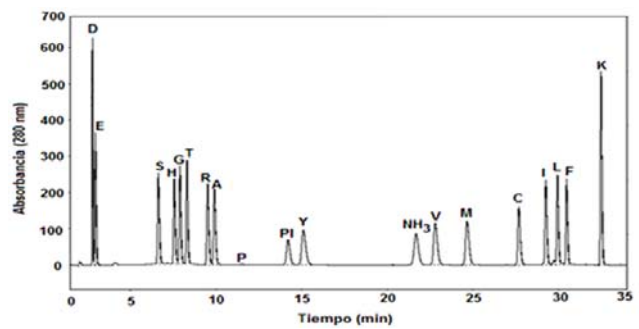


Figura 2. Patrón de elución de los derivados N-[2,2-bis(etoxicarbonil)vinil] de los aminoácidos presentes en una mezcla estándar (concentración 1000 pmol). Método de aminoácidos totales (hidrolizados).

Cuadro 3. Tiempos de retención (tr) y coeficientes de regresión lineal (r) de los aminoácidos libres y totales, de la mezcla estándar (concentración 1000 pmol).

Aminoácido	Aminoácidos libres		Aminoácidos totales	
	tr (min)	r	tr (min)	r
Ácido aspártico+ (D)	2.79	0.9994	2.79	0.9989
Ácido glutámico++ (E)	2.95	0.9998	2.95	0.9987
Serina (S)	6.69	0.9975	6.67	0.9993
Histidina (H)	7.64	0.9952	7.69	0.9995
Glicina (G)	7.94	0.9997	7.91	0.9993
Treonina (T)	8.32	0.9997	8.28	0.9989
Arginina (R)	9.66	0.9997	9.63	0.9988
Alanina (A)	9.99	0.9977	9.90	0.9990
Prolina (P)	11.66	0.9903	11.51	0.9976
Patrón interno (PI)	14.39	0.9921	14.18	0.9774
Tirosina (Y)	15.55	0.9996	15.31	0.9989
Valina (V)	22.89	0.9996	22.71	0.9991
Metionina (M)	24.82	0.9996	24.68	0.9969
Cistina (C)	27.78	0.9996	27.71	0.9989
Isoleucina (I)	29.28	0.9996	29.27	0.9997
Leucina (L)	29.96	0.9997	29.96	0.9993
Fenilalanina (F)	30.52	0.9998	30.54	0.9992
Lisina (K)	32.49	0.9997	32.50	0.9989

+Reportado como suma de ácido aspártico y asparagina.

++Reportado como suma de ácido glutámico y glutamina.

El patrón de elución del triptófano se presenta en la figura 3, se observa que la resolución del pico cromatográfico correspondiente al triptófano fue satisfactoria, por lo que puede considerarse que el gradiente isocrático empleado fue adecuado. Si bien los aminoácidos tirosina y fenilalanina también absorben a la misma longitud de onda empleada en la determinación (280 nm), estos son parcialmente destruidos durante la hidrólisis alcalina y sus picos no interfieren con la resolución de la señal producida por el triptófano. La identificación del triptófano se llevó a cabo utilizando los tiempos de retención (t_r) correspondientes a los picos cromatográficos de los estándares evaluados en el intervalo de concentración de 50-2000 pmol. El t_r del triptófano fue de 4.82 min, no se observaron variaciones significativas entre los tiempos de retención calculados en todo el rango de concentraciones evaluadas, lo anterior indicó que las señales cromatográficas que se generaron fueron repetibles.

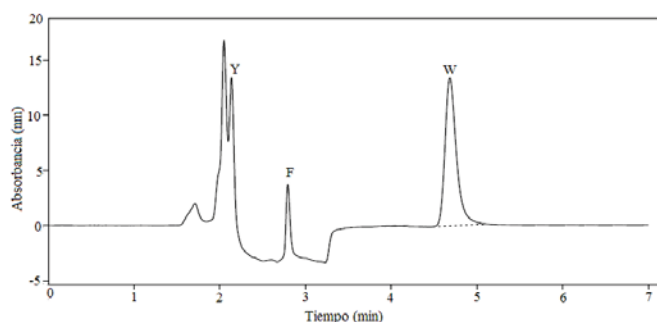


Figura 3. Patrón de elución de una solución patrón de triptófano (concentración 1000 pmol) hidrolizado, analizado por cromatografía de líquidos en fase reversa.

Linealidad del método analítico.

Los coeficientes de regresión lineal (r) de las curvas de calibración para cada uno de los aminoácidos (libres y totales), de la mezcla estándar (concentración 1000 pmol) se presentan en el cuadro 3. En la figura 4 se presenta una gráfica de calibración para el aminoácido histidina dentro del intervalo de 50 a 2000 pmol. Se observó una adecuada linealidad obteniéndose en todos los casos coeficientes de correlación superiores a 0.99. El coeficiente de regresión lineal (r) de la curva de calibración del triptófano fue de 0.9986, en la figura 5 se presenta la gráfica de calibración para el triptófano dentro del intervalo de 50 a 2000 pmol. Se observó una adecuada linealidad. Este comportamiento se observó en todo el rango de concentraciones evaluadas, por lo que los métodos cromatográficos implementados presentaron una respuesta lineal dentro de los intervalos de concentraciones evaluados, los cuales constan de cuatro órdenes de concentración, es decir que la concentración

del último punto de la curva de calibrado es 40 veces mayor al primer punto. Con base en lo anterior puede establecerse que el método cromatográfico sería aplicable para la determinación y cuantificación de aminoácidos en muestras cuya concentración se encuentre dentro de un amplio intervalo.

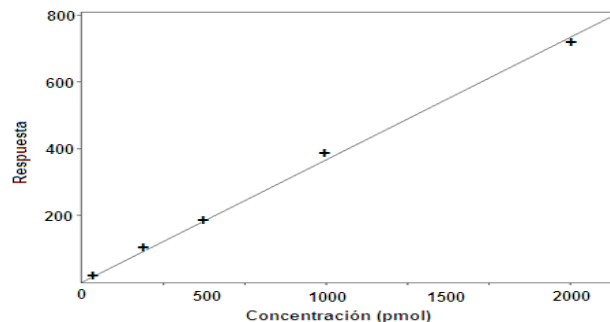


Figura 4. Curva de respuesta (área_A/área_{PI} x cantidad de PI; donde A = aminoácido, PI = patrón interno) dentro del intervalo de concentraciones 50 - 2000 pmol, del derivado N-[2,2-bis(etoxicarbonil)vinil] del aminoácido histidina (H). Cada punto en la curva representa el promedio de tres análisis diferentes.

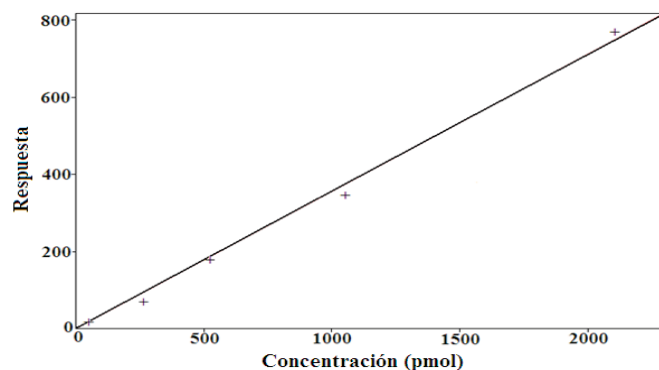


Figura 5. Curva de respuesta, dentro del intervalo de concentraciones 50 - 2000 pmol, para los estándares de triptófano. Cada punto en la curva representa el promedio de tres análisis diferentes.

Identificación y cuantificación de aminoácidos.

Una vez verificada la linealidad de los métodos dentro del intervalo de concentraciones evaluadas, se procedió a determinar y cuantificar los aminoácidos presentes en muestras de aislados e hidrolizados (enzimáticos) proteínicos de leguminosas. En la figuras 6 y 7 se presentan los patrones de elución obtenidos, para la determinación de aminoácidos de un aislado proteínico (AP) de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Jamapa.

De manera general se observa que las señales correspondientes a los diferentes aminoácidos presentaron patrones de elución y tiempos de retención semejantes a los estándares; los picos cromatográficos fueron definidos y permitieron una adecuada integración de las áreas para calcular la concentración. En el cuadro 4 se presenta la composición de aminoácidos del aislado proteínico

(AP) y de los hidrolizados con Alcalase-Flavourzyme (HAF) y Pepsina-Pancreatina (HPP).

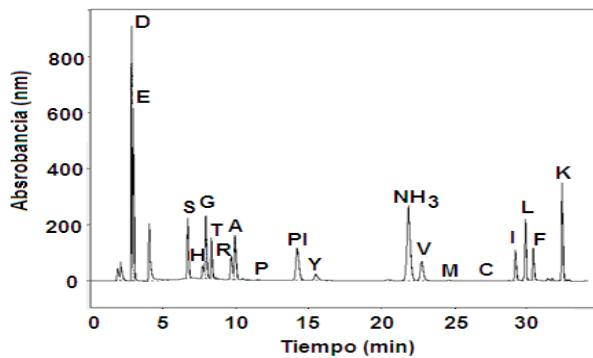


Figura 6. Patrón de elución de los derivados N-[2,2-bis(etoxicarbonil)vinil] de los aminoácidos presentes en una muestra de aislado proteínico de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Jamapa.

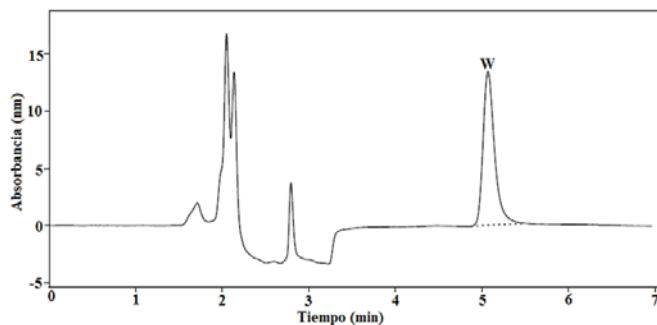


Figura 7. Patrón de elución del triptófano presente en una muestra de aislado proteínico de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Jamapa.

El contenido de aminoácidos del aislado proteínico determinado de forma experimental, es similar al reportado por Morales de León y col. (2007) para la misma variedad de frijol. En general el contenido de los ácidos aspártico y glutámico es alto, así como el de otros aminoácidos esenciales como isoleucina, leucina, lisina, fenilalanina, treonina, valina e histidina. También se observó un bajo contenido de metionina, lo cual es de esperar, considerando lo reportado por Sánchez y col. (1999), que establece que dicho aminoácido es limitante en la composición del frijol. Al comparar el contenido de aminoácidos del aislado con el de los hidrolizados, tampoco se observaron diferencias significativas. De acuerdo con Manninen (2004), la modificación enzimática de una proteína no cambia su composición de aminoácidos, de esta forma se mantiene el valor nutritivo ya que no se produce degradación de los componentes hidrolizados. Lo anterior explicaría las semejanzas observadas en la composición de aminoácidos del aislado y los hidrolizados proteínicos.

Cuadro 4. Composición de aminoácidos de un aislado e hidrolizados (enzimáticos) proteínicos de frijol (g de aminoácido/100 g de proteína).

Aminoácido	AP*	HAF*	HPP*	AP de frijol**
Ácido aspártico+ (D)	13.58 ± 0.39	11.95 ± 0.12	12.40 ± 0.13	12.44
Ácido glutámico++ (E)	17.66 ± 0.50	14.49 ± 0.31	16.31 ± 0.20	16.48
Serina (S)	6.96 ± 0.37	7.01 ± 0.15	7.16 ± 0.14	6.79
Histidina (H)	2.85 ± 0.13	2.71 ± 0.16	3.16 ± 0.01	2.73
Glicina (G)	4.32 ± 0.01	4.10 ± 0.05	4.52 ± 0.05	4.11
Treonina (T)	4.34 ± 0.07	4.26 ± 0.06	4.33 ± 0.04	4.14
Triptófano (W)	0.87 ± 0.02	2.60 ± 0.05	2.03 ± 0.02	0.88
Arginina (R)	6.15 ± 0.03	5.94 ± 0.08	5.79 ± 0.02	5.52
Alanina (A)	4.75 ± 0.06	4.77 ± 0.06	4.59 ± 0.09	4.43
Prolina (P)	4.48 ± 0.24	4.67 ± 0.24	4.25 ± 0.21	4.13
Tirosina (Y)	2.88 ± 0.02	3.11 ± 0.04	3.11 ± 0.05	2.58
Valina (V)	4.89 ± 0.02	5.75 ± 0.08	5.01 ± 0.05	4.81
Metionina (M)	0.21 ± 0.05	0.26 ± 0.04	0.38 ± 0.07	1.16
Cistina (C)	0.11 ± 0.01	0.33 ± 0.05	0.60 ± 0.07	1.05
Isoleucina (I)	4.10 ± 0.04	4.90 ± 0.08	4.27 ± 0.04	4.14
Leucina (L)	8.71 ± 0.11	9.72 ± 0.15	8.92 ± 0.08	8.23
Fenilalanina (F)	5.88 ± 0.02	6.54 ± 0.07	5.83 ± 0.05	5.23
Lisina (K)	7.26 ± 0.07	6.89 ± 0.13	7.32 ± 0.07	7.67

+Se reporta ácido aspártico + asparragina.

++Se reporta ácido glutámico + glutamina.

*Se presenta el promedio de tres análisis diferentes.

**Morales de León y col. (2007)

Precisión del método analítico.

La repetitividad del método analítico para la determinación del contenido de aminoácidos se evaluó, analizando 3 réplicas de una muestra, en una única sesión de trabajo. Para evaluar la dispersión entre las cuantifi-

caciones realizadas se calculó el coeficiente de variación (CV). Los valores de CV se presentan en el cuadro 5. De manera general se obtuvieron valores de CV menores o iguales al 5%. Estos valores de CV son indicativos de que los factores susceptibles de influir sobre los resultados del análisis de cuantificación de aminoácidos, tales como errores asociados al analista, al instrumental, a la preparación de reactivos, etc.; no afectaron en sobremanera los resultados obtenidos. Con base en lo anterior puede considerarse a los métodos analíticos implementados como precisos y reproducibles, dentro del intervalo de concentraciones (50 a 2000 pmol) evaluado.

Cuadro 5. Coeficientes de variación de los datos obtenidos de la composición de aminoácidos de un aislado e hidrolizados (enzimáticos) proteínicos de frijol.

Aminoácido	AP*	HAF*	HPP*
	CV (%)		
Ácido aspártico+ (D)	2.94	1.00	1.01
Ácido glutámico++ (E)	2.87	2.09	1.20
Serina (S)	5.08	2.11	1.89
Histidina (H)	4.32	5.62	0.16
Glicina (G)	0.12	1.11	1.02
Treonina (T)	1.53	1.29	0.95
Triptófano (W)	0.43	1.36	0.42
Arginina (R)	1.34	1.15	1.95
Alanina (A)	5.09	4.92	5.20
Prolina (P)	0.77	1.30	1.64
Tirosina (Y)	0.36	1.40	0.89
Valina (V)	4.58	3.04	5.51
Metionina (M)	0.68	3.45	4.70
Cistina (C)	0.92	1.52	0.89
Isoleucina (I)	1.02	0.35	0.19
Leucina (L)	1.27	1.53	0.87
Fenilalanina (F)	0.29	1.03	0.89
Lisina (K)	1.00	1.89	0.97

+Se reporta ácido aspártico + asparragina.

++Se reporta ácido glutámico + glutamina.

*Se presenta el promedio de tres análisis diferentes.

Conclusiones.

Se validaron métodos para la determinación y cuantificación de aminoácidos mediante HPLC-RP, empleando una hidrólisis ácida y el agente derivatizante etoximetilenmalonato de dietilo (EMMDE) para una mezcla de 17 aminoácidos, y una hidrólisis alcalina para el triptófano. Los coeficientes de correlación obtenidos para las curvas de calibración (superiores a 0.99) indicaron la adecuada linealidad de los métodos. El intervalo de linealidad fue de cuatro órdenes de concentración, de 50 a 2000 pmol. La precisión evaluada a nivel de repetitividad registro coeficientes de variación menores a 5%. Tanto la hidrólisis ácida y derivatización con etoximetilenmalonato de dietilo, así como la hidrólisis alcalina; son alternativas adecuadas para procesar muestras que posteriormente pueden ser analizadas empleando HPLC-RP, método recomendable para identificar y cuantificar aminoácidos cuando su concentración sea del orden de pmol.

Referencias.

- Alaiz, J., Navarro, L., Girón, J., Vioque, E. (1992). Amino acid analysis by high-performance liquid chromatography after derivatization with diethyl ethoxymethylenemalonate. *Journal of Chromatography*, 591:181-186.
- Ashworht, R.B. (1987). Amino acid analysis for meat protein evaluation. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 70, 80-85.
- Chicón, R., Hermosin, I., Cabezudo, M.D. (2001). Método de análisis de los aminoácidos libres y del ion amonio en vinos y mostos, por HPLC tras derivatización con etoximetilenmalonato de dietilo (EMMDE). *Tecnología del Vino* 1, 95-100.
- Filipi-Ribeiro, L., Mendes-Faia, A. (2007). Validation and comparison of analytical methods used to evaluate the nitrogen status of grape juice. *Food Chemistry*, 100: 1272-1277.
- Herbert, P., Barros, P., Ratola, N., Aalves, A. (2000). HPLC determination of amino acids in musts and port wine using OPA/FMOC derivatives. *Journal of Food Science*, 65(7): 1130-1133.
- Hermosin, I., Chicón, R., Cabezudo, D. (2003). Free amino acids and botanical origin of honey. *Food Chemistry*. 83, 263-268.
- Manninen, A. (2004). Protein hydrolysates in sports and exercise: A brief review. *Journal of Sports Science and Medicine*. 3: 60-63.
- Montgomery, D. (2003). Diseño y análisis de experimentos. Grupo Editorial Iberoamericana. México, D.F. pp. 14-27.

Molnár-Perl, I. (1999). Advances in the analysis of tryptophan and its related compounds by chromatography. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 467, 801-816.

Morales de León, J.C., Vásquez, M.N., Torres, N., Gil, Z.L., Bressani, R. (2007). Preparation and characterization of protein isolate from fresh and hardened beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Food Science*, 72(2): 96-102.

Ramos, R.G., Alvarez,-Coque, G.C. (2001). *Quimiometría*. Ed. Síntesis. España. 5, 123-132.

Sánchez, V.R., Clemente, V.J., Bautista, J., Millán, F. (1999). Protein isolates from chickpea (*Cicer arietinum* L.): chemical composition, functional properties and protein characterization. *Food Chemistry*, 64:237-43.

Yust, M., Pedroche, J., Girón-Calle, J., Vioque, J., Millán, F., Alaiz, M. (2004). Determination of tryptophan by high-performance liquid chromatography of alkaline hydrolysates with spectrophotometric detection. *Food Chemistry*, 85: 317-320.

INSTRUCCIONES A LOS AUTORES

La Revista de la FIQ es una revista multidisciplinaria de difusión científica y tecnológica que considera para publicación trabajos originales y revisiones en cualquier área de la ciencia o la tecnología. Los ARTÍCULOS describen un estudio completo y definitivo. Una NOTA un proyecto completo, pero más corto, que se refiere a hallazgos originales o importantes modificaciones de técnicas ya descritas. Un ENSAYO trata aspectos relacionados con la ciencia pero no está basado en resultados experimentales originales. Una REVISION es un artículo que comenta la literatura más reciente sobre un tema especializado. La sección AVANCES DE INVESTIGACIÓN está dirigida a comunicaciones cortas de resultados que requieran una publicación rápida. Las secciones EDITORIAL y OPINION están abiertas a toda la comunidad científica.

Los trabajos deberán ser enviados a Periférico Nte. Km 33.5, Tablaje Catastral 13615, Col. Chuburna de Hidalgo Inn, C.P. 97203. Mérida, Yucatán México, Facultad de Ingeniería Química o al correo electrónico revista@fiq.uady.mx. La aceptación de los trabajos está basada en el contenido técnico-científico y sobre la presentación del material de acuerdo a las normas editoriales de la revista. Se aceptarán trabajos escritos en español. Todos los artículos deben tener un resumen.

Someter un trabajo a publicación implica que el mismo no ha sido publicado ni ha sido enviado en revistas de impacto similar. Se publican preferentemente artículos inéditos; sin embargo podrán ser considerados también, los artículos que hayan sido presentados en congresos, seminarios, o convenciones, siempre y cuando cumplan con los lineamientos. Los autores deben enviar una copia del texto aceptado y corregido en formato electrónico con su correspondiente medio de almacenamiento y una copia impresa indicando el lugar exacto de los Cuadros y Figuras.

Los trabajos que se publican en la Revista de la FIQ deberán contener los componentes que a continuación se indican, empezando cada uno de ellos en página aparte: Página del título, Resumen en español, Texto, Agradecimientos, Literatura citada, Cuadros y Figuras

PÁGINA DEL TÍTULO. Debe contener a) el título del trabajo, que debe ser conciso pero informativo; b) nombre(s) y apellidos de cada autor, acompañados de su afiliación institucional; c) nombre del departamento o departamentos y la institución o instituciones a los que se debe atribuir el trabajo; d) declaraciones de descargo de responsabilidades, si las hay; e) nombre y dirección del autor y correo electrónico a quien deben dirigirse las solicitudes de separatas, y f) origen del apoyo recibido en forma de subvenciones, equipo y otros.

RESUMEN EN ESPAÑOL. Los artículos de difusión científica y notas de investigación deberán incluir un resumen que no pase de 250 palabras. Se indicarán los propósitos del estudio o investigación; los procedimientos básicos y la metodología empleada; los resultados más importantes encontrados, y de ser posible, su significación estadística y las conclusiones principales. A continuación del resumen, en punto y aparte, agregue debidamente rotuladas, de 3 a 10 palabras o frases cortas clave que ayuden a los indicadores a clasificar el trabajo, las cuales se publicarán junto con el resumen.

TEXTO. Las tres categorías de trabajos que se publican en la revista de la FIQ consisten en lo siguiente:

a) **ARTÍCULOS CIENTÍFICOS.** Deben ser informes de trabajos originales derivados de resultados parciales o finales de investigaciones. El texto del Artículo científico se divide en secciones que llevan estos encabezados:

Introducción

Materiales y Métodos

Resultados y discusión

Conclusiones o implicaciones

En los artículos que así lo requieran puede ser necesario agregar subtítulos dentro de estas divisiones a fin de hacer más claro el contenido, sobre todo en las secciones de Resultados y Discusión, las cuales pueden presentarse como una sola sección.

b) **NOTAS DE INVESTIGACIÓN.** Deben ser breves, pueden consistir en modificaciones a técnicas, informes de casos de interés especial, preliminares de trabajos o estudios en desarrollo; así como resultados de investigación que a juicio de los editores deban así ser publicados. El texto contendrá la misma información del método experimental señalado en el inciso a), pero su redacción será corrida del principio al final del trabajo; esto no quiere decir que sólo se supriman los subtítulos, sino que se redacte en forma continua y coherente.

c) **REVISIONES BIBLIOGRÁFICAS.** Consisten en el tratamiento y exposición de un tema o tópico relevante, actual e importante. Su finalidad es la de resumir, analizar y discutir, así como poner a disposición del lector información ya publicada sobre un tema específico. El texto se divide en: Introducción, (las secciones que correspondan al desarrollo del tema en cuestión) y Discusión.

AGRADECIMIENTOS. Siempre que corresponda, se deben especificar las colaboraciones que necesitan ser reconocidas, tales como a) la ayuda técnica recibida; b) el agradecimiento por el apoyo financiero y material, especificando la índole del mismo; c) las relaciones financieras que pudieran suscitar un conflicto de intereses. Las per

sonas que colaboraron pueden ser citadas por su nombre, añadiendo su función o tipo de colaboración; por ejemplo: “Asesor científico”, “revisión crítica de la propuesta para el estudio”, “recolección de datos”, etc.

LITERATURA CITADA. Las referencias a trabajos publicados deberán ser indicadas en el lugar apropiado en el texto, empleando el apellido del autor (es) y el año de publicación. Sólo utilice dos apellidos como máximo. En caso de existir más de dos autores, utilice el apellido del primer autor seguido de la abreviación et al. Liste las referencias en riguroso orden alfabético por autor al final del texto y antes de las ilustraciones. Los títulos abreviados de las revistas periódicas deberán seguir el formato usado en el Chemical Abstracts.

Para algunos ejemplos de referenciación solicitar la presentación electrónica a la siguiente dirección electrónica revista@fiq.uady.mx.

CUADROS, GRÁFICAS E ILUSTRACIONES. Es preferible que sean pocos, concisos, contando con los datos necesarios para que sean autosuficientes, que se entiendan por sí mismos sin necesidad de leer el texto. Se presentarán uno en cada hoja. Para las notas al pie se deberán utilizar los símbolos convencionales.

VERSIÓN FINAL. Es el documento en el cual los autores ya integraron las correcciones y modificaciones indicadas por el Comité Revisor. Se deberá entregar un solo original en hojas blancas, así como en un medio de almacenamiento. Los trabajos deberán ser elaborados con el procesador de texto de su preferencia en formato rtf. Las gráficas y figuras se deberán entregar como imagen en formato tiff por separado con una resolución mínima de 150 dpi.

Los trabajos no aceptados para su publicación se regresarán al autor, con un anexo en el que se explicarán los motivos por los que se rechaza o las modificaciones que deberán hacerse para ser reevaluados.

UNIDADES. Deberán ser expresadas de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana: NOM-008-SCFI-2002.

Cualquier otra abreviatura se pondrá entre paréntesis inmediatamente después de la(s) palabra(s) completa(s).

Los nombres científicos y otras locuciones latinas se deben escribir en cursivas.

Algunos Ejemplos Formato de Referencias:

Libro

Autor/editor (año de publicación). Título del libro (edición) (volumen). Lugar de publicación: editor o casa publicadora.

Ejemplo: Selltiz, C., Jahoda, M., Deutsch, M. y Cook, S. W. (1976). Métodos de investigación en las relaciones sociales (8a. ed.). Madrid: Rialp.

Artículo o capítulo dentro de un libro editado

Autor/editor (año de publicación). Título del artículo o capítulo. En Título de la obra (números de páginas) (edición) (volumen). Lugar de publicación: editor o casa publicadora.

Ejemplo: Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (1998). Recolección de los datos. En Metodología de la investigación (pp. 233-339). México: McGraw-Hill.

Artículo en un libro de congreso:

Marsh, S. (1994). Optimism and pesimism in trust. En Iberamia 94. IV Congreso de Inteligencia Artificial (Comp.)(pp. 286-297). Caracas: McGraw-Hill.

Artículo de revista científica

Autor (año de publicación). Título del artículo. Título de la revista, volumen (número de la edición), números de páginas.

Ejemplo: Parra, R. E. y González, A. (1994). Magnetismo en aleaciones metálicas diluidas. CIENCIA, 3(2), 67-74.

Documentos electrónicos, bases de datos y programas de computadoras

Autor/responsable (fecha de publicación). Título (edición), [tipo de medio]. Lugar de publicación: editor. Disponible en: especifique la vía [fecha de acceso].

Ejemplo: Hernández, M. E. (1998). Parque Nacional Canaima, [en línea]. Caracas: Universidad Central de Venezuela. Disponible en: <http://cenamb.rect.ucv.ve/siamaz/dicciona/canaima/canaima2.htm> [2000, 3 de junio].

El editor en jefe revisará los trabajos recibidos y aquellos trabajos que no cumplan con el formato solicitado no serán enviados a revisión de texto hasta que no cumplan con el mismo. El comité editorial revisará el contenido del trabajo y determinará la aceptación del mismo de acuerdo con los lineamientos de la revista. Cuando así lo requieran se solicitarán modificaciones a la forma de la presentación y se harán sugerencias al fondo del contenido. Los autores revisarán estas sugerencias y en caso de considerar que son pertinentes, harán las correcciones necesarias y enviarán el trabajo corregido. en caso de considerar que las sugerencias no son pertinentes, los autores enviaran por escrito los comentarios y la justificación por la cual no consideran hacer las correcciones y quedará a juicio del comité editorial la aceptación del trabajo. el contenido de los trabajos es responsabilidad de los autores.

