

Asistente Virtual como Herramienta Inclusiva en la Preparación al Examen de Admisión de Educación Superior

M.S.I. José Alejandro Vargas-Díaz¹, M.I.S.D. Carlos Alberto Olmos Trejo², Dra. Gabriela Xicoténcatl Ramírez³,
M.I.S.D. Jesús Armando Rincones⁴ y Adrián René Zavaleta Durán⁵

Resumen— Los asistentes de voz virtuales se han convertido en poderosas herramientas que permiten a los usuarios realizar ciertas actividades simples a través de rutinas, con el simple uso de un comando de voz que es interpretado por un dispositivo físico o un teléfono móvil, esto ha permitido que el acercamiento de mayor flexibilidad para todos los usuarios, incluidos aquellos que presentan una discapacidad que no les permite leer o interpretar una interfaz de usuario. El objetivo de esta investigación fue el realizar un análisis del examen de admisión a la Universidad Autónoma de Querétaro, con el propósito de determinar que tan inclusivo era para personas con discapacidad visual, e identificar como los asistentes virtuales de voz podrían apoyar en hacer más inclusiva y accesible la guía de estudio para el ingreso a la Universidad. El resultado de esta investigación fue la construcción de una skill de Alexa que a través de una base de datos de reactivos inclusivos, permite a cualquier persona con o sin discapacidad visual, estudiar la guía de ingreso a la Universidad Autónoma de Querétaro.

Palabras clave—Asistentes virtuales, inclusión, examen de admisión, discapacidad visual.

Introducción

Actualmente, las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) están presentes en muchas de las actividades humanas, se puede observar su creciente uso en la calle o incluso en el transporte público, con personas observando videos bajo demanda, jugando videojuegos y haciendo videollamadas. La democratización de la tecnología permite que, a través de un teléfono inteligente o a través de dispositivos especiales equipados con altavoces y micrófono, se pueda tener acceso a asistentes virtuales que interactúan a través de la voz. Los asistentes virtuales más comunes son *Alexa* de Amazon, *Google Assistant* de Google y *Siri* de Apple (Palacios Bayas et al, 2020). Un asistente virtual es un software que, utilizando comando de voz, ayuda al usuario en actividades cotidianas, como enviar mensaje de texto, hacer llamadas telefónicas establecer alarmas y recordatorios. Los asistentes virtuales, por sus características, son una tecnología dinámica que detecta comandos de voz y genera la mejor respuesta con la información del usuario (Chauhan, 2020). Por esta razón es necesario y resulta imprescindible el construir herramientas que permitan tener una interacción más natural con las personas.

Los asistentes virtuales permiten que se desarrollen y desplieguen aplicaciones llamadas *skills*, a través de estas se incrementan las capacidades y la cantidad de comandos a los que los asistentes pueden responder (Pérez et al, 2020). El hecho de que los asistentes virtuales con el simple uso de un comando de voz que es interpretado por un dispositivo físico o un teléfono móvil, esto ha permitido que el acercamiento de mayor flexibilidad para todos los usuarios, incluidos aquellos que presentan una discapacidad que no les permite leer o interpretar una interfaz de usuario.

Como parte del proceso de admisión para el ingreso a alguna de las carreras ofertadas por la Facultad de Informática de la Universidad Autónoma de Querétaro a nivel licenciatura, se realiza el Examen de Competencias Básicas EXCOBA. Este examen se aplica de forma computarizada y está diseñado a través de una interfaz que muestra las preguntas y las posibles respuestas de opción múltiple en la pantalla, Los reactivos pueden contener texto e imágenes fijas a color, como mapas, diagramas, gráficas, ecuaciones matemáticas, etc. El tiempo requerido para contestar es de 180 minutos.

¹ M.S.I. José Alejandro Vargas-Díaz es Profesor de Programación en la Facultad de Informática de la Universidad Autónoma de Querétaro, México. alejandro.vargas@uaq.mx (autor corresponsal)

² M.I.S.D. Carlos Alberto Olmos Trejo es Profesor Investigador en la Facultad de Informática de la Universidad Autónoma de Querétaro, México. caolmos@uaq.mx

³ Dra. Gabriela Xicoténcatl Ramírez es Profesora Investigadora en la Facultad de Informática de la Universidad Autónoma de Querétaro, México. gabyxico@uaq.mx

⁴ M.I.S.D. Jesús Armando Rincones es Profesor Investigador en la Facultad de Informática de la Universidad Autónoma de Querétaro, México. armando.ricones@uaq.mx

⁵ Adrián René Zavaleta Durán es alumno de la Ingeniería de Software de la Facultad de Informática de la Universidad Autónoma de Querétaro, México. zavaleta.adrian15@gmail.com

Uno de los propósitos del examen es evaluar el aprendizaje que adquieren los estudiantes en nivel primaria, secundaria y bachillerato (Backhoff, Et al, 2000). El EXCOBA trata de evaluar la comprensión de las ideas, plantear dilemas que evoquen procesos de pensamiento en los que se requiera entender, juzgar y crear respuestas (Backhoff, Et al, 2016). Esto lo hace a través del uso de elementos y procedimientos estandarizados, automatizados, válidos y confiables como lo son los reactivos de opción múltiple que proporcionan objetividad y rapidez para calificar las respuestas.

El contar con elementos y procedimientos estandarizados durante el proceso de admisión, no representa necesariamente que exista una igualdad de condiciones entre los aspirantes, ya que las personas con discapacidad visual presentan condiciones de desigualdad al preparar y presentar el examen de habilidades y conocimientos básicos para el ingreso a un programa educativo de educación superior. A todos los aspirantes se les proporciona una guía del examen para prepararse en la metodología y dinámica del examen, pero los aspirantes con discapacidad visual requieren que los reactivos de dicha guía y posteriormente los reactivos del examen se adapten a su discapacidad, se requiere que los reactivos sean de fácil lectura o que existan otras alternativas de apoyo para ellos.

La UNESCO sostiene que la educación es un bien público, un derecho humano fundamental, propone a las universidades "Asegurar una educación de calidad, inclusiva y equitativa y promover las oportunidades de aprender para todos durante toda la vida" (UNESCO, 2015). Alineada a la declaración de la UNESCO, la Universidad Autónoma de Querétaro, considera que el énfasis de la educación debe orientarse a la inclusión e igualdad. Por esta razón crea el área de Atención a Estudiantes con Discapacidad (ATEDI), que apoya a los aspirantes a ingresar a un programa educativo de Licenciatura o Bachillerato. En el periodo 2019-2020 hubo 4 aspirantes a programas de licenciatura (3 con discapacidad visual y 1 con discapacidad auditiva), de los cuales ingresaron solamente 2. Para el periodo 2020-2021 se presentaron 5 aspirantes de licenciatura (2 con discapacidad visual, 1 con discapacidad auditiva, 1 con discapacidad motriz y 1 con discapacidad psicosocial) y 2 aspirantes de bachillerato (con discapacidad visual). Las actividades que ha realizado la ATEDI es dar tutorías para preparar a los aspirantes con discapacidad para presentar el examen de ingreso, de la misma forma, a los aspirantes con discapacidad visual los acompaña realizando las lecturas de los reactivos durante la presentación del examen EXCOBA (García, 2022).

Como se puede observar, año con año la cantidad de aspirantes con una discapacidad está creciendo y de forma particular las personas con discapacidad visual presentan condiciones de desigualdad al preparar y presentar el examen de habilidades y conocimientos básicos para el ingreso a un programa educativo de educación superior. Es por esta razón que en la búsqueda de eliminar la brecha que existe en las condiciones de desigualdad en los aspirantes con discapacidad a nivel nacional, impulsar la inclusión de las personas con discapacidad en el nivel de educación superior en el estado de Querétaro; así como, incrementar las condiciones de accesibilidad para los aspirantes discapacitados a ingresar a un programa educativo de educación superior, y haciendo uso de las Tecnologías de Información, se quiere realizar un proyecto que apoyará a los aspirantes con discapacidad visual a preparar el examen de ingreso a través una plataforma tecnológica que con base a una skill para asistentes virtuales (Alexa o Google home) haga uso de los reactivos adaptados de acuerdo a un modelo para la construcción de reactivos inclusivos con respuestas de opción múltiple.

Descripción del Método

Para el desarrollo de la skill se siguió el método de desarrollo de cascada, en este método se realizan varias fases del modelo de desarrollo de software, cada fase se debe de terminar antes de ir a la siguiente fase. Las fases para realizar son: Análisis, Diseño, Implementación, Verificación y Mantenimiento. Las fases del proceso de desarrollo se realizaron para uno de los elementos de la aplicación: base de datos, *Intents* y *Utterances*, estos dos últimos considerados para la definición del flujo y de las acciones a realizar a través de la *skill*.

Para la etapa de análisis, se analizó el examen de admisión excoba implementado en la Universidad Autónoma de Querétaro, se utilizó de base las guías proporcionadas en los periodos 2020 y 2021, como parte del análisis se pudieron identificar aquellos reactivos que no eran inclusivos o compatibles con el asistente virtual de voz, ya que existen algunos elementos que son auxiliados por imágenes y que no podrían ser representados en un comando de voz. Se contó con la colaboración del departamento de inclusión de la Universidad y en conjunto con su experiencia y apoyo se incluyeron los reactivos sugeridos por el departamento y que eran adecuados para una persona con discapacidad visual.

En la etapa de diseño se realizó una propuesta de diseño de interfaz de voz de usuario, a través de la que se definió el flujo de actividades, dentro de este proceso se determinó el número adecuado de preguntas que se podrían realizar para abarcar todas las competencias a evaluar y que el proceso de auto estudio no fuera largo o tedioso. De igual forma se definieron los comandos de invocación de la skill, los diálogos y palabras clave que detonarían las diferentes funciones. Una vez diseñado el flujo se procedió a una etapa de implementación que consistió en la construcción de la skill en el lenguaje de programación, la conformación de un archivo JSON que cumple la función de base de datos de reactivos y las alternativas que podrían existir en las posibles ejecuciones de la skill.

Para conformar la base de datos, se comenzó con la obtención de preguntas y respuestas, mismas que se tomaron de las guías de estudio del examen de ingreso de los periodos 2020 y 2021, se conformó una base de datos con todos los reactivos de cada guía y se clasificaron de acuerdo con las competencias básicas evaluadas en el examen, de la misma forma se clasificaron por programa de estudios ofertados en la Universidad Autónoma de Querétaro.

En la etapa de verificación, se realizaron pruebas con pequeños grupos de control que presentaban una discapacidad visual, de esta manera con las ejecuciones se pudieron identificar áreas de mejora y vicios de programación. Se tomó en consideración la opinión del grupo de control misma que nos llevo a un proceso de rediseño de la skill, principalmente en el proceso de ejecución y repetición de preguntas. En la etapa de mantenimiento se realizó un monitoreo de las ejecuciones para la detección de otros errores no vistos durante la implementación y para las pruebas posteriores de validación que se realizaron. Una vez realizadas estas etapas, se procedió a la liberación de forma publica de la skill.

Resultados

El resultado de la presente investigación fue una *skill* para el asistente inteligente Alexa, a través de la cuál cualquier aspirante con discapacidad visual puede realizar una prueba de 25 preguntas donde se evaluarán las competencias contempladas en el examen de admisión a la Universidad Autónoma de Querétaro, al finalizar la prueba el asistente dará a conocer los resultados y así el aspirante podrá identificar cuáles serán las competencias que debe fortalecer o en su defecto podrá ejecutar una nueva prueba para seguir estudiando. Algo importante a destacar en la *skill*, es que se puede ejecutar tantas veces como se considere necesario, se cuenta con una base de datos de reactivos con alrededor de 100 preguntas y respuestas por cada competencia a evaluar y se tiene considerado a futuro seguir agregando preguntas y respuestas para fortalecer dicha base de datos.

Para iniciar la skill es necesario inicialmente instalar la *skill* en el dispositivo donde se ejecutará e iniciarla con las palabras: “Alexa: abre guía de examen / abre examen EXCOBA” una vez que se ha indicado está instrucción el asistente procederá a preguntar la Facultad para la cual se desea realizar la prueba como se puede observar en la imagen 1. La posibilidad de elegir la Facultad se debe a que los exámenes se componen de acuerdo con las competencias a evaluar de acuerdo con el programa de estudios al que se desea ingresar.



Imagen 1. Imagen ejemplo de ejecución de la *skill*. Fuente: Elaboración propia.

Dentro del flujo de ejecución de la *skill* es posible solicitar al asistente que repita la pregunta, esto considerando que algo de la pregunta no haya quedado claro o que sea necesario escuchar nuevamente las posibles respuestas, de igual

forma no existe un límite para la cantidad de veces que sea necesario se repita una pregunta y sus respuestas. En el caso de no obtener una respuesta el asistente repetirá la última pregunta realizada y si nuevamente no obtiene una respuesta, procederá a finalizar la ejecución de la *skill*.

Comentarios Finales

La construcción de esta *skill* representó un reto importante ya que adicional a ver un efecto positivo con la aplicación de las pruebas piloto. También se pudo identificar una necesidad creciente de lo necesario que es hacer accesibles todas las tecnologías de información hacia todas las personas y que no necesariamente una forma de hacerla accesible para una, significa que será compatible con otra. Un ejemplo de lo anterior es que, aunque la *skill* se diseñó principalmente para hacer accesible la guía para personas con discapacidad visual, la guía también fue de utilidad para personas con discapacidad motriz, lo cual amplió el alcance de nuestro proyecto de forma positiva.

Se pudo observar que es muy compleja la búsqueda de una solución única que pueda impactar incluso a un solo tipo de discapacidad, ya que existen necesidades muy específicas y precondiciones que cambian los requerimientos iniciales y que no es posible englobar todo en una solución única, sino hacer variantes que permitan al usuario personalizar la herramienta de acuerdo con sus necesidades.

Referencias

- Backhoff, E., Larrazolo, N. y Rosas, M. (2000). Nivel de dificultad y poder de discriminación del Examen de Habilidades y Conocimientos Básicos (EXHCOBA). *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 2 (1).
- Backhoff Escudero, E., Larrazolo Reyna, N., & Tirado Segura, F. (2016). Desarrollo y validación de un Generador Automático de Reactivos de respuesta construida para elaborar exámenes computarizados de ingreso a la educación superior
- Benito, B., & Salinas, J. (2016). La Investigación Basada en Diseño en Tecnología Educativa. En *Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*. <https://doi.org/10.6018/riite2016/260631>
- Colina, L. C. (2015). La investigación en la educación superior y su aplicabilidad social. *Revista de Educación Inclusiva*, 13(25), 230–250. Recuperado de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/revista?codigo=314>
- Django. (2021). Django documentation. Recuperado de Django Software Foundation website: <https://docs.djangoproject.com/en/3.2/>
- Durán-Cazar, J., Tandazo-Gaona, E., Morales-Morales, M., & Morales, C. S. (2019). Rendimiento de bases de datos columnares. *Ingenius*, (22), 47–58. <https://doi.org/10.17163/ings.n22.2019.05>
- Dybå, T., & Dingsøy, T. (2008). Empirical studies of agile software development: A systematic review. *Information and Software Technology*, 50(9–10), 833–859. <https://doi.org/10.1016/J.INFSOF.2008.01.006>
- Echazarreta Soler, C., Prados, F., Poch García, J., & Soler, J. (2009). La competencia “El trabajo colaborativo”: una oportunidad para incorporar las TIC en la didáctica universitaria. Descripción de la experiencia con la plataforma ACME (UdG). *UOC Papers: revista sobre la sociedad del conocimiento*, (8), 3.
- Ecma. (2020). ECMA Script 2020. Language Specification. Recuperado de <https://www.ecma-international.org/wp-content/uploads/ECMA-262.pdf>
- García, T. (2022, febrero). Informe (N.o 4). Universidad Autónoma de Querétaro. https://www.uaq.mx/docs/informes_rectoria/4to_informe_TGG/4toInforme_Extenso_TGG.pdf
- Jane, M., Jaramillo, M., & Jesús, M. (2009). El Análisis de redes en el estudio de la colaboración científica. *Redes. Revista Hispana para el Análisis de Redes Sociales*, 17, 39–47.
- Chauhan, K. . (2020). Virtual Assistant: A Review. *International Journal of Research in Engineering, Science and Management*, 3(7), 138–140. Retrieved from <http://www.journals.resaim.com/ijresm/article/view/38>
- Palacios Bayas, J., Bosquez Barcenos, V., & Palacios Bayas, Ángel. (2020). Integración de un asistente virtual en ambientes de vida asistida por computador para personas con discapacidad física. *Revista De Investigación Talentos*, 7(1), 48-61. <https://doi.org/10.33789/talentos.7.1.122>
- Olivera, L. de la C. D., & Alonso, L. M. D. (2021). Modelos de desarrollo de software. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 15(1), 37–51. Recuperado de <https://www.elconspirador.com/2013/08/19/modelos-de-desarrollo-de-software/>
- Ovejero, A. (1990). El Aprendizaje cooperativo: Una alternativa eficaz a la enseñanza tradicional. *Biblioteca universitaria de ciencias sociales. Maior*, p. 334.
- Pérez, M. D. S., Guillén Perales, A., Baños Legrán, O., & Villalonga Palliser, C. (2020). Análisis del uso de asistentes virtuales en el aula como recurso complementario en la práctica docente.
- PRODEP, P. para el desarrollo profesional docente. (2021). Reglas de operación. Recuperado de 2020 website: <https://bit.ly/3hPgURu>
- UAQ. (2019). Conclusiones Primer Coloquio de Investigación y Posgrado UAQ. Recuperado el 26 de noviembre de 2020, de <https://www.uaq.mx/dip/docs/coloquio/conclusiones-1er-coloquio.pdf>

Efecto del Tratamiento Térmico sobre la Microestructura y las Propiedades Mecánicas de un Acero API X80

Ing. Erik Vargas Lobato¹, Dra. Nancy Margarita López Granados², Dr. José Ángel Ramos Banderas³, Dr. Francisco Fernando Curiel López⁴ y Dr. Constantin Alberto Hernández Bocanegra⁵

Resumen— En este estudio se investigó el efecto de la velocidad de enfriamiento sobre la microestructura y las propiedades mecánicas de un acero API 5L X-80 para fabricación de ductos con costura para la industria petroquímica. Con el fin de evaluar el efecto de la microestructura sobre las propiedades mecánicas, se diseñaron y aplicaron diferentes condiciones de tratamiento térmico. Las microestructuras se caracterizaron mediante microscopía óptica –MO- y Microscopía Electrónica de Barrido –MEB-. Los resultados mostraron que cuando el acero es enfriado rápidamente desde la región austenítica, aumenta la Última Resistencia a la Tensión, -UTS- por encima de 1100 MPa debido a la cantidad de martensita formada. En contraste, cuando la velocidad de enfriamiento disminuye, produce una microestructura formada por diversos microconstituyentes (ferrita, martensita, bainita) que disminuyen el UTS (750MPa), pero, mejoran otras propiedades como la ductilidad. Por otra parte, la mejor combinación de propiedades mecánicas se obtuvo cuando el acero presentó una microestructura compuesta por martensita/ferrita en proporciones semejantes debido al efecto combinado de los microconstituyentes.

Palabras clave—Acero X-80, tratamiento térmico, microestructura, propiedades mecánicas.

Introducción.

Los aceros API (American Petroleum Institute), son Aceros de Alta Resistencia y Baja Aleación (HSLA) obtenidos por laminación controlada, los cuales son fabricados bajo norma API 5L y son empleados para la construcción de líneas de tuberías de transporte de energía debido su capacidad de soportar grandes cargas y presiones con la mayor eficiencia posible.

Como resultado del proceso de laminación en caliente, la microestructura de estos aceros está constituida principalmente por ferrita (α) y perlita (P). Posteriormente son sometidos a procesos de deformaciones termo-mecánicas y de soldadura, lo cual conlleva a la modificación microestructural. Algunos autores [1] [2] [3] [4] han estudiado el efecto de la soldadura sobre la microestructura inicial, encontrando como resultado transformaciones de los microconstituyentes que afectan las propiedades mecánicas, así como su rendimiento en operación. Dichos cambios se originan principalmente en la ZAT. Por tal razón, la metalurgia en estos materiales es muy importante, debido al requerimiento de soldabilidad.

Investigaciones recientes [5] [6] [7] señalan que a través de aplicación de un tratamiento térmico antes del proceso de soldadura es posible obtener una microestructura doble fase, con el objetivo de mejorar las propiedades mecánicas permitiendo que estas se mantengan de acuerdo a la norma API en la etapa de procesamiento posterior.

Por lo tanto, en el presente trabajo de investigación se muestran una metodología para evaluar el efecto de diferentes condiciones de tratamiento térmico en un acero API X-80, con el fin obtener la microestructura que permita mantener las propiedades mecánicas en los rangos deseados.

Descripción del Método

Caracterización Microestructural del Acero X80.

El material estudiado, es un acero microaleado con bajo contenido de carbono laminado en caliente. La composición química del acero estudiado es: 0.09% C, 1.62 Mn, 0.002% P, 0.32% Si, 0.026% Cu, 0.29% Cr, 0.29 Ni, 0.014% Mo, 0.036% V, 0.086% Nb y 0.024% Ti. Se cortaron muestras de 2cm x 1.5cm x 1.5cm para el análisis del acero en condición inicial. Las muestras fueron preparadas mediante técnicas de preparación convencional, mientras que la microestructura fue revelada mediante ataque químico con Nital al 3% durante 10 segundos. Posteriormente, se cortaron y prepararon 10 probetas en base a la norma ASTM E8 [8]. Un total de 3 muestras de 2cm x 3 cm x 2.5 cm fueron sometidas a cada una de las condiciones de tratamiento térmico presentadas en la Figura 1. Los cuales consistieron de temple, Figura 1(a), temple y revenido, Figura 1(b) y tratamiento para la obtención de doble fase, Figura 1(c). La caracterización microestructural del acero en condición inicial y posterior al tratamiento térmico se realizó en un microscopio óptico marca Axio Observer (Zeiss Alemania) y análisis mediante microscopía electrónica de barrido marca JEOL JSM-5910 LV. Finalmente, se realizó el maquinado para cada una de las condiciones de tratamiento térmico, así como para el acero en estado inicial las cuales se llevaron a cabo en una fresadora GMT DM6350G. Una vez preparadas las probetas, se enviaron a un taller de maquinado para ser preparadas de acuerdo a la norma ASTM E8. Los ensayos de tensión fueron realizados en una máquina universal INSTRON. 1995. Se realizaron dos ensayos para el material en condición inicial, así como para la cada una de las condiciones de tratamiento térmico empleadas.

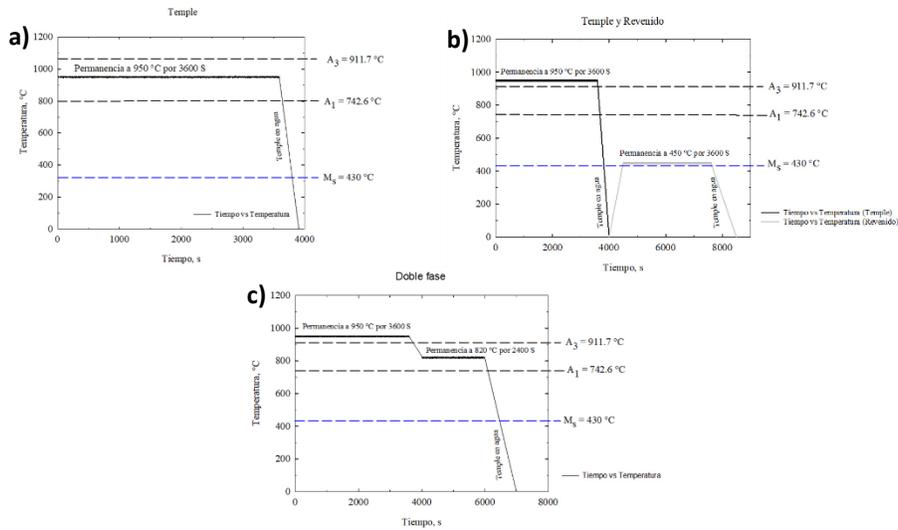


Figura 1.- a) Gráfica de tratamiento térmico de temple, b) Gráfico de temple y revenido y c) Gráfico isotérmico doble fase.

- ¹ Ing. Erik Vargas Lobato es Estudiante de la Maestría en Ciencias en Metalurgia en el Instituto Tecnológico de Morelia, México erik.vargas.lobato95@gmail.com
- ² Dra. Nancy Margarita López Granados profesora de la carrera de ingeniería Mecánica en el Instituto Tecnológico de Morelia nancy.lg@morelia.tecnm.mx
- ³ Dr. José Ángel Ramos Banderas es profesor Investigador SIN de la Maestría en Ciencias en Metalurgia en el Instituto Tecnológico de Morelia jose.rb@morelia.tecnm.mx
- ⁴ Francisco Fernando Curiel López es profesor investigador del Departamento de Soldadura de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo franciscocl7@yahoo.com.mx
- ⁵ Constantin Alberto Hernández Bocanegra es Profesor Investigador SNI Cátedras Conacyt en la Maestría en Ciencias en Metalurgia en el Instituto Tecnológico de Morelia constantin.hb@morelia.tecnm.mx

Análisis mediante microscopía óptica.

En la Figura 2, se muestran las micrografías correspondientes al acero de llegada las cuales fueron obtenidas en la sección longitudinal y transversal, Figuras 2(a) y 2(b) respectivamente. En la a Figura 2 (a), se puede ver que la microestructura presenta una distribución uniforme de los constituyentes ferrita y perlita; mientras que en la Figura 2 (b) se observa la presencia de ferrita en mayor proporción en comparación a la de la sección longitudinal, así como zonas de perlita fina.

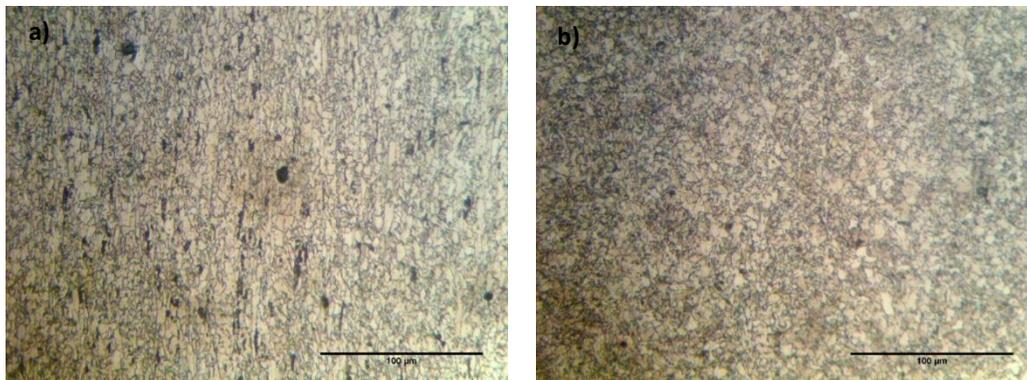


Figura 2. a) Micrografías del acero de llegada a 500X a) sección longitudinal, b) sección transversal. *Análisis mediante Microscopio Electrónico de Barrido (MEB)*

En la Figura 3 se presentan los resultados obtenidos mediante MEB para las muestras de acero en condición de llegada. Como se puede observar en la Figura 3 (a), la microestructura está compuesta por una matriz ferrítica con pequeñas islas de perlita distribuidas homogéneamente. Adicionalmente, en la Figura 3 (b) se puede observar, la presencia del microconstituyente M/A el cual se localiza en las uniones dobles o triples de los granos con morfología de placa. De acuerdo a la literatura [9] el microconstituyente M/A se forma en los puntos triples y los límites de grano. Este tipo de constituyentes en el acero es importante debido a que eleva el UTS. Además, que, en etapas de procesamiento posteriores se transforma a otros productos de descomposición austenítica, lo que permite que se mantengan algunas propiedades mecánicas.

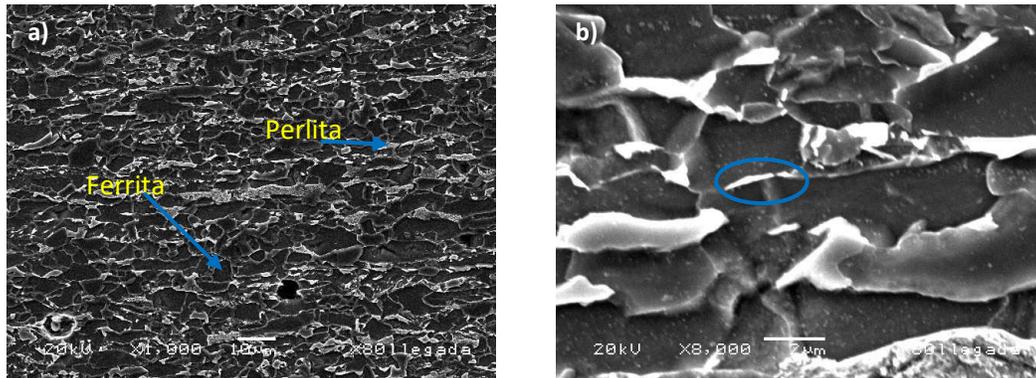


Figura 3. a) Micrografías obtenidas en el MEB del acero en condición inicial a) 1000X, b) 8000X

Análisis microestructural en las muestras sometidas a diferentes tratamientos térmicos.

La Figura 4 presenta una serie de micrografías del acero tratado térmicamente mediante temple. En las imágenes se puede observar el efecto que la elevada velocidad de enfriamiento causa sobre la microestructura, ya que se puede apreciar que está compuesta por dos fases, martensita (en mayor proporción) y ferrita. En la Figura 4 (a) correspondiente al análisis en la superficie de la muestra se puede observar la presencia de martensita acicular, así como pequeñas cantidades de ferrita distribuida homogéneamente en toda la muestra. Por otra parte, en la Figura 4 (b) que corresponde a una posición de $\frac{1}{4}$ de la orilla hacia el centro de la pieza, se observar un aumento en la cantidad de ferrita. Finalmente, en la Figura 4 (c) el cual corresponde al análisis del centro de la pieza, exhibe la presencia de mayor cantidad de la fase ferrita en comparación de la superficie., dicho comportamiento está asociado a la velocidad de extracción de calor, el cual es más severo en la superficie de la pieza.

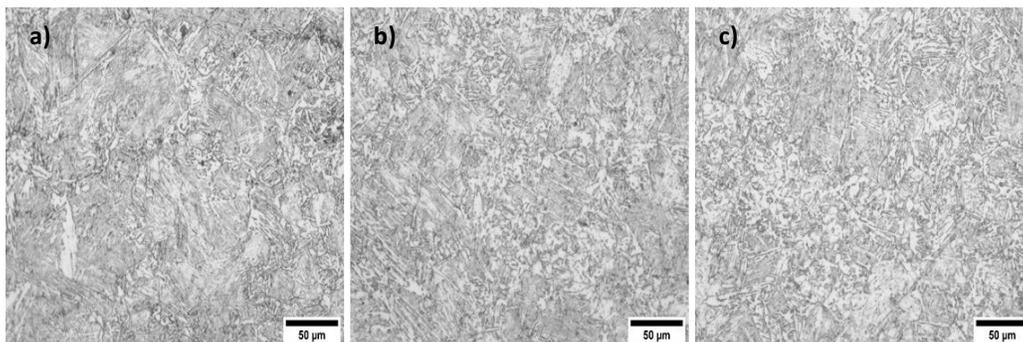


Figura 4.- Microestructura obtenida por medio de MO correspondiente al tratamiento térmico de temple a 500x a) superficie de la muestra, b)1/4 de la orilla, c) centro de la pieza.

En la Figura 5 se presenta los resultados microestructurales para las muestras tratadas mediante temple y revenido. En la Figura 5(a) se puede observar que las fases resultantes son martensita con morfología de agujas y pequeñas cantidades de ferrita de manera similar al tratamiento térmico de temple. Sin embargo, en la Figura 5(b) se

observa que a mayor profundidad (hacia el centro) incrementa la cantidad de ferrita como consecuencia de la velocidad de enfriamiento empleada, la cual se vuelve más significativa a medida que aumenta la profundidad de la pieza, Figura 5(c).

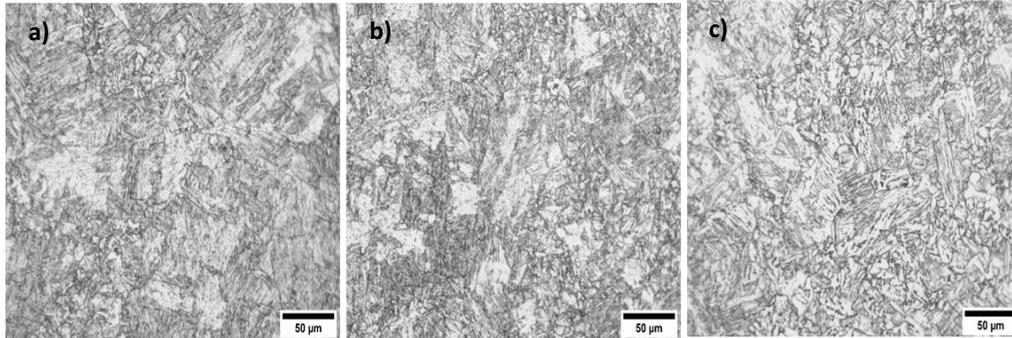


Figura 5.- Microestructura obtenida por medio de MO correspondiente al tratamiento térmico de temple y revenido a 500x a) superficie de la muestra, b)1/4 de la orilla, c) centro de la pieza.

Finalmente, en la Figura 6 se muestra el análisis de las muestras tratadas con el tratamiento térmico 3 (doble fase). Se puede observar que la microestructura está constituida por ferrita y martensita en cantidades semejantes en las 3 zonas analizadas; superficie, 1/4 de la orilla, y centro. El comportamiento observado se debe en gran medida a las condiciones de tratamiento empleadas.

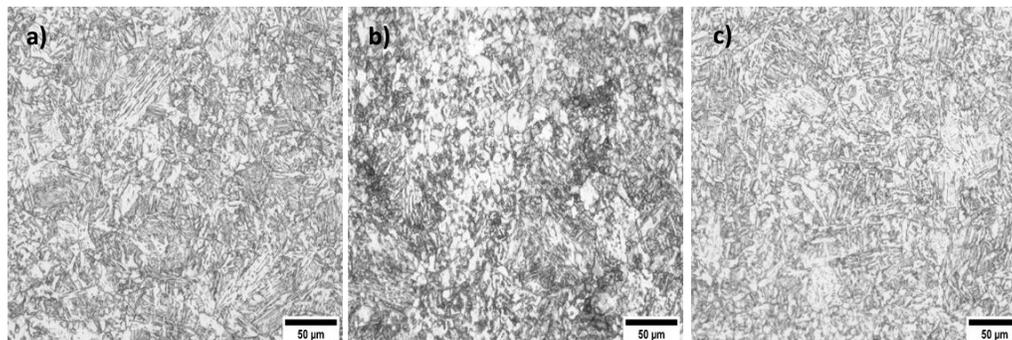


Figura 6.- Microestructura obtenida por medio de MO correspondiente al tratamiento térmico para obtención de aceros doble fase a 500x a) superficie de la muestra, b)1/4 de la orilla, c) centro de la pieza

Resultado de los ensayos mecánicos

Los resultados de las pruebas mecánicas son presentados en la Figura 7. En la Figura 7 se puede observar que todas las condiciones de tratamiento térmico aplicadas al acero permitieron obtener valores de UTS superiores a 700 MPa, por lo tanto, todas satisfacen el requisito de resistencia de los aceros para tuberías de grado X80. En la Figura 7 se muestra que el tratamiento térmico de temple (línea punteada), obtuvo resultados más altos de última resistencia a la tensión (UTS > 950 MPa), lo cual se debe al elevado porcentaje de martensita presente en la microestructura, lo cual sugiere que este tratamiento térmico sería el ideal para mejora a la tracción y/o resistencia. Sin embargo, debido a la cantidad de martensita presente, la ductilidad que presenta es menor (26%). Por otra parte, los resultados obtenidos para el acero expuesto al tratamiento térmico de temple y revenido (línea sesgada) presenta valores de UTS cercanos a los 800 MPa lo cual se debe a la cantidad de martensita presente, pero, a diferencia de la martensita obtenida en el tratamiento térmico de temple, en este caso han sido relevados los esfuerzos debido a la etapa posterior de revenido, lo cual permite elevar el porcentaje de elongación a 30% de deformación. Por último, el tratamiento térmico para la obtención de aceros doble fase (línea sesgada con puntos) mostró un UTS por encima de los 800 MPa y un porcentaje de elongación mayor de 30%, el balance entre las propiedades mecánicas se debe a que se trata de un acero doble fase

compuesto por las fases ferrita y martensita, en cantidades semejantes, lo cual permite obtener buena ductilidad en combinación con un UTS elevado.

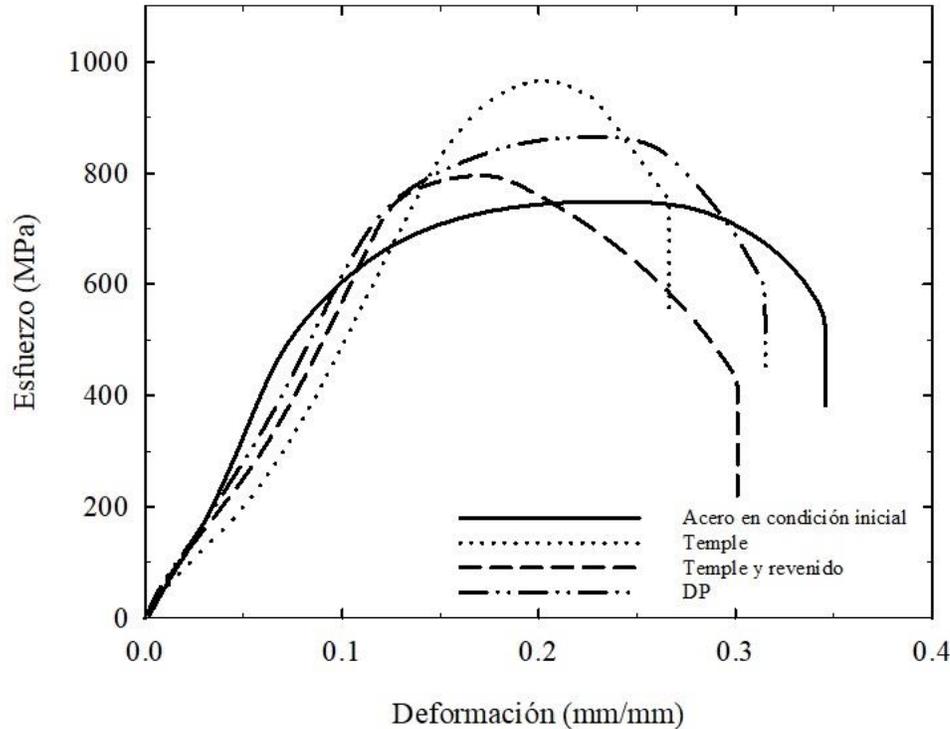


Figura 7.- Graficas obtenidas de los ensayos de tensión; a) Acero en condición inicial > 700 MPa; b) Temple UTS > 950MPa; c) Temple y revenido UTS > 750 MPa; d) Doble fase > 850 MPa.

Comentarios Finales

Resumen de resultados

El diseño de los ciclos térmicos permitió obtener las microestructuras deseadas.

El resultado de las propiedades mecánicas como ultima resistencia a la tracción fueron satisfactorios debido a que este superó los valores obtenidos en el acero en condición inicial.

Conclusiones.

1. Los resultados de los tratamientos térmicos de temple y temple y revenido presentan una microestructura martensítica, sin embargo, se puede observar que en el centro de la pieza aumenta la cantidad de ferrita debido a la velocidad de extracción del calor.
2. El tratamiento térmico de temple es la mejor opción para mejorar el UTS debido al elevado valor alcanzado >950 MPa, lo cual es debido principalmente a la cantidad de martensita formada, sin embargo, disminuye el valor de ductilidad 26%.
3. El tratamiento térmico de temple y revenido mostró mejores resultados de deformación alcanzando valores del 30% y un UTS cercano a los 800 MPa los cuales son mayor a los indicados en la norma API.
4. El tratamiento térmico más adecuado para estos aceros de acuerdo a los resultados obtenidos, es el tratamiento térmico doble fase ya que presenta un equilibrio en sus propiedades mecánicas alcanzando un valor de UTS > 850 MPa y un porcentaje de deformación del 31%, estos resultados se consiguieron debido a las proporciones de las fases ferrita y martensita.

Referencias

- [1] X. J. Di, L. Cai, X. X. Xing, C. X. Chen, and Z. K. Xue, "Microstructure and mechanical properties of intercritical heat-affected zone of X80 pipeline steel in simulated in-service welding," *Acta Metall. Sin. (English Lett.)*, vol. 28, no. 7, pp. 883–891, 2015.
- [2] S. Ragu Nathan, V. Balasubramanian, S. Malarvizhi, and A. G. Rao, "Effect of welding processes on mechanical and microstructural characteristics of high strength low alloy naval grade steel joints," *Def. Technol.*, vol. 11, no. 3, pp. 308–317, 2015.
- [3] T. Mohandas, G. Madhusudan Reddy, and B. Satish Kumar, "Heat-affected zone softening in high-strength low-alloy steels," *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 88, no. 1, pp. 284–294, 1999.
- [4] Z. X. Zhu *et al.*, "Influence of Ti/N ratio on simulated CGHAZ microstructure and toughness in X70 steels," *Sci. Technol. Weld. Join.*, vol. 18, no. 1, pp. 45–51, 2012.
- [5] J. Niu, L. H. Qi, Y. L. Liu, L. Ma, Y. R. Feng, and J. X. Zhang, "Tempering microstructure and mechanical properties of pipeline steel X80," *Trans. Nonferrous Met. Soc. China (English Ed.)*, vol. 19, no. SUPPL. 3, pp. s573–s578, 2009.
- [6] N. Huda, A. R. H. Midawi, J. Gianetto, R. Lazor, and A. P. Gerlich, "Influence of martensite-austenite (MA) on impact toughness of X80 line pipe steels," *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 662, pp. 481–491, 2016.
- [7] A. A. Gorni and J. S. D. S. Reis, "Metalurgia dos aços microligados usados em tubos soldados de grande diâmetro," *Corte e Conform. Met.*, pp. 50–63, 2010.
- [8] ASTM E8, "ASTM E8/E8M standard test methods for tension testing of metallic materials 1," *Annu. B. ASTM Stand.* 4, no. C, pp. 1–27, 2010.
- [9] M. F. G. Ramírez, H. Goldenstein, F. J. G. Landgraf, and A. A. Gorni, "Caracterización y análisis de la evolución del microconstituyente MA en aceros microaleados para tubo api x80 tratado térmicamente," *Cibim*, pp. 2–10, 2009.

Influencia del Tratamiento Termoquímico en la Cinética de Adsorción de Azul de Metilo en Fibra Kapok

Hellen Irais Vasconcelos Chávez¹, M.C Zaritma Yamilet Montejo García², M.C Sarai Alejandro Hernández³, Dr. David Guerrero Zárate⁴

Resumen— Se presentan las cinéticas de adsorción para el azul de metilo en fibra kapok tratada térmicamente con soluciones acuosa de sulfito de sodio. Se determinó la influencia del tiempo de exposición al tratamiento térmico (1 y 2 horas) y la concentración del sulfito de sodio (0 y 1% masa). La fibra tratada se caracterizó mediante difracción de rayos X (DRX), espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier (FTIR) y análisis termogravimétrico (TGA). Los estudios de FTIR demuestran la ausencia de nuevos enlaces formados en las fibras tratadas, mientras que en la DRX el pico de amorficidad a 45.72° indica la presencia de una celulosa del tipo 2. En el TGA se observa una pérdida de peso debido a la evaporación de la humedad, la descomposición de la fibra, quedando cerca de un 20% en masa remanente para los tratamientos con sulfito de sodio. Los resultados del estudio de adsorción se ajustaron a un modelo cinético del tipo $dCa/dt=k*Ca^n$ y se compararon utilizando un análisis de varianza, para determinar si existen diferencias significativas. Se puede concluir que la fibra kapok tratada con sulfito de sodio al 1% masa tiene la mayor capacidad adsorbente a 313.15 K.

Palabras clave—Fibra kapok, Adsorción, Azul de metilo, Sulfito de sodio, cinética

Introducción

Conforme aumenta la población mundial, también aumenta la demanda en la producción de alimentos, ropa, medicamentos, entre otros. Estas industrias generan una gran cantidad de aguas residuales que contienen contaminantes que dañan los ecosistemas y contaminan el agua. En México, de acuerdo con los datos reportados por la SEMARNAT, en el 2016 se generaron 6,860 millones de m³ de aguas residuales, de las cuales fueron tratadas sólo un 34.91%. Uno de los tipos de contaminantes a los que últimamente se ha prestado especial interés, por ser considerado como un indicador de contaminación, son los colorantes. Los colorantes son compuestos químicos básicos, utilizados ampliamente en muchos campos para colorear productos como textiles, cuero, papel, caucho, impresión, plásticos, etc. Se estima que más de 10,000 colorantes y pigmentos se utilizan industrialmente y cerca de 0.7 millones de toneladas de colorantes se sintetizan cada año en todo el mundo (Zhou, Lu, Zhou, & Liu, 2019).

Se han desarrollado varios métodos para la remoción de metales pesados y colorantes en aguas residuales, algunos de estos métodos van desde la filtración por membrana, coagulación química y floculación, tratamiento biológico, intercambio iónico, degradación fotocatalítica y adsorción. Uno de los métodos en los que los últimos años se ha prestado especial interés es la adsorción, esto a causa de que ha demostrado ser un método simple, con una alta eficiencia y capacidad para eliminar una amplia gama de contaminantes orgánicos e inorgánicos hasta niveles muy bajos, además que es económicamente viable (Gapusan & Balela, 2020). El carbón activado es el material más utilizado en la eliminación de colorantes, ha demostrado ser un adsorbente muy eficaz debido a su superficie (300-400 m²/g), pero a causa de su difícil regeneración y alto costo se ha visto limitada su aplicación. En los últimos años se ha intentado la eliminación de colorantes por medio de adsorbentes de bajo costo y abundantes, como arena, cáscara de naranja, cáscara de plátano, residuos de cáscara de pistachos y fibras vegetales esto para buscar adsorbentes apropiados. Uno de estos materiales que ha sido estudiado como un nuevo adsorbente, es la fibra kapok (Liu, Wang, Zheng, & Wang, 2012).

La fibra kapok tiene ventaja sobre otros materiales debido a su bajo costo, biodegradabilidad y su característica hidrofóbica. Los árboles kapok pueden llegar a medir de 60 a 70 metros y pertenece a la familia Bombaceae, sus frutos producen una fibra sedosa de color amarillento con un brillo muy similar al de la cera (Zheng, Wang, Zhu, & Wang, 2015). Esta fibra tiene una composición de 64% de celulosa, 13% de lignina, 8.6% de agua, 1.4-3.5% de ceniza, 4.7-9.7% de sustancias solubles en agua, 2.3-2.5% de xilano y 0.8% de ceras, tiene una pared delgada con un lumen hueco lleno de aire, por lo cual presenta una baja densidad, gran volumen, buena absorción de aceite y una naturaleza repelente al agua (Liu, Wang, Zheng, & Wang, 2012); en la Figura 1 se puede observar un árbol de fibra Kapok, así como el fruto y posteriormente la fibra. Antes de empezar a investigar su capacidad adsorbente, la fibra kapok era utilizada como relleno de ropa de cama, tapicería, salvavidas y otros equipos de seguridad del agua debido a su excelente flotabilidad y para el aislamiento contra el ruido y el calor debido a su lumen (Lim & Huang, 2007).

La superficie cerosa de la fibra impide el acceso de colorantes, por lo tanto, para mejorar esta característica se puede someter a tratamientos químicos, como los álcali/ácido, tratamiento con solventes, tratamiento de oxidación y tratamiento con acetilo; así como también tratamientos físicos, como tratamiento ultrasónico y tratamiento de

radiación; ocasionando de esta forma cambios en las interacciones químicas y físicas en la interfaz (Zheng, Wang, Zhu, & Wang, 2015). A causa de su característica hidrofóbica, la fibra kapok muestra una gran capacidad de adsorción de aceite, pero para mejorar su eficacia en la recuperación de este, la fibra puede ser tratada con diferentes solventes como NaOH, HCl, NaClO₂ y cloroformo (Wang, Zheng, & Wang, 2012), ocasionando de esta forma un porcentaje mayor de recuperación de aceite y aumentando el potencial de reutilización sin pérdida aparente de efectividad. En este trabajo se evalúa el efecto en la capacidad adsorbente que presenta la fibra kapok después de aplicarle tratamientos con una solución de sulfito de sodio y agua destilada, para obtener una mejora en su uso como un material adsorbente en la remoción de colorantes en el agua.



Figura 1. Árbol, fruto y
fibra Kapok. Fuente: propia.

Descripción del Método

Materiales y Métodos

La Fibra fue recolectada de los árboles de *Ceiba pentandra* que se encuentran en el parque Tomas Garrido Canabal, ubicado en la ciudad de Villahermosa, Tabasco.

Tratamiento de fibra

El tratamiento de la fibra de *Ceiba pentandra* consistió en pesar 4 muestras de 0.2050 g de fibra en una balanza analítica marca VELAB, modelo VE204B (Texas, EE. UU.), con una precisión de 0.0001 g, para posteriormente llevarlas a tratar. El primer tratamiento consistió en colocar la fibra a reflujo con 10 ml de una solución 1% masa-volumen de sulfito de sodio anhidro en agua destilada por un lapso de 1 hora y 2 horas, posteriormente, las muestras de fibra fueron lavadas dos veces con 100 ml de agua destilada. EL segundo tratamiento consistió en colocar la fibra a reflujo con 10 ml de agua destilada por un lapso de 1 hora y 2 horas. Las muestras de ambos tratamientos fueron secadas a temperatura ambiente, utilizando un desecador. Los tratamientos fueron realizados por triplicado. En la figura 2 se puede observar una imagen de cómo fueron realizados los tratamientos.



Figura 2. Tratamiento termoquímico para la fibra de *Ceiba pentandra*. Fuente: propia.

Caracterización de la Fibra

❖ Espectroscopia de Infrarrojo con Transformada de Fourier (FTIR)

El análisis para conocer y determinar los compuestos químicos presentes en la fibra kapok, así como las alteraciones químicas en las fibras tratadas, fueron realizados en un equipo FTIR iS5 Nicolet, Thermo Scientific (Madison, WI EE. UU.) equipado con un cristal de ZnSe, usando 64 barridos por muestra en un intervalo espectral de $4000-400\text{ cm}^{-1}$ con una resolución de 4 cm^{-1} , por el modo de transmitancia usando una pastilla de NaCl con fibra kapok en una relación 80:0.004.

❖ Difracción de Rayos X (DRX)

Por medio de difracción de rayos X, se pudo precisar la morfología de la fibra kapok sin tratamiento y de la misma forma los cambios que sufrió la fibra al ser expuesta a los tratamientos. Los parámetros utilizados para llevar a cabo esta prueba fueron, un intervalo angular de 10° a $60^\circ 2\theta$ a una velocidad de paso de $0.02^\circ/\text{min}$.

❖ Análisis Termogravimétrico (TGA)

El TGA es comúnmente utilizado para medir el porcentaje de pérdida de masa con respecto al cambio de temperatura, por lo que utilizamos esta técnica para conocer la resistencia térmica de la fibra con y sin tratamiento, por lo que se utilizó un analizador termogravimétrico de alta resolución TGA 2950 (New Castle, EE. UU.). Las mediciones fueron hechas en un intervalo de temperatura de 30 a 600°C bajo atmósfera de nitrógeno ($20\text{ ml}/\text{min}$) a una velocidad de calentamiento de $10^\circ\text{C}/\text{min}$ y una cantidad aproximada de 1 mg de la muestra

❖ Punto de carga cero

La medición del punto de carga cero (PCZ), señala el intervalo más adecuado del valor de pH para alcanzar la remoción eficiente de un determinado contaminante de la naturaleza aniónica o catiónica. Para la realización de esta prueba se tomaron 30 ml de agua destilada en un matraz Erlenmeyer de 50 ml, ajustando el pH de cada solución entre 3 y 9 unidades, adicionando HCl 0.1 M y NaOH 0.1 M para ajustar. A las soluciones se le añadieron 1 mg de muestra de cada fibra tratada, así como, fibra natural; después, se colocaron en una parrilla de agitación por 48 horas a temperatura ambiente (Amaringo & Hormaza, 2013). Transcurrido ese tiempo, se procedió a medir el valor del pH final con un medidor tipo mesa para pH marca OHAUS, modelo Starter 3100 (Nueva Jersey, EE. UU.). Se establece que el PCZ concierne al sitio donde la curva de pH final versus pH inicial es cortada por la diagonal, aplicando el método de la derivada del pH.

❖ Adsorción

La adsorción se llevó a cabo usando una solución madre de azul de metilo marca Meyer, diluida en agua destilada, con una concentración de 0.03 mg/ml. Se colocó un volumen de 15 ml de la solución en un matraz Erlenmeyer, se llevó a un baño de agua con agitación marca Thermo Scientific Precision SWB 15 (Nuevo Hampshire, EE. UU.), se ajustó la temperatura del baño a 303.15 K, con la temperatura deseada se introdujeron los matraces con la solución de azul al baño, una vez que la solución alcanzó la temperatura del baño se procedió a añadir 0.01 g de fibra (Figura 3). Pasados 30 minutos se empezaron a tomar alícuotas de 3 ml cada 15 minutos para conocer la variación en la concentración debida a la adsorción, se utilizó un espectrofotómetro UV-Vis marca PG Instruments, modelo T80+ (Reino Unido), a una longitud de onda de 601 nm y usando agua destilada como blanco. El mismo procedimiento se siguió, pero variando la temperatura del baño a 313.15 K.



Figura 3. Proceso de adsorción. Fuente: propia.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó un ANOVA multifactorial con nivel de significancia del 95%, previa comprobación de los supuestos del ANOVA. Para determinar qué medias eran diferentes se utilizó el contraste múltiple de Tukey. Los análisis estadísticos y gráficos se realizaron con el paquete estadístico StatGraphics Centurion Versión XVII (Madrid).

RESULTADOS

Cinética de adsorción

La cinética de adsorción describe la velocidad con la que ocurre la transferencia de masa del adsorbato hacia el adsorbente y el tiempo que tarda en llegar al equilibrio. Los datos obtenidos del estudio de adsorción se ajustaron al modelo cinético representado en la Ec. 1, donde k es la constante de velocidad de adsorción, n el orden de la cinética de adsorción y Ca la concentración del adsorbato en el líquido. Los parámetros cinéticos se pueden observar en la tabla 1. En 1888, el químico sueco Arrhenius sugirió una ecuación donde demuestra la dependencia de la velocidad de reacción k, respecto a la temperatura (Ec. 2), donde A indica el factor preexponencial o factor de frecuencia, Ea la energía de activación, R es la constante de los gases = 8.314 J/mol*K y T la temperatura absoluta. La energía de activación es la energía que se requiere en las especies reaccionantes para iniciar la reacción, cuanto mayor sea la energía de activación más sensible a la temperatura es la velocidad de reacción (Fogler, 2008).

$$\frac{dCa}{dt} = k * Ca^n \quad (1)$$

$$k(T) = Ae^{-\frac{Ea}{RT}} \quad (2)$$

Tratamiento	T de adsorción	k	n
Sulfito 1h	303.15	0.000281701	4.33333333
	313.15	0.001202823	2.66666667
Sulfito 2h	303.15	0.000154865	4.33333333
	313.15	0.000661383	3.66666667
Agua 1h	303.15	3.52411E-07	7.66666667
	313.15	2.17464E-07	10
Agua 2h	303.15	2.36274E-07	10.33333333
	313.15	1.3468E-05	13.33333333

Tabla 1. Parámetros cinéticos para los diferentes tratamientos

Tratamiento	A	Ea
Sulfito 1h	2.6109E+22	152.024978

Sulfito 2h	4.04057E+15	112.983111
Agua 1h	6.47174E-46	-224.224173
Agua 2h	1.75226E-41	-190.290347

Tabla2. Parámetros de Arrhenius para las cinéticas de adsorción

Análisis de la caracterización de la fibra kapok

Los principales grupos funcionales que se relacionan con la fibra kapok sin tratar, así como cambios químicos que esta sufrió después de haber sido tratada a reflujado con agua y sulfito de sodio por una y dos horas respectivamente son observados a través de los espectros FTIR en la Figura 4.

El espectrograma correspondiente a la fibra natural (color negro), donde se puede apreciar un pico en 3349 cm^{-1} que corresponde al estiramiento del grupo hidroxilo (OH) de los enlaces intramoleculares e intermoleculares de los componentes celulósicos del kapok, generalmente los hidroxilos presentes en la celulosa vienen acompañados por la deformación de este enlace en la banda en 1645 cm^{-1} .

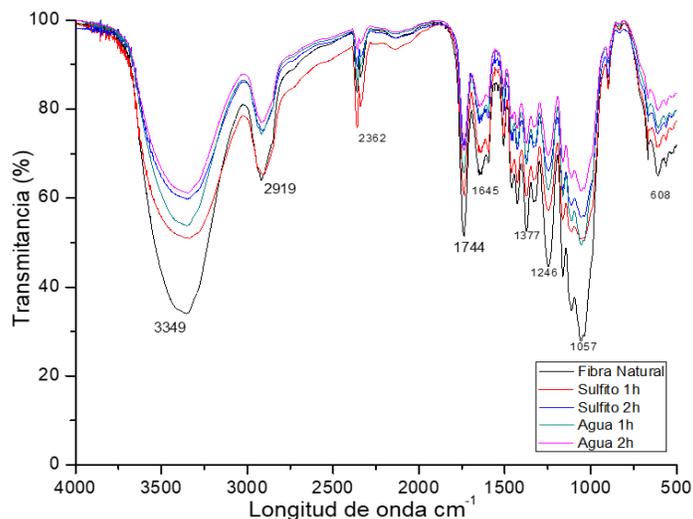


Figura 4. Espectro FTIR de la fibra kapok antes y después de ser tratada. Fuente: propia.

Por otra parte, la banda en 2919 cm^{-1} , se asigna al estiramiento C-H de los CH_2 y CH_3 alifáticos asimétricos y simétricos de la parte cerosa. En 1377 cm^{-1} , se presenta un pico que se atribuye a la deformación del enlace C-H, que está relacionado con celulosa, lignina y hemicelulosa. El estiramiento del enlace C-O, lo podemos observar en 1246 cm^{-1} , esta vibración corresponde a la hemicelulosa, lignina y la cera presente en la superficie de la fibra. Además, en 1744 cm^{-1} se observa el estiramiento del C=O que es un enlace característico de la hemicelulosa. Los picos en 1113 cm^{-1} y 1057 cm^{-1} son también atribuidos al estiramiento del enlace C-O de la lignina y la hemicelulosa. La lignina presente en la fibra es identificada por la vibración de estiramiento del enlace C=C-C en la banda 1596 cm^{-1} y 1428 cm^{-1} , que corresponde a la vibración esquelética de los aromáticos (Macedo, y otros, 2020). De esta forma, fueron identificados los principales componentes de la fibra (cera, lignina, hemicelulosa y lignina).

La reducción de la intensidad en los picos, de las fibras tratadas en 3349 cm^{-1} , que es característica de los grupos hidroxilos de los ácidos grasos de la cera que se encuentra en la superficie de la fibra se debe a cambios en la superficie de la fibra. Los cambios representativos en las fibras tratadas se dan en los tratamientos a 2 horas.

En las fibras tratadas se observó una disminución de las intensidades de los picos a 3350 cm^{-1} . Esta banda de vibración de estiramiento se caracteriza por la unión de grupos hidroxilo de ácidos grasos, que se encuentran comúnmente en la superficie de las fibras vegetales, especialmente el kapok debido a su característica oleófila. La altura de este pico se redujo después de 60 min de tratamiento, lo que sugiere una reacción con el oxígeno proporcionado por el plasma después del tratamiento lo que puede deberse a que parte de los enlaces de hidrógeno y la lignina se rompió, lo que provocó un aumento de la parte amorfa en la celulosa y la liberación de más grupos hidroxilo.

Al comparar los espectrogramas de las fibras tratadas con agua y sulfito de sodio, con el espectro FTIR de la fibra natural, se pudo observar que solo hubo reducción en los picos característicos de estas, sin la aparición de nuevos

picos, que demuestren la presencia de nuevos enlaces.

La investigación de las características estructurales de la fibra kapok son desarrollados a través del análisis de difracción de rayos X (DRX) antes y después de ser tratadas, como se muestra en la Figura 5. En el espectro DRX que corresponde a la fibra natural se observa claramente que es un compuesto lignocelulósico al presentar los tres picos característicos de la estructura de celulosa tipo I en los ángulos de difracción de 15.64° , 22.05° y 45.72° (O'Sullivan, 1997). Por otra parte, cuando se analizan las fibras kapok que fueran tratadas con agua y sulfito de sodio a una y dos horas respectivamente, se encuentra que en el caso de las fibras tratadas con agua esta presenta una estructura similar a las de la fibra natural, caso contrario en las fibras tratadas con sulfito de sodio, donde ambos espectros presentan aumento en el pico de amorficidad y cristalinidad y la desaparición del pico de amorficidad en 45.72° , lo que indica la presencia de una celulosa tipo 2, que es el resultado de haber aplicado un tratamiento químico a la fibra.

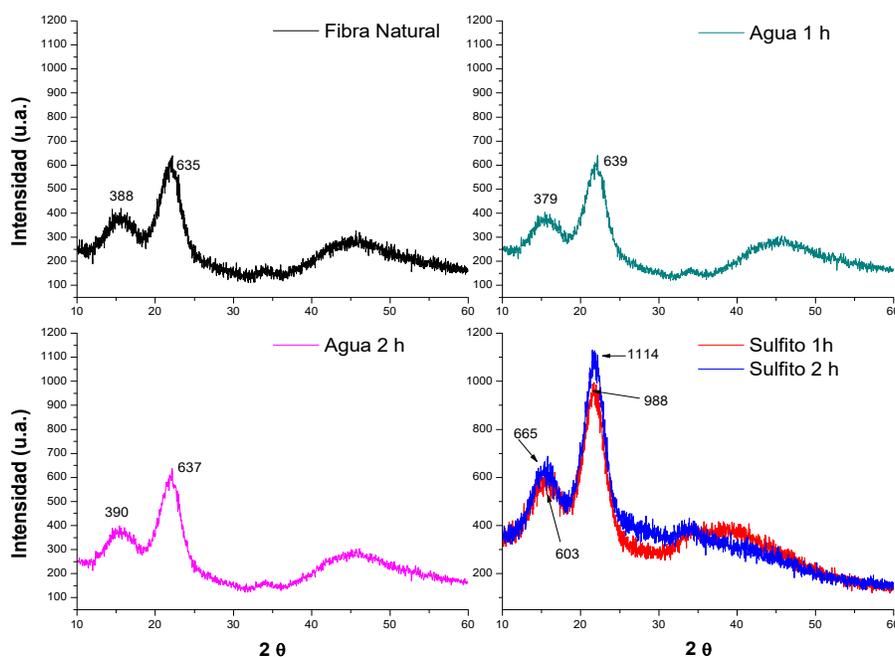


Figura 5. DRX de las fibras antes y después de ser tratadas. Fuente: propia.

Debido a que las fibras naturales tienen un alto contenido lignocelulósico, es importante comprender y predecir el comportamiento térmico de la kapok, es por ello que los parámetros de descomposición térmica de las fibras con y sin tratamientos son determinados a partir de las curvas de TGA (análisis termogravimétrico) que se presentan en la Figura 6, en donde se muestra que la fibra natural (línea color negra) tiene la temperatura de descomposición característica de una fibra natural, presentando tres etapas de descomposición importantes, la primera etapa con una temperatura menor a 200°C nos indica la evaporación de la humedad y una pérdida de masa de 5%, en la segunda etapa tenemos el inicio de descomposición de la fibra, aproximadamente a partir de 230°C donde se rompen los enlaces de celulosa y hemicelulosa, posteriormente la temperatura máxima de descomposición la tenemos en 340°C , en donde se tiene el mayor porcentaje de pérdida de masa en un 45 %, además de indicar el inicio de descomposición de la lignina (Draman, Daik, Latif, & El-Sheikh, 2014), además la fibra natural completa una pérdida total de masa en 520°C , este comportamiento se presentó en las fibras tratadas térmicamente con agua a una y dos horas respectivamente.

Para las fibras que fueron tratadas con sulfito de sodio a una y dos horas, se observa que después que se inicia la descomposición de la lignina, esta comienza a tener una pérdida gradual de peso y una masa residual de 20%, que se debe a la presencia de compuestos inorgánicos en lumen de la fibra (Aguilar-Vega & Cruz-Ramos, 1995).

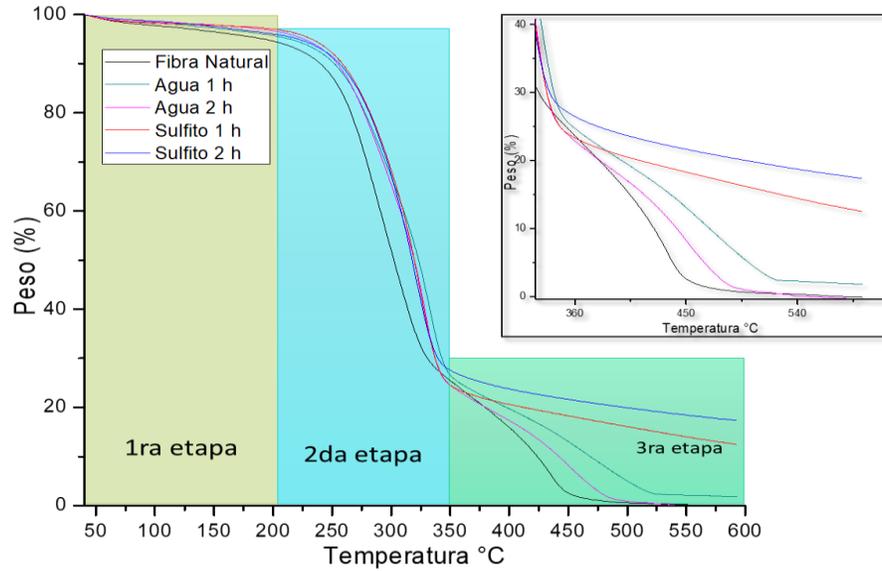


Figura 6. Grafica termogravimétrica de la fibra kapok con y sin tratamiento. Fuente: propia.

Efecto del pH en la adsorción

Frecuentemente en un material que se pretende utilizar como adsorbente, se debe medir el pH, ya que este parámetro es determinante para establecer la distribución de cargas sobre su superficie y posteriormente evaluar su capacidad de remoción de colorantes aniónicos o catiónicos disueltos (Amarino, 2013). Con esta prueba se pudo obtener que la fibra Kapok funciona mejor como adsorbente en medios básicos a un pH de 6.5.

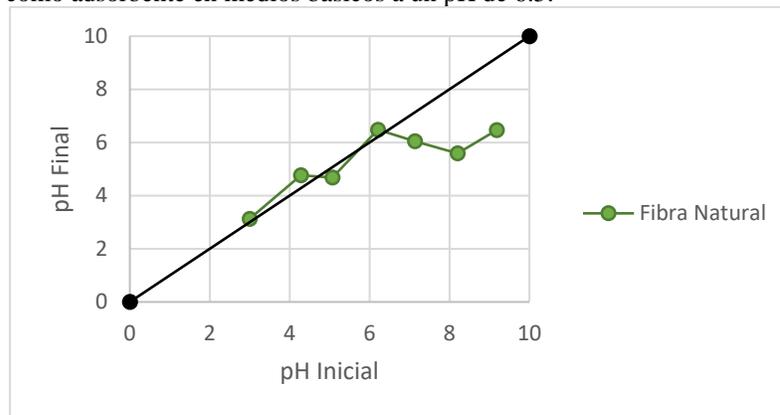


Figura 7. Efecto del pH en la Fibra kapok natural. Fuente: propia.

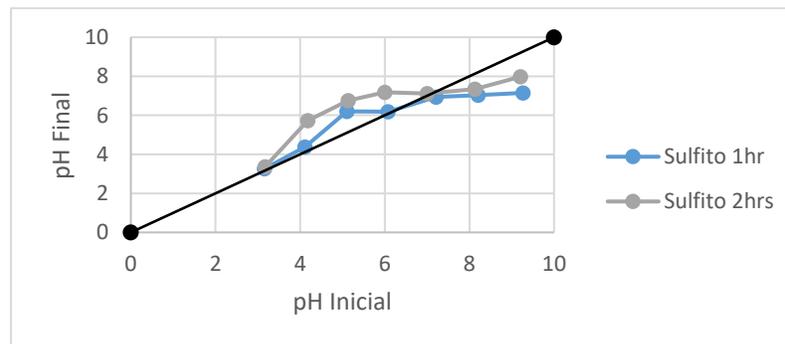


Figura 8. Efecto del pH en la fibra tratada con sulfito de sodio. Fuente: propia.

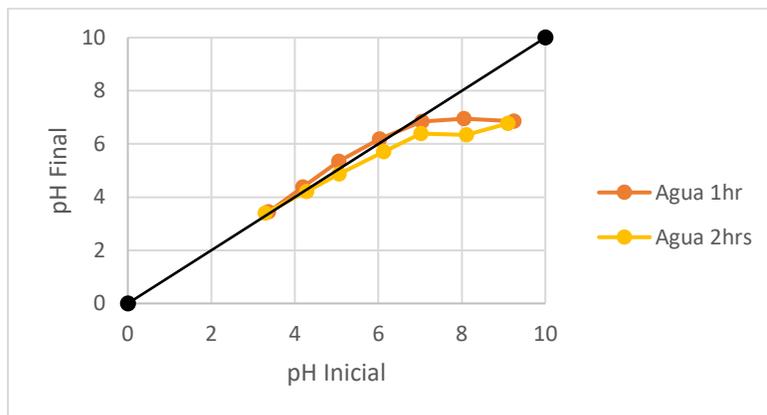


Figura 9. Efecto del pH en la fibra tratada con agua. Fuente: propia.

Análisis Estadístico

Los resultados del ANOVA multifactorial demuestran que exista un efecto altamente significativo del tipo de solvente utilizado ($p < 0.001$), así como de la temperatura ($p = 0.0032$) sobre la variable k . Además, se observa un efecto significativo al combinar los factores, tipo de solvente y temperatura sobre la variable k ($p = 0.0036$).

La prueba múltiple de Turkey evidenció que la variable k es mayor cuando se utiliza sulfito de sodio en la solución como solvente ($5.8 \times 10^{-4} \pm 1.5 \times 10^{-4}$) que si se utiliza únicamente agua (Figura 10). Como se puede observar en la Figura 11, la variable k también se incrementa si la temperatura de adsorción es de 313.15 K ($4.7 \times 10^{-4} \pm 1.7 \times 10^{-4}$) en comparación con 303.15 K. La variable tiempo de tratamiento termoquímico no tuvo un efecto estadísticamente significativo sobre la variable k .

El efecto de la interacción del tipo de solvente utilizado y la temperatura se observa en la divergencia en las líneas que relacionan estos dos factores (Figura 12) y se debe al incremento significativo de la variable k cuando la fibra fue tratada con sulfito de sodio y la adsorción se realizó a 313.15 K, siendo este el tratamiento que obtuvo que obtuvo una mayor media ($9.3 \times 10^{-4} \pm 5.3 \times 10^{-4}$). Las interacciones, solvente por tiempo de tratamiento, así como la interacción de los tres factores no mostraron diferencias estadísticamente significativa sobre la variable k ($p > 0.05$).

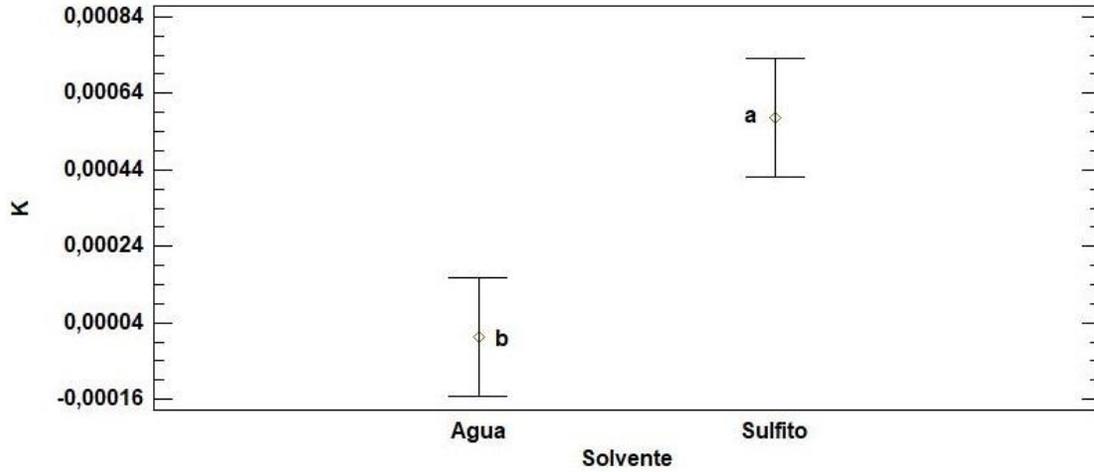


Figura 10. Efecto del tipo de solvente sobre la variable k . Se muestran la media \pm el error estándar (EE). Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas. $n=12$. Fuente: propia.

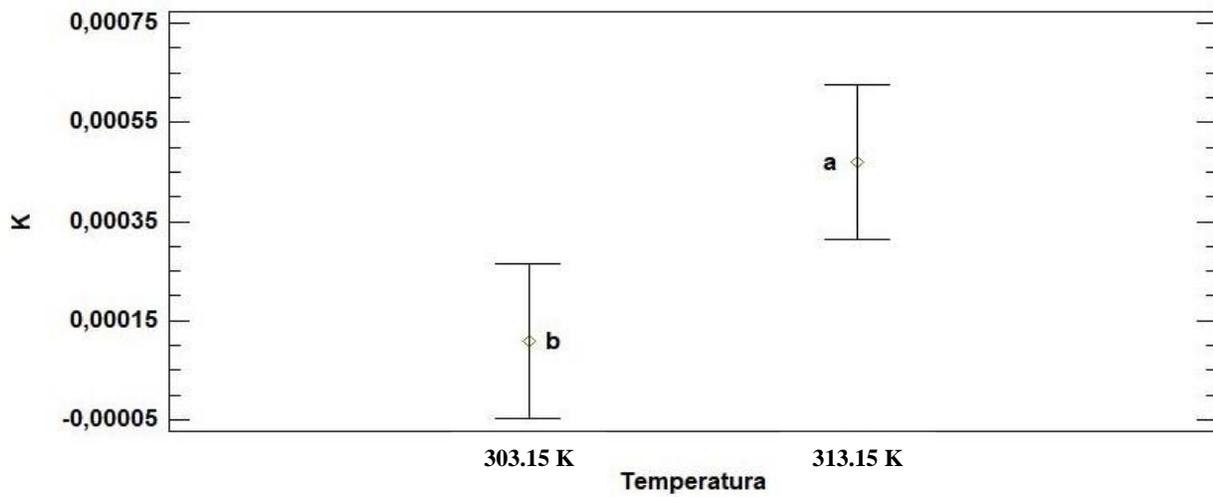


Figura 11. Efecto de la temperatura de incubación sobre la variable k . Se muestran la media \pm el error estándar (EE). Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas. $n=12$. Fuente: propia.

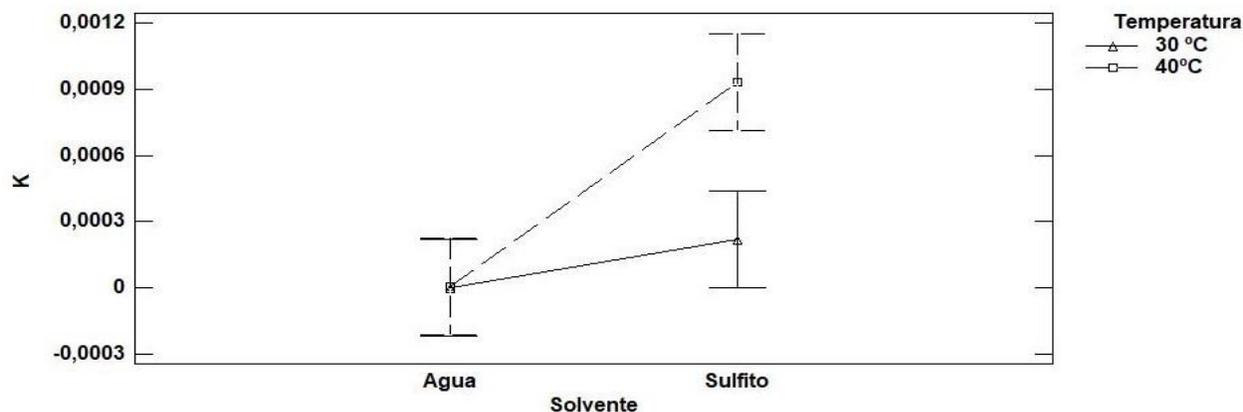


Figura 12. Efecto de la interacción tipo de solvente y temperatura de adsorción sobre la variable k . Se muestran la media \pm el error estándar (EE). Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas. $n=12$. Fuente: propia.

Las medias de la variable n mostraron diferencias estadísticamente significativas por el tipo de solvente utilizado ($p= 0.0006$) mientras los factores de tiempo de incubación y temperatura de incubación, así como las diversas interacciones entre ellos no tuvieron un efecto significativo sobre la variable n ($p> 0.05$).

La variable n se incrementa al utilizar únicamente agua como solvente (10.33 ± 5) mientras al usar sulfito su valor es significativamente disminuido (3.75 ± 1.06) (Figura 13).

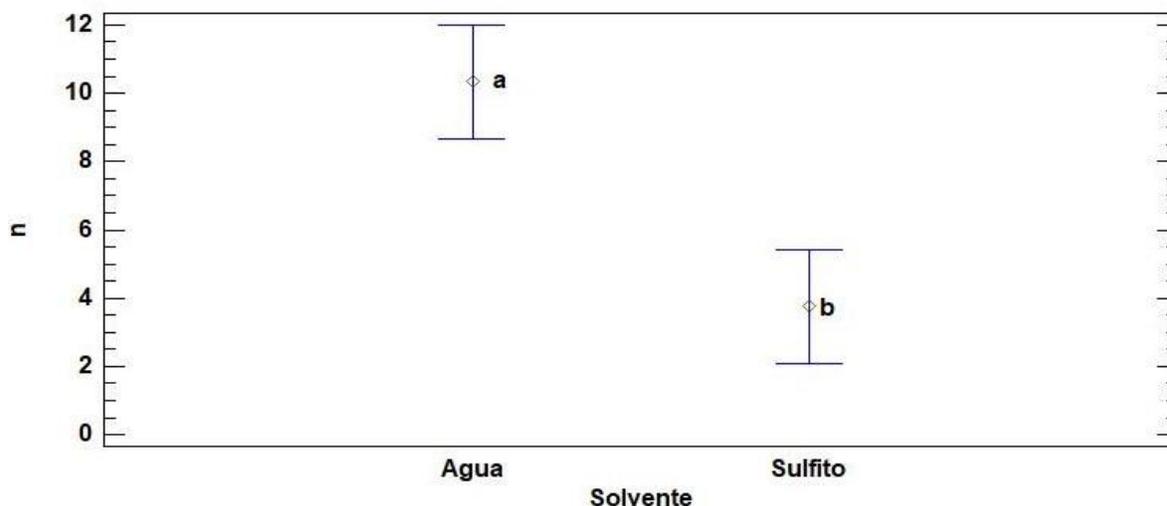


Figura 13. Efecto del tipo de solvente sobre la variable n . Se muestran la media \pm el error estándar (EE). Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas. $n=12$. Fuente: propia.

Comentarios Finales

Conclusiones

Se evaluó la capacidad adsorbente la de fibra kapok al recibir tratamientos termoquímicos con una solución de sulfito de sodio y agua destilada, usando azul de metilo. Los datos obtenidos se ajustaron a un modelo cinético de orden n , al compararlos con un análisis estadístico se pudo observar que existe un efecto significativo en el solvente y la temperatura utilizada sobre la variable k , siendo el tratamiento con sulfito de sodio a una temperatura de adsorción

de 313.15 K el que presenta una mayor capacidad adsorbente. Con los análisis FTIR, DRX y TGA podemos observar que la fibra tratada con agua es similar a la fibra natural, mientras que fibra tratada con sulfito de sodio sufrió una reducción en la lignina sin que se presenten nuevos enlaces formados, quedando un 20% de masa residual al desintegrar térmicamente la fibra tratada con sulfito de sodio.

Por todo lo anterior, se puede concluir que la fibra kapok es un material que puede ser utilizado como adsorbente y al realizarle un tratamiento termoquímico se obtiene una mejora en su capacidad adsorbente.

Referencias

- Aguilar-Vega, M., & Cruz-Ramos, C. A. (1995). Properties of henequen cellulosic fibers. *Journal of Applied Polymer Science*, 56(10), 1245–1252.
- Amaringo, V. F., & Hormaza, A. A. (2013). Determinación del punto de carga cero y punto isoeléctrico de dos residuos agrícolas y su aplicación en la remoción de colorantes. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 4(2), 27-36.
- Draman, S. F., Daik, R., Latif, F. A., & El-Sheikh, S. M. (2014). Characterization and Thermal Decomposition Kinetics of Kapok (Ceiba pentandra L.)-Based Cellulose. *BioResources*, 9(1), 8–23. doi:<https://doi.org/10.15376/biores.9.1.8-23>
- Fogler, S. H. (2008). *Elementos de Ingeniería de las Reacciones Químicas* (Cuarta ed.). México: PEARSON Educación.
- Gapusan, R. B., & Balela, D. M. (2020). Adsorption of anionic methyl orange dye and lead(II) heavy metal ion by polyaniline-kapok fiber nanocomposite. *Materials Chemistry and Physics*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2020.122682>
- Lim, T.-T., & Huang, X. (2007). Evaluation of kapok (Ceiba pentandra (L.) Gaertn.) as a natural hollow hydrophobic–oleophilic fibrous sorbent for oil spill cleanup. *Chemosphere*, 955-963. doi:10.1016/j.chemosphere.2006.05.062
- Liu, Y., Wang, J., Zheng, Y., & Wang, A. (2012). Adsorption of methylene blue by kapok fiber treated by sodium chlorite optimized with response surface methodology. *Chemical Engineering Journal*, 248-255. doi:10.1016/j.cej.2012.01.049
- Macedo, M., Silva, G., Feitor, M., Costa, T., Ito, E. N., & Melo, J. (2020). Surface modification of kapok fibers by cold plasma surface treatment. *Journal of Materials Research and Technology*, 9 (2), 2467–2476. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2019.12.077>
- O'Sullivan, A. C. (1997). Cellulose: the structure slowly unravels. *Cellulose*, 4, 173–207. doi:<https://doi.org/10.1023/A:1018431705579>
- Wang, J., Zheng, Y., & Wang, A. (2012). Effect of kapok fiber treated with various solvents on oil absorbency. *Industrial Crops and Products*, 40, 178-184. doi:10.1016/j.indcrop.2012.03.002
- Zheng, Y., Wang, J., Zhu, Y., & Wang, A. (2015). Research and application of kapok fiber as an absorbing material: A mini review. *Journal of Environmental Sciences*, 21-32. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jes.2014.09.026>
- Zhou, Y., Lu, J., Zhou, Y., & Liu, Y. (2019). Recent advances for dyes removal using novel adsorbents: A review. *Environmental Pollution*, 352-365. doi:<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.05.072>

Propiedades Volumétricas y Texturales del Sorgo Explotado mediante Diferentes Métodos y Condiciones

Ing. Gloria Gisel Vázquez Sosa¹, M.T.A. Ángel Humberto Cabrera Ramírez², Dra. Marcela Gaytán Martínez³,
Dr. Eduardo Morales Sánchez⁴, Dra. María de la Luz Reyes Vega⁵.

Resumen— El sorgo es el quinto cultivo más cosechado mundialmente, el cual se destina para consumo animal y humano, siendo los explotados una de sus aplicaciones alimenticias. Sin embargo, el producto es poco estudiado debido a su baja popularidad. En este trabajo se explotaron granos de sorgo blanco variedad Paloma (11% de humedad) mediante tres tratamientos térmicos (microondas, sartén con aceite y sal caliente) y tres niveles térmicos. Finalmente, se evaluaron y compararon las propiedades texturales del producto final. Los explotados obtenidos mediante sal caliente presentaron características texturales asociadas a los atributos de productos satisfactorios para los consumidores.

Palabras clave— *Sorghum spp.*, *textura*, *explotados de sorgo*, *botana*.

INTRODUCCIÓN

El sorgo (*Sorghum bicolor L. Moench*) es un cereal rico en proteínas, carbohidratos complejos y grasa. Se trata del quinto cultivo más cosechado en el mundo (Sharanagat et al., 2019). A pesar de que es principalmente utilizado como forraje, este cereal también se destina para consumo humano. En este sentido, una opción popular para los consumidores, principalmente en la India, son los explotados de sorgo. Producto similar a las palomitas de maíz (Mishra, Joshi, & Mohapatra, 2015; Momanyi et al., 2020). Los explotados de sorgo se obtienen mediante un proceso de expansión, que consiste en someter al grano a altas temperaturas durante corto tiempo. Así, se obtiene la gelatinización parcial y expansión del endospermo, y posteriormente, la ruptura del pericarpio (Cabrera-Ramírez et al., 2020). Actualmente, el consumo de botanas ha ido al alza por ser fácil de consumir, características nutricionales y sabor agradable. Por lo cual, las características sensoriales del producto juegan un papel muy importante para el agrado de los consumidores. Un procedimiento rápido útil para simular el movimiento de mandíbula durante la masticación y emular los atributos del producto es el análisis de perfil de textura. En el cual, se imitan las condiciones a las cuales se somete el alimento durante el proceso de masticación. Generalmente, las características que se evalúan son la dureza, cohesividad, elasticidad, gomosidad y masticabilidad (Hamouchene & Aoua, 2014).

Existen diferentes factores capaces de modificar la calidad del grano explotado. Estos pueden ser los atributos físicos del grano (grosor del pericarpio, variedad del grano, tamaño, forma, densidad y dureza del grano, y textura del endospermo), así como las características del proceso del explotado (método, tiempo, temperatura, humedad) (Vázquez-Carrillo et al., 2019). En este sentido, existen diferentes métodos para obtener explotados de sorgo, entre los cuales destacan aire caliente (Cabrera-Ramírez et al., 2020; Castro-Campos et al., 2020), horno de microondas (Mishra, Joshi, & Mohapatra, 2015; Mishra, Joshi, Mohapatra, et al., 2015) y sartén con aceite (Rooney & Rooney, 2013).

A pesar de que existen numerosos trabajos acerca del proceso y obtención de explotados de sorgo, se desconoce la existencia de relación entre las condiciones de procesamiento y las características texturales del producto. En el presente trabajo se evaluó el impacto y relación entre diferentes condiciones térmicas de tres métodos de explotado (microondas, sartén con aceite y sal caliente) con las propiedades texturales que presentan los explotados de sorgo obtenidos mediante los mismos.

¹ La Ing. Gloria Gisel Vázquez Sosa es alumna de maestría en Universidad Autónoma de Querétaro gvazquez02@alumnos.uaq.mx

² El M.T.A. Ángel Humberto Cabrera-Ramírez es alumno de Doctorado en el Instituto Politécnico Nacional en el CICATA-IPN Unidad Querétaro. acabrerar1300@alumno.ipn.mx

³ La Dra. Marcela Gaytán Martínez es Profesor Investigador en el Posgrado en Ciencia y Tecnología de Alimentos en Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro. marcelagaytanm@yahoo.com.mx

⁴ El Dr. Eduardo Morales Sánchez es Profesor investigador del Instituto Politécnico Nacional en el CICATA-IPN Unidad Querétaro. emoraless@ipn.mx

⁵ La Dra. María de la Luz Reyes Vega es Profesor de la Universidad Autónoma de Querétaro. mreyesvega@icloud.com

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Se utilizó sorgo blanco variedad “Paloma” donado INIFAP Querétaro (cosecha 2020), seleccionado y limpiado manualmente. Se ajustó la humedad del grano a 11%.

Proceso de explotado

Se utilizaron tres diferentes métodos de explotado (microondas, sartén con aceite, sal caliente). Para cada uno de los mismos, se seleccionaron tres niveles térmicos. El explotado en cada uno de los tratamientos se llevó a cabo por triplicado. Para fines comparativos, se utiliza la nomenclatura “-1, 0 y 1” con la finalidad de identificar cada uno de los niveles térmicos. Para el procesamiento mediante horno de microondas, se utilizaron densidades de flujo de potencia de 3.15, 3.51 y 3.77 Wg^{-1} para los niveles -1, 0 y 1, respectivamente. Para este método, los granos se explotaron durante 80 s. Por otro lado, en el sartén con aceite, se utilizaron 200 °C (nivel -1), 215 °C (nivel 0) y 230 °C (nivel 1) y el proceso se llevó a cabo durante 120 s. Finalmente, para el método de sal caliente se seleccionaron las temperaturas 250, 275 y 300 °C como niveles -1, 0 y 1, respectivamente. Llevando a cabo el procesamiento durante 60 s.

Caracterización del explotado

Índice de expansión

El incremento en el tamaño del grano al terminar el proceso de expansión se calculó relacionando los volúmenes inicial (V_i) y final (V_f) de la muestra mediante la ecuación 1 (Mishra, Joshi, & Mohapatra, 2015).

$$\text{Índice de expansión (adimensional)} = \frac{V_f}{V_i} \quad \text{Ecuación 1}$$

Análisis de perfil de textura

Se evaluaron 10 muestras independientes de explotados, para cada uno de los tratamientos. El análisis de perfil de textura se llevó a cabo colocando cada muestra en la posición central. Las compresiones se ejecutaron por duplicado al 20% de su altura inicial, utilizando una sonda plana de 50 mm de diámetro a velocidad constante de 1.00 mm/s. Se empleó el equipo Texture Analyzer (TA Plus, Lloyd instruments, Pennsylvania). Finalmente, se realizaron los cálculos correspondientes. Se reporta la dureza (N), cohesividad (adimensional); elasticidad (mm); y masticabilidad (N) (Torres et al., 2015).

Análisis estadístico

Los datos se expresaron como la media \pm desviación estándar de 10 experimentos independientes. Se utilizó el software estadístico Minitab 19 ® para realizar un análisis de varianza (ANOVA) con comparación de medias por la prueba Tukey ($p < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Índice de expansión

De forma general, fue posible observar que el sorgo explotado en microondas (nivel 1) tuvo los mejores resultados, con índice de expansión de 5.18 ± 0.48 . Respecto al sorgo que se explotó mediante sal caliente y sartén con aceite, se notó que, al llevar a cabo ambos procesos en sus niveles medios, los resultados fueron los más altos para cada grupo: 3.62 ± 0.35 , para sartén con aceite y 4.89 ± 0.33 para sal caliente, destacando este último.

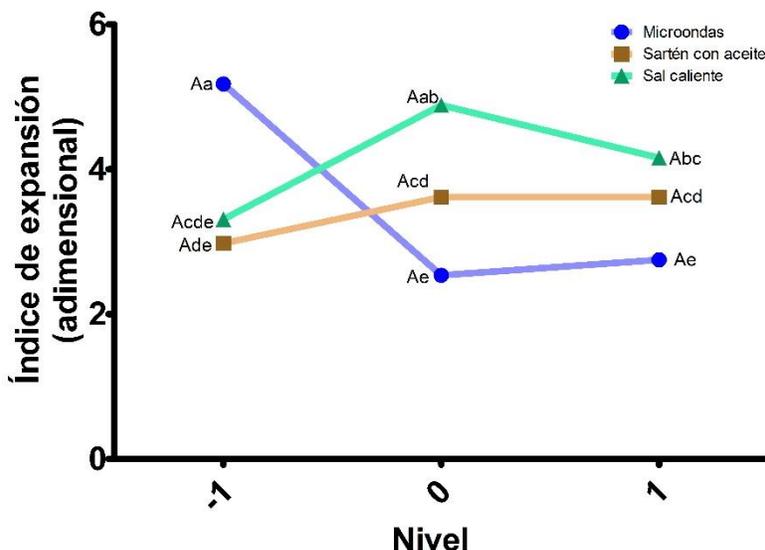


Figura 1: Índice de expansión (adimensional). Letras mayúsculas diferentes indican diferencias estadísticas entre métodos, letras minúsculas diferentes indican diferencias estadísticas entre niveles ($p < 0.05$).

Otros autores (Rooney & Rooney, 2013) reportan la obtención de índices de expansión de 11.2 para sorgo blanco R11404 explotado en sartén con 5 mL de aceite de maíz a 230 °C. En otro estudio, Mishra *et al.* (2015) obtuvieron índices de expansión de 14.22 ± 0.48 para explotados de sorgo rojo Mugad. Obtenidos mediante microondas con densidad de flujo de potencia de 18 Wg^{-1} . Tras comparar los resultados, es posible decir que la variedad del grano, así como el nivel térmico que se utiliza para el proceso de explotado, pueden afectar los resultados del índice de expansión.

Análisis de perfil de textura

Las muestras explotadas mediante sal caliente mostraron los valores de dureza más bajos en comparación con el resto de las muestras, con $1.79 \pm 0.19 \text{ N}$ para el nivel 0 y $2.23 \pm 0.15 \text{ N}$ para el nivel 1. De forma contraria, los explotados obtenidos en horno de microondas presentaron la mayor dureza ($p < 0.05$) de todo el conjunto, con valores de 5.21 ± 0.50 (0) N y 5.43 ± 0.39 (1) N. Dado que este parámetro representa la primer impresión del consumidor al momento de ingerir un producto alimenticio, se convierte en uno de los más importantes dentro de la industria alimenticia (Hamouchene & Aoua, 2014). Teniendo en cuenta lo anterior, los explotados obtenidos mediante sal caliente podrían ser los mejor aceptados por los consumidores, ya que menos fuerza es necesaria para la ruptura del producto. En la Tabla 1 se muestra el perfil de textura del sorgo explotado mediante los diferentes métodos y tratamientos.

Tabla 1 Perfil de textura del sorgo explotado

Método	Nivel	Dureza (N)	Cohesividad (dimensionless)	Elasticidad (mm)	Masticabilidad (N)
Microondas	-1 (3.15 watt/g)	$2.44 \pm 0.34^{\text{Bb}}$	$0.32 \pm 0.01^{\text{Aa}}$	$0.16 \pm 0.02^{\text{Bb}}$	$0.17 \pm 0.05^{\text{Ba}}$
	0 (3.51 watt/g)	$5.21 \pm 0.50^{\text{Aa}}$	$0.33 \pm 0.03^{\text{Aa}}$	$0.22 \pm 0.03^{\text{Bb}}$	$0.26 \pm 0.04^{\text{Bb}}$
	1 (3.77 watt/g)	$5.43 \pm 0.36^{\text{Aa}}$	$0.31 \pm 0.006^{\text{Aa}}$	$0.32 \pm 0.03^{\text{Aa}}$	$0.51 \pm 0.03^{\text{Aa}}$
Sartén con aceite	-1 (200 °C)	$4.64 \pm 0.30^{\text{Aa}}$	$0.32 \pm 0.02^{\text{Aa}}$	$0.22 \pm 0.03^{\text{Ba}}$	$0.25 \pm 0.03^{\text{Ba}}$
	0 (215 °C)	$3.71 \pm 0.56^{\text{ABb}}$	$0.22 \pm 0.01^{\text{Bb}}$	$0.35 \pm 0.03^{\text{Aa}}$	$0.63 \pm 0.03^{\text{Aa}}$
	1 (230 °C)	$3.20 \pm 0.59^{\text{Bb}}$	$0.23 \pm 0.01^{\text{Bb}}$	$0.41 \pm 0.05^{\text{Aa}}$	$0.53 \pm 0.13^{\text{Aa}}$
Sal caliente	-1 (250 °C)	$4.70 \pm 0.30^{\text{Aa}}$	$0.22 \pm 0.01^{\text{Ab}}$	$0.13 \pm 0.02^{\text{Ab}}$	$0.17 \pm 0.03^{\text{Aa}}$
	0 (275 °C)	$1.79 \pm 0.19^{\text{Bc}}$	$0.22 \pm 0.01^{\text{Ab}}$	$0.18 \pm 0.04^{\text{Ab}}$	$0.18 \pm 0.08^{\text{Ab}}$
	1 (300 °C)	$2.23 \pm 0.15^{\text{Bb}}$	$0.23 \pm 0.01^{\text{Ab}}$	$0.18 \pm 0.03^{\text{Ab}}$	$0.16 \pm 0.03^{\text{Ab}}$

Se muestra la media \pm desviación estándar de 10 experimentos independientes. Letras mayúsculas diferentes dentro de mismo parámetro representan diferencia estadística ($p < 0.05$) entre niveles del mismo método. Por otro lado, diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre métodos al mismo nivel, se muestran con letras minúsculas diferentes.

Como se puede evidenciar, los granos explotados mediante microondas en el nivel 0, muestran el valor más alto de cohesividad (0.33 ± 0.03). Para este parámetro, los valores más cercanos a 0 indican que la mayoría de las paredes celulares fueron rotas durante la primera compresión, convirtiendo el material en un producto menos duro y más frágil. Los resultados permiten suponer que los explotados obtenidos mediante el método de sal caliente cumplen con la característica previamente mencionada, dado que se obtuvieron los valores más bajos oscilando entre 0.22 y 0.23. Cabe destacar que sin importar el nivel en el cual se llevó a cabo el proceso, no se encontró diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) entre los diferentes niveles del método.

Los granos explotados mediante sartén con aceite se mostraron más elásticos a comparación de aquellos obtenidos mediante los otros dos métodos. Se observó que al llevar a cabo el proceso en el nivel 1, se obtuvo un valor estadísticamente mayor (0.41 ± 0.05 mm) dentro de este grupo. Por otro lado, en los granos de sorgo explotados mediante sal caliente nuevamente no se encontró diferencia estadística significativa ($p < 0.05$), cuyos valores oscilaron entre 0.13 y 0.18 N. Es posible que diferencia entre valores se daba al contacto de los granos con el aceite, en el caso del método de sartén. El cual pudo modificar las características organolépticas del producto final. La elasticidad evalúa la aptitud del explotado para recuperar su forma original (Hamouchene & Aoua, 2014). De forma general, los valores de elasticidad fueron bajos para los productos ya que se trata de un sólido y sufre deformaciones permanentes.

Por otro lado, la masticabilidad representa la fuerza necesaria que se aplica al producto al momento del consumo (Hamouchene & Aoua, 2014). El valor más alto de este parámetro se encontró en las muestras explotadas con el método de sartén con aceite en el nivel 0 (0.63 ± 0.03 N), debido a que se hidratan de forma más rápida. Lo cual puede tener lugar gracias a la presencia de otro elemento (aceite) interactuando con la materia prima. De forma contraria, los explotados obtenidos mediante sal caliente tuvieron una masticabilidad significativamente más baja ($p < 0.05$) con valores oscilando entre 0.16 y 0.18 N. En este sentido, se puede decir que este producto es más fácil de triturar.

De forma general, se puede observar que los explotados obtenidos mediante los métodos de sartén con aceite y microondas son productos incómodos de consumir, según sus valores de dureza, cohesividad, elasticidad y masticabilidad. Según lo obtenido en estas características, el método de sal caliente demostró ser el mejor tratamiento, ya que produce explotados de sorgo más suaves.

CONCLUSIONES

Los diferentes métodos y condiciones de explotado de sorgo provocaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) y contrastes en el índice de expansión y el perfil de textura del producto final. La evaluación del perfil de textura de los explotados obtenidos mediante los métodos de sartén con aceite y horno de microondas, sugiere que son productos que requieren mayor fuerza para ser triturados. De forma general, los resultados permiten suponer que el método de sal caliente produce explotados de sorgo más fáciles de ingerir, lo cual podría ser una característica más atractiva para los consumidores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cabrera-Ramírez, A. H., Castro-Campos, F. G., Gaytán-Martínez, M., & Morales-Sánchez, E. (2020). Relationship between the corneous and floury endosperm content and the popped sorghum quality. *Journal of Cereal Science*, 95(March), 102999. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.102999>
- Castro-Campos, F. G., Cabrera-Ramírez, A. H., Morales-Sánchez, E., M.E., R.-G., Villamiel, M., Ramos-López, M., & Gaytán-Martínez, M. (2020). Impact of the popping process on the structural and thermal properties of sorghum (*Sorghum Bicolor* L. Moench). *Food Chemistry*.
- Hamouchene, I., & Aoua, S. (2014). Overview of Texture Profile Analysis. In *International Journal of Computer Vision and Image Processing* (pp. 1–50). <https://texturetechnologies.com/resources/texture-profile-analysis#tpa-measurements>
- Mishra, G., Joshi, D. C., & Mohapatra, D. (2015). Optimization of pretreatments and process parameters for sorghum popping in microwave oven using response surface methodology. *Journal of Food Science and Technology*, 52(12), 7839–7849. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1898-9>
- Mishra, G., Joshi, D. C., Mohapatra, D., Babu, V. B., & Bhushan Babu, V. (2015). Varietal influence on the microwave popping characteristics of sorghum. *Journal of Cereal Science*, 65, 19–24. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.06.001>

- Momanyi, D., Owino, W., & Makokha, A. (2020). Formulation, nutritional and sensory evaluation of baobab based ready-to-eat sorghum and cowpea blend snack bars. *Scientific African*, 7.
- Rooney, T. E., & Rooney, W. L. (2013). Genotype and Environment Effects on the Popping Characteristics of Grain Sorghum. *Journal of Crop Improvement*, 27(4), 460–468. <https://doi.org/10.1080/15427528.2013.794181>
- Sharanagat, V. S., Suhag, R., Anand, P., Deswal, G., Kumar, R., Chaudhary, A., Singh, L., Singh Kushwah, O., Mani, S., Kumar, Y., Nema, P. K., Singh, O., Mani, S., Kumar, Y., & Nema, P. K. (2019). Physico-functional, thermo-pasting and antioxidant properties of microwave roasted sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. *Journal of Cereal Science*, 85(2019), 111–119. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.11.013>
- Torres, G., David, J., González, M., José, K., Acevedo, C., & Diofanor. (2015). Análisis del Perfil de Textura en Frutas, Productos Cárnicos y Quesos. *ReCiTeIA*, 14(2), 63–75. https://www.researchgate.net/publication/283352303_Analisis_del_Perfil_de_Textura_en_Frutas_Productos_Carnicos_y_Quesos
- Vázquez-Carrillo, M. G., Santiago-Ramos, D., & Figueroa-Cárdenas, J. de D. (2019). Kernel properties and popping potential of Chapalote, a Mexican ancient native maize. *Journal of Cereal Science*, 86(March), 69–76. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.01.010>

Perfil de Compuestos Fenólicos y Capacidad Antioxidante durante el Proceso de Nixtamalización del Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench)

I.Q. Vega-Vázquez Lucía Berenice¹, Dra. Marcela Gaytán Martínez², Dra. Aurea Karina Ramírez-Jiménez³, Dr. Iván Andrés Luzardo-Ocampo⁴

Resumen— El sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) es una alternativa al maíz para la elaboración de tortillas debido a su alta capacidad antioxidante (CS) y compuestos fenólicos (CF). Se sabe que la composición fitoquímica cambia por el procesamiento. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la nixtamalización sobre el contenido de CF y la CA de siete variedades de sorgo. Se evaluó el sorgo crudo (SC), nixtamal (SN), tortillas (ST) y nejayote (SNJ). El SC mostró un contenido CF de 0,61 a 1,91 mg GAE/g. Los SN mostraron una reducción en el contenido de fenoles de 31,25% a 84,82%. El contenido de fenoles presentes en el SNJ fue de 0.10 a 1.04 mg GAE/g. Las ST tuvieron 0.34 ± 0.03 a 1.11 ± 0.03 mg GAE/g. La CA en ST se encontró entre 20,81% a 58,65%. Por lo tanto, el proceso de nixtamalización disminuye el contenido de CF y la CA de sorgo.

Palabras clave— sorgo; nixtamalización; tortilla; Compuestos fenólicos; capacidad antioxidante, nejayote.

Introducción

El sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) es el quinto cereal más producido a nivel mundial, con una producción de alrededor de 60 millones de toneladas por año (FAOSTAST, 2019), el cual destaca por su alto contenido de proteínas. Este cereal además contiene vitaminas del complejo B (Dykes et al., 2005) y es rico en compuestos fenólicos por lo que posee una alta capacidad antioxidante (Luzardo-Ocampo et al., 2020).

Los compuestos fenólicos (CF) se encuentran de forma natural en el sorgo ya sea en su forma soluble (o libre) o insoluble (enlazada). Los CF ayudan a la formación de componentes estructurales, actúan en algunas rutas metabólicas como moléculas de señalización intracelulares y además destacan por su capacidad de captar radicales libres y proteger al organismo de la oxidación, lo que puede prevenir algunas enfermedades (Luzardo-Ocampo et al., 2020). En el sorgo, los compuestos fenólicos que se encuentran en mayor cantidad son los ácidos fenólicos y los flavonoides, sin embargo, el contenido de estos varía según la especie de sorgo, el genotipo, el ambiente de cultivo, la madurez alcanzada, la ubicación geográfica entre otros aspectos (Ratnavathi y Komala, 2016).

Las tortillas de maíz son el alimento más importante en la dieta mexicana. No obstante, varios estudios han informado que se pueden emplear otros cereales como el sorgo para la producción de tortillas (Bedolla et al., 1983). Durante su elaboración, el grano debe someterse a un proceso de nixtamalización que consiste en realizar una cocción alcalina con hidróxido de calcio y posteriormente se deja reposar el grano en el agua de cocción conocida como nejayote. El sorgo nixtamalizado, ahora conocido como nixtamal, se muele en una masa que se usa para la producción de la tortilla, y el nejayote generalmente se descarta.

Se sabe que la nixtamalización provoca una serie de cambios en el perfil fitoquímico del sorgo debido a que los polifenoles son compuestos sensibles a la degradación u oxidación cuando se exponen a condiciones de calor como las que se utilizan durante el proceso de nixtamalización, además, una parte importante de estos compuestos se solubiliza en el nejayote ya que ocurren pérdidas de pericarpio, que es la capa donde generalmente se encuentran los compuestos fenólicos.

Si bien se ha evaluado el contenido de CF y capacidad antioxidante en maíz, en sorgo son no existe un estudio que de seguimiento a los cambios que presenten los mismos desde el grano entero, nixtamal, tortilla y nejayote de sorgo, por lo que el objetivo del presente estudio fue evaluar los cambios en el contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de siete variedades de sorgo durante el proceso de nixtamalización y elaboración de tortillas.

¹ I.Q. Vega-Vázquez Lucía Berenice es alumna de la Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Facultad de Química de la universidad Autónoma de Querétaro. luciabvv@gmail.com

² La Dra. Marcela Gaytán Martínez es Profesor Investigador en el Posgrado en Ciencia y Tecnología de Alimentos en Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro. marcelagaytanm@yahoo.com.mx

³ La Dra. Aurea Karina Ramírez-Jiménez es Profesor de Investigador del Departamento de Bioingeniería del Tecnológico de Monterrey Campus Toluca. aramirezj@tec.mx

⁴ El Dr. Iván Andrés Luzardo-Ocampo es Posdoctorado del Instituto de Neurobiología de la Universidad Nacional Autónoma de México Campus Querétaro. ivan.8907@gmail.com

Descripción del Método

Materia prima

Se utilizaron granos de sorgo de siete variedades diferentes: dos blancos (“82w21” y “Paloma”) y cinco rojos (“8133”, “81g67”, “82g34”, “82g93” y “85p20”) de la marca Pioneer, Du Pont cultivado y cosechado en Guanajuato, México, en 2018. Los granos crudos se lavaron con tres enjuagues con agua limpia para eliminar el tratamiento químico y las impurezas. Una vez limpias, se deshidrataron en un deshidratador (Deshidratador de Alimentos modelo 3900B, deshidratadores Excalibur. Sacramento, CA) a 60 ° C durante 24 h y se almacenaron en bolsas plásticas a 4 ° C hasta su uso.

Preparación de harina nixtamalizada de sorgo

La obtención de harinas instantáneas de sorgo se realizó según Gaytán-Martínez et al., (2017). Un kilo de sorgo de cada variedad se sometió a cocción a 94 ° C durante 30 min, en una solución de hidróxido de calcio al 1% en una relación grano/agua 1: 3 (p/v). Los granos cocidos se dejaron reposar en el agua de cocción (nejayote) durante 12 h y pasado este tiempo se retiró el nejayote y los granos se lavaron para quitar el exceso de cal y se pasaron por un molino de disco (Nixtamatic), se deshidrataron a 60°C por 24 h mediante un deshidratador convectivo (Excalibur) y finalmente se tamizaron con una malla no. 60. Todas las harinas se almacenaron en bolsas de plástico a 4 ° C hasta su uso.

A partir de las harinas se elaboraron tortillas las cuales se sometieron a cocción y posteriormente se deshidrataron. Adicionalmente, se molió y tamizó sorgo crudo de cada variedad (0.8 mm) para obtener harinas que se utilizaron como control.

Extracción metanólica de compuestos fenólicos: El extracto metanólico de cada muestra se obtuvo de acuerdo con la metodología de Cardador-Martínez et al., (2002). En un matraz protegido de la luz se pesó 1 g de muestra y se le adicionaron 10 ml de metanol. Se agregó un agitador magnético y se cerró correctamente para evitar evaporación. Se dejó agitando durante 24 h a temperatura ambiente y posterior a este tiempo la solución se centrifugo a 2166 xg durante 10 min a 4 ° C. Se recogió el sobrenadante y se almaceno sellado con parafilm a temperatura de refrigeración ($\leq 4^{\circ}\text{C}$).

Contenido de fenoles totales solubles: Se llevó a cabo según la metodología de Singleton y Rossi, (1965). Se mezclaron 50 μl de extracto metanólico de cada muestra (sorgo crudo, nixtamal, tortilla y nejayote) con 250 μl de agua y 125 μl reactivo de Folin-Ciocalteu (1:10). Se adicionaron 625 μl de carbonato de sodio al 7% para neutralizar y la mezcla se dejó reposando por 2 h en oscuridad y pasado este tiempo se midió la absorbancia a 760 nm. Para determinar el contenido de fenoles se realizó una curva de calibración utilizando ácido gálico como estándar. Los resultados se expresaron como mg EAG/g de muestra.

Capacidad antioxidante: se determinó mediante el ensayo DPPH (2,2-difenil-1-picrylhydrazil) según lo informado por Fukumoto & Mazza (2000). Los resultados se expresan como mg equivalentes de Trolox por gramo de muestra (mg TE / g).

Resultados y discusiones

Contenido de fenoles totales solubles

En la Tabla 1 se muestra el contenido de fenoles solubles totales de las variedades de sorgo crudo, nixtamal, tortillas y nejayote obtenidas del proceso de nixtamalización. El sorgo crudo mostró un contenido total de fenoles en un rango de 0,61 a 1,91 mg GAE/g. El color del pericarpio está relacionado con el contenido de fenoles totales, ya que la mayoría de los sorgos con colores presentaron valores superiores a la variedad blanca 82w21, pero esto no sucedió en la variedad blanca Paloma, ya que tuvo un valor superior (1,44 mg GAE / g) que las variedades rojas 82g34 y 85p20 (0,87 y 1,02 mg de GAE / g de muestra, respectivamente). Esto indica que el color no es un factor determinante en la cantidad de compuestos fenólicos presentes en el grano.

El contenido de fenoles se encontró entre 0,25 y 1,20 mg GAE/g de muestra para el sorgo nixtamalizado. Se observa que hubo una reducción en el contenido de fenoles de 31,25% a 84,82%. Esta disminución se observó en todas las variedades a excepción de 82g34 y 82w21, donde, por el contrario, se observó un incremento del 37,93% y 36,67%, respectivamente. Previamente Gaytán-Martínez et al., (2017), reportaron resultados similares ya que el proceso de nixtamalización provocó una disminución en el contenido de fenoles totales en sorgo, mostrando una reducción de 84.33% en sorgo rojo y 70.98% en sorgo blanco, al utilizar 2% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y 30 minutos de cocción.

La variedad nixtamalizada 82g34 fue la que presentó el mayor valor (1,20 mg GAE/g) por el aumento que presentó tras el proceso de nixtamalización, y seguida de ésta, Paloma tuvo el segundo mayor valor (0,99 mg / g) ya que, aunque

no aumentó con la nixtamalización, fue la que tuvo la menor disminución (31,25%); mientras que las variedades 81g67 y 82g93 mostraron los valores más bajos (0.29 y 0.25 mg GAE / g) debido a que tuvieron las mayores disminuciones (84.82 y 83.44% respectivamente). La mayoría de los compuestos fenólicos presentes en el grano de sorgo son compuestos insolubles que están unidos y esterificados a componentes de la pared celular del pericarpio. El aumento después de la nixtamalización se atribuye a las condiciones alcalinas, así como las altas temperaturas del proceso, provocan una hidrólisis del pericarpio, liberando compuestos fenólicos (Luzardo-Ocampo et al., 2020).

Después de hacer las tortillas, el contenido de fenol se encontró en un rango de 0.24 a 1.11 mg GAE/g, ligeramente más bajo que el encontrado en el nixtamal. No hubo diferencias significativas entre el contenido encontrado en el nixtamal y en la tortilla en ninguna variedad, a excepción de 85p20 y Paloma donde se observó una disminución de 7.02 y 29.29% respectivamente. El menor contenido de fenoles puede deberse a que la temperatura alcanzada durante la cocción de la tortilla ha provocado una pérdida de estos ya que se sabe que son inestables a altas temperaturas.

El contenido de fenoles presentes en el nejayote se encontró entre 0.10 a 1.04 mg GAE/g. En la variedad 85p20 no hubo diferencias significativas entre el valor encontrado en el nejayote (1.04 mg / g) y en grano crudo (1.02 mg / g), pero se observa una diferencia en nixtamal y tortilla que presentan valores menores (0.57 y 0.5 mg/g, respectivamente). Esto se debe a que los altos valores de pH de la nixtamalización provocan una ruptura del enlace éster entre los ácidos fenólicos y los componentes de la pared celular y posteriormente, cuando se pierde el pericarpio, estos compuestos se lixivian junto con él en el nejayote (Méndez-Lagunas et al., 2020).

En las variedades 82g34 y 82w21, hubo un aumento debido a la liberación de compuestos ligados, sin embargo, en este caso una fracción de estos compuestos se retuvo en nixtamal y otra se perdió en nejayote; mientras que las variedades 8133, 81g67 y 82g93 disminuyeron su contenido inicial luego de la nixtamalización debido a la sensibilidad de estos compuestos a las altas temperaturas, y además la mayoría de los fenoles no pudieron ser retenidos en el nixtamal y lixiviados al nejayote; mientras que en la variedad Paloma el contenido inicial disminuyó pero la mayoría se retuvo en el nixtamal y solo una pequeña fracción se lixivió en el nejayote.

Tabla 1. Contenido de fenoles totales solubles (mg GAE/g muestra)

Variedad	Sorgo crudo	Nixtamal	Tortilla	Nejayote
8133	1.80 ± 0.02 ^{aA}	0.48 ± 0.02 ^{eC}	0.49 ± 0.00 ^{dC}	0.86 ± 0.02 ^{bB}
81g67	1.91 ± 0.04 ^{aA}	0.29 ± 0.01 ^{fC}	0.34 ± 0.03 ^{eC}	0.66 ± 0.01 ^{cB}
82g34	0.87 ± 0.03 ^{Cb}	1.20 ± 0.05 ^{aA}	1.11 ± 0.03 ^{aA}	0.10 ± 0.00 ^{eC}
82g93	1.51 ± 0.01 ^{Ba}	0.25 ± 0.03 ^{fC}	0.24 ± 0.01 ^{fC}	0.41 ± 0.02 ^{dB}
82w21	0.61 ± 0.02 ^{dBa}	0.82 ± 0.02 ^{cA}	0.79 ± 0.01 ^{bA}	0.38 ± 0.00 ^{dC}
85p20	1.02 ± 0.02 ^{Ca}	0.57 ± 0.01 ^{dB}	0.53 ± 0.03 ^{dC}	1.04 ± 0.02 ^{aA}
Paloma	1.44 ± 0.16 ^{Ba}	0.99 ± 0.01 ^{bB}	0.70 ± 0.01 ^{cC}	0.13 ± 0.00 ^{eD}

Se muestra la media ± desviación estándar de tres repeticiones calculadas en base seca. Letras minúsculas diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas entre variedades, letras mayúsculas diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticas entre tratamientos (p <0.05).

Capacidad antioxidante de las variedades de sorgo durante la nixtamalización

La capacidad antioxidante por la prueba DPPH se muestra en la Tabla 2. En sorgo crudo se encontró entre 39.04 y 88.68%. La variedad que mostró mayor capacidad antioxidante fue la roja 81g67 y la menor se encontró en la variedad blanca 82w21. Se sabe que esta capacidad antioxidante está dada por el contenido de compuestos fenoles presentes en el sorgo.

Una vez realizada la nixtamalización, la capacidad antioxidante se redujo en todas las variedades, estando en un rango de 28,13 a 62,28%. Debido a estos cambios, el nixtamal que tuvieron mayor capacidad antioxidante fueron 8133 y 82g34, ya que 8133 solo disminuyó 12%, mientras que 82g34 mostró un incremento de 60.66% que se atribuye a la liberación de fenoles de la matriz celular por estar más disponible ejercen mayor capacidad antioxidante.

En la tortilla el rango encontrado fue de 20,81% a 58,65%. Nuevamente, se observó una reducción en la capacidad antioxidante del 5,83% al 45,14%, donde la variedad que mostró la mayor disminución fue 82g93. Esta reducción está asociada con la hidrólisis de algunos compuestos fenólicos provocada por las temperaturas del proceso. Después de

esta reducción, la mayor capacidad antioxidante se encontró en la tortilla de la variedad 8133 y la menor quedó la de la variedad blanca 82w21.

En tanto que en el nejayote se encontró capacidad antioxidante de 16.54% a 61.98% y nuevamente la variedad con menor capacidad antioxidante fue 82w21 y la menor se encontró en 85p20.

Tabla 2. Capacidad antioxidante por ensayo de DPPH (% de inhibición)

Variedad	Sorgo crudo	Nixtamal	Tortilla	Nejayote
8133	71.53 ± 7.23 ^{ba}	62.28 ± 1.14 ^{aAB}	58.65 ± 6.96 ^{aAB}	50.20 ± 2.22 ^{bb}
81g67	88.68 ± 0.87 ^{aA}	45.75 ± 1.00 ^{bc}	40.94 ± 1.19 ^{bd}	53.07 ± 0.68 ^{bb}
82g34	39.04 ± 3.48 ^c	62.72 ± 0.84 ^{aA}	56.55 ± 1.80 ^{aB}	33.78 ± 2.27 ^c
82g93	52.99 ± 4.05 ^{cdA}	40.45 ± 2.24 ^{cb}	22.19 ± 2.38 ^c	25.61 ± 1.74 ^d
82w21	40.45 ± 2.24 ^{eA}	28.13 ± 1.47 ^{eb}	20.81 ± 2.49 ^c	16.54 ± 0.59 ^e
85p20	45.75 ± 1.00 ^{deB}	34.03 ± 1.02 ^d	31.62 ± 4.05 ^{bc}	61.98 ± 0.36 ^{aA}
Paloma	62.47 ± 3.55 ^{bcA}	45.75 ± 1.00 ^{bb}	35.38 ± 3.87 ^{bc}	28.70 ± 2.70 ^d

Se muestra la media ± desviación estándar de tres repeticiones calculadas sobre una base seca. Diferentes letras minúsculas en la misma columna indican diferencias estadísticas entre variedades, diferentes letras mayúsculas en la misma fila indican diferencias estadísticas entre tratamientos (p < 0.05).

La capacidad antioxidante obtenida por el ensayo ABTS se muestra en la Tabla 2. La capacidad antioxidante del sorgo crudo resultados estuvo entre 41.09% (81g67) y 99.26% (85p20).

Los sorgos nixtamalizados presentaron valores entre 34,30% y 85,27%, todas las variedades a excepción de 82g34 mostraron una disminución en su capacidad antioxidante, pero en este caso la variedad 82g34 no presentó cambios significativos en comparación con el sorgo crudo. En este caso, las variedades 8133 y Paloma presentaron los valores más altos.

En las tortillas, la capacidad antioxidante se encontró entre 26,10% y 82,50% y nuevamente la variedad 85p20 continuó siendo la de menor capacidad antioxidante y Paloma la de mayor. En este caso, se observó un incremento en la variedad 82g34, que fue del 9,13%. Finalmente, los valores en el nejayote se encontraron entre 29.29% y 63.77%, para la variedad 82w21 y 85p20 respectivamente.

Los datos demuestran que la nixtamalización, aunque presenta ventajas nutricionales, también tiene efecto sobre la disminución y por ende la capacidad antioxidante del sorgo.

Conclusiones

Las sorgos presentaron diferencias en su contenido de fenoles y capacidad antioxidante sin que el color influyera en los parámetros determinados. La nixtamalización afecta de manera significativa en el contenido de compuestos fenólicos ya que provocó la ruptura del enlace éster entre los compuestos fenólicos ligados y la pared celular del grano, lo que a su vez provocó que algunos de los compuestos presentes se solubilizaran en el nejayote. Las tortillas que mostraron mayor capacidad antioxidante fueron de las variedades rojas 8133 y 82g34.

Recomendaciones

Los investigadores interesados en continuar nuestra investigación podrían concentrarse en evaluar las propiedades funcionales de las harinas de sorgo explotado, así mismo evaluar su desempeño al incluirlas en matrices alimentarias.

Referencias

- Bedolla, S., Palacios, M. G., & Rooney, L. W. (1983). Cooking Characteristics of Sorghum and Corn for Tortilla Preparation by Several Cooking Methods. *Cereal Chemistry*, 60 (4), 263–268. <http://eprints.icrisat.ac.in/3473/>
- Cardador-Martínez, A., Loarca-Piña, G., & Oomah, B. (2002). Antioxidant Activity in Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *J Agric and Food Chem*, 50(24), 6975–6980.
- Dykes, Linda, Rooney, L. W., Waniska, R. D., & Rooney, W. L. (2005). Phenolic compounds and antioxidant activity of sorghum grains of varying genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(17), 6813–6818. <https://doi.org/10.1021/jf050419e>

FAOSTAT. (2018). Cultivos. <http://www.fao.org/faostat/es/?#data/QC/visualize>

Fukumoto, L. R., & Mazza, G. (2000). Assessing antioxidant and prooxidant activities of phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(8), 3597–3604. <https://doi.org/10.1021/jf000220w>

Gaytán-Martínez, Cabrera-Ramírez, Morales-Sánchez, Ramírez-Jiménez, Cruz-Ramírez, Campos-Vega, Velazquez, Loarca-Piña, & Mendoza. (2017). Effect of nixtamalization process on the content and composition of phenolic compounds and antioxidant activity of two sorghums varieties. *Journal of Cereal Science*, 77, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.06.014>

Luzardo-Ocampo, I., Ramírez-Jiménez, A. K., Cabrera-Ramírez, Á. H., Rodríguez-Castillo, N., Campos-Vega, R., Loarca-Piña, G., & Gaytán-Martínez, M. (2020). Impact of cooking and nixtamalization on the bioaccessibility and antioxidant capacity of phenolic compounds from two sorghum varieties. *Food Chemistry*, October. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125684>

Méndez-Lagunas, L. L., Cruz-Gracida, M., Barriada-Bernal, L. G., & Rodríguez-Méndez, L. I. (2020). Profile of phenolic acids, antioxidant activity and total phenolic compounds during blue corn tortilla processing and its bioaccessibility. 2000. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04505-3>

Ratnavathi, C. V., & Komala, V. V. (2016). Sorghum Grain Quality. In *Sorghum Biochemistry: An Industrial Perspective*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803157-5.00001-0>

Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144–158.

Estudio Preliminar Transversal del Compromiso Medioambiental y Desarrollo Sostenible de Estudiantes de la carrera de Ingeniero Industrial Administrador de la Universidad Autónoma de Nuevo León

José Daniel Velázquez-Martínez^{1*}, Mauricio Torres-Torres¹, Soraya Concepción Elizondo-Jimenez¹, Hector Perfecto Molina-Reyna¹, Rogelio Martín De la Rosa-Villarreal¹, Leticia Téllez-González²

Resumen—Introducción: El planeta está sufriendo un proceso de alteración ambiental y que su deterioro no solo afecta a la actual generación sino también a las nuevas generaciones por lo que resulta de interés el estudiar el problema desde diferentes enfoques tanto en el sector empresarial como el educativo. Objetivo: Determinar el compromiso medioambiental y en favor del Desarrollo sostenible de estudiantes de la Carrera de Ingeniero Industrial y Administración a través de un estudio transversal. Metodología: Se trata de un estudio observacional transversal, con una muestra por conveniencia, el instrumento consta de 29 preguntas en escala de Likert, con 5 opciones cada una (1 = totalmente en desacuerdo, 2 = parcialmente en desacuerdo, 3 = indiferente, 4 parcialmente de acuerdo, 5 = totalmente de acuerdo). Resultados: Se obtuvo una muestra de 364 estudiantes de la carrera de Ingeniero Industrial Administrados de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Del total de datos, el 50% (182) refiere al sexo mujer y el otro 50% (182) al sexo hombre. El mayor porcentaje de la población externó tener 17 años (35%, n=124), seguido de 18 años (32%, n=117), 19 años (23%, n=83), 20 años (6%, n=23), 21 años (2%, n=9), 22 años (1%, n=4), 23 años (1%, n=2), 24 años (0.3%, n=1), 32 años (0.3%, n=1), los encuestados muestran serias preocupaciones por el cuidado del medio ambiente. Conclusiones: Se muestran actitudes favorables de los estudiantes de la carrera de Ingeniero Industrial y Administración hacia el medio Ambiente y el desarrollo sostenible, pero es necesario llevar a cabo más investigación y en futuros trabajos correr pruebas de estadística inferencial, así como también determinar la validez y confiabilidad del instrumento utilizado.

Palabras clave—Medioambiente, Desarrollo Sostenible, Ingeniero Industrial Administrador, Estudio transversal, Universidad Autónoma de Nuevo León.

Introducción

Las Instituciones de Educación Superior representan un sector importante en la aplicación del desarrollo sustentable para mejora el creciente deterioro ambiental y tomar medidas para que los recursos perduren en el tiempo, además es de vital importancia que las empresas integren a su plan de desarrollo operacional un programa que incluya políticas de gestión ambiental (Murillo,2021). El presente trabajo surge del interés por estudiar la percepción de los universitarios de la licenciatura de ingeniería industrial de la UANL, acerca del conocimiento frente a los retos que plantea el desarrollo sustentable para la reducción del impacto del daño medio ambiental. Es muy conocido que nuestro planeta está sufriendo un proceso de desestabilización ambiental causado principalmente por los malos hábitos y cultura de consumismo de la mayoría de sus habitantes y que su deterioro no solo afectara a la actual generación sino también a las futuras y debido al gran desarrollo empresarial han sido las empresas quienes en sus funciones han colaborado en mayor parte a la alteración del medio ambiente (Loaiza,2018).

Por lo que resulta de interés estudiar el problema del daño climático desde diferentes enfoques tanto en el sector empresarial como el educativo. La primera vez que se habló sobre desarrollo sustentable a nivel internacional fue a partir de que la Organización de las Naciones Unidas (ONU) creó la comisión Sobre el Medio Ambiente en 1983, realizó estudios y consultas públicas, el cual concluyó con la publicación y divulgación del informe llamado: "Nuestro Futuro Común" que mencionaba que la sociedad debe modificar los hábitos y estilo de vida, para poder

¹ José Daniel Velázquez-Martínez es Profesor de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León, México. jose.velazquezmrz@uanl.edu.mx

¹ Mauricio Torres-Torres es Profesor de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León, México. mauricio.torrestr@uanl.edu.mx

¹ Soraya Concepción Elizondo-Jimenez es Profesor de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León, México. soraya.elizondojm@uanl.edu.mx

¹ Hector Perfecto Molina-Reyna es Profesor de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León, México. hector.molinary@uanl.edu.mx

¹ Rogelio Martín de la Rosa Villarreal es Profesor de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León, México. hector.molinary@uanl.edu.mx

² Leticia Téllez-González es Profesor de la Benemerita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México. leticia.tellezg@correo.buap.mx

evitar crisis sociales y degradación de la naturaleza (López, Ramírez, et al , 2004), así como también hacen mención sobre los grandes problemas que existen en cuanto a la degradación ambiental: contaminación del aire, del suelo y del agua, agotamiento de los recursos naturales renovables y no renovables, pérdida de diversidad biológica y deforestación, entre otros. la (ONU) también dio a conocer una iniciativa para impulsar la educación como la base de una sociedad más equitativa y para integrar el enfoque de la sustentabilidad en los diferentes niveles y sistemas mencionados (Yáñez, Zavarce, 2009), por ejemplo, los dos métodos más usados para transformar la biomasa en energía útil son: el primero es el método termodinámico; que utiliza el calor y el segundo es el método bioquímico; que utiliza microorganismos que descomponen la materia. Estos sistemas son implementados en las centrales de biomasa y obtención de energía para disminución del daño ambiental (Chávez, 2019) además las tecnologías limpias, la gestión de residuos que está reduciendo la explotación de materiales a través del reciclaje y transformando los residuos no reciclables en un recurso valioso, sin embargo no siempre se logra recuperar con facilidad lo invertido por compra de tecnologías ecoamigables (Cabrera. M, 2021) Incluso antes de la pandemia de Covid-19 una de las crisis más grandes del planeta era la contaminación atmosférica, que en el año 2017 ya era el quinto factor de mortalidad, estando por encima de accidentes de tráfico y paludismo. Gracias al confinamiento se han evidenciado mejoras en la calidad del aire y suelo en las grandes ciudades del mundo, pero lo más probable es que estas mejoras se disipen al retomar las actividades económicas previas a la pandemia, lo cual no representa una solución sino solo un aplazamiento del problema y solo se podrá concluir de forma objetiva al terminar por completo las restricciones de movilidad y de confinamiento en el mundo. (Narain, 2020) además de que serán las nuevas generaciones quienes se quedarán a cargo de las empresas y, por consiguiente, encargados de mantener o sostener la economía. Finalmente, todos estamos conscientes sobre el impacto y deterioro que estamos ocasionando a nuestro planeta Tierra, lamentablemente no hacemos mucho por revertirlo o detenerlo, por lo que surge la siguiente interrogante ¿estamos listos para dejar nuestro automóvil e iniciar a movernos en bicicleta? ¿estamos preparados para dejar de ser parte de una cultura de consumismo? Es difícil dejar de lado lo económico, social y cultural cuándo hablamos de desarrollo sostenible, pero mientras en la industria este en primer lugar lo económico será muy difícil cambiar la estructura, normas y procedimientos a favor del desarrollo sustentable (Somoza, 2018) por lo que este trabajo pretende estudiar la percepción así como difundir la importancia de la aplicación del conocimiento del desarrollo sustentable y así lograr un mayor impacto en la mejora y cuidado del medio ambiente en las futuras generaciones del sector educativo y empresarial.

Método

Instrumento

Se utilizo la encuesta empleada por Hernández Fernández Lucero Marcela y Malcón Cervera Claudia en su estudio de “percepción de alumnos de Contaduría y Alta Dirección sobre su actuación en el cuidado del Medio Ambiente como futuros profesionistas en 2020”.

A fin de sustentar los resultados de la presente investigación, y de proporcionar mayor información acerca de los los datos recabados, debe mencionarse que este instrumento consta de 29 preguntas, con 5 opciones cada una (1 = totalmente en desacuerdo, 2 = parcialmente en desacuerdo, 3 = indiferente, 4 parcialmente de acuerdo, 5 = totalmente de acuerdo), siendo en en las preguntas P1 hasta la pregunta P4, la opción 1 = totalmente en desacuerdo, la respuesta esperada, y en el resto (preguntas P5 hasta P29) la opción 5; se utilizo una muestra por conveniencia para caracterizar al tipo de población de 364 estudiantes de la carrera de Ingeniero Industrial Administrados de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Resultados

Del total de datos, el 50% (182) refiere al sexo mujer y el otro 50% (182) al sexo hombre. El mayor porcentaje de la población externó tener 17 años (35%, n=124), seguido de 18 años (32%, n=117), 19 años (23%, n=83), 20 años (6%, n=23), 21 años (2%, n=9), 22 años (1%, n=4), 23 años (1%, n=2), 24 años (0.3%, n=1), 32 años (0.3%, n=1).

En lo que se refiere al conjunto de Actitudes hacia la percepción en el cuidado del medio ambiente, se tomaron en cuenta los valores mínimos y máximos que se presenton en el conjunto y que corresponden a todas las opciones de respuesta del instrumento, donde 1 correspondió a Totalmente desacuerdo y 5 a totalmente de acuerdo.

En las preguntas de percepción negativa en el cuidado del medio ambiente (P1 a P4), los valores de la media se encuentran por debajo del 2 (parcialmente desacuerdo) y por encima de 1 (totalmente desacuerdo), lo cual indica que los encuestados muestran serias preocupaciones por el cuidado del medio ambiente, ver Cuadro 1, por el contrario, en las preguntas de percepción positiva en el cuidado del medio ambiente (P4 a P29), el valor de la media resultó estar por encima de 4 (parcialmente de acuerdo) y por debajo del 5 (totalmente de acuerdo), indicando así, actitudes en favor del cuidado del medio ambiente, ver Cuadro 2. Además, tanto en el Cuadro 1, como en el Cuadro 2, puede verse que la desviación estándar es alrededor del 1, menos de 1 en casi todas, lo cual significa que las respuestas estuvieron

alrededor del 1 y 2 o bien, entre una 4 y 5, para las percepciones negativas y positivas en el cuidado del medio ambiente, respectivamente. De acuerdo a los datos de la simetría de la, los resultados arrojaron evidencia suficiente para afirmar que la mayoría de las variables se encontraron fuera fuera del criterio para la distribución normal ($-0.5 \leq As \leq 0.5$) de modo que existe un sesgo importante en las respuestas obtenidas, tales valores muestran tendencia hacia los valores bajos (en las preguntas P1 a P4) al ser positivos, Cuadro 1, y tendencia hacia los valores altos (en las preguntas P5 a P29), por el hecho de resultar negativos, Cuadro 2.

Con respecto a la curtosis, vemos que el coeficiente para todas las preguntas excepto P15, P19, P21, P23, P25 y P27, lo que confirman una distribución platicúrtica, que señala una amplia concentración de los datos alrededor de la media, dado que los coeficientes fueron todos positivos y alejados del cero, y para las preguntas antes mencionadas los valores de la curtosis fueron negativos, lo que significa que la concentración de los valores alrededor de la media es reducida, ver Cuadro 1 y Cuadro 2.

Para la prueba de la normalidad, analizamos el coeficiente de Kolmogorov Smirnov, y dado que todos los valores para este coeficiente fueron mayor que 0.05 para todas las preguntas, existe evidencia estadística suficiente para afirmar que la distribución de los conjuntos es normal. Con ello podemos aplicar las herramientas estadísticas tales como pruebas T y análisis de correlación, para sustentar los objetivos de la presente investigación, ver cuadro 1 y cuadro 2.

	N	Min	Max	M	DE	As	K	Z ^{k-s}	p
P1	364	1	5	1.850	1.289	1.400	0.630	0.349	0.010
P2	364	1	5	1.790	0.994	1.520	2.110	0.264	0.010
P3	364	1	5	1.850	0.997	1.220	1.150	0.253	0.010
P4	364	1	5	1.240	0.716	3.770	15.110	0.488	0.010

Cuadro 1.- Estadística descriptiva para el conjunto de Actitudes hacia la percepción en el cuidado del medio ambiente. Nota: M= media aritmética, DT= desviación estándar, As= asimetría, K= curtosis, Z^{k-s}= Prueba de Kolmogorov-Smirnov, p= nivel de probabilidad. Fuente: Elaboración Propia.

	N	Min	Max	M	DE	As	K	Z ^{k-s}	p
P5	364	1	5	4.475	0.916	-2.160	4.670	0.376	0.010
P6	364	1	5	4.475	0.857	-2.010	4.360	0.370	0.010
P7	364	1	5	4.624	0.832	-2.800	8.230	0.435	0.010
P8	364	1	5	4.604	0.737	-2.420	7.000	0.410	0.010
P9	364	1	5	4.580	0.794	-2.390	6.270	0.408	0.010
P10	364	1	5	4.615	0.750	-2.510	7.370	0.421	0.010
P11	364	1	5	4.662	0.711	-2.550	7.320	0.446	0.010
P12	364	1	5	4.346	0.790	-1.170	1.340	0.307	0.010
P13	364	1	5	4.500	0.752	-1.740	3.680	0.368	0.010
P14	364	1	5	4.668	0.632	-2.570	9.270	0.429	0.010
P15	364	1	5	4.071	0.875	-0.590	-0.280	0.232	0.010
P16	364	1	5	4.220	0.863	-1.030	0.850	0.268	0.010
P17	364	1	5	4.179	0.893	-1.060	1.030	0.255	0.010
P18	364	1	5	4.107	0.928	-0.980	0.770	0.236	0.010
P19	364	1	5	4.096	0.890	-0.710	-0.100	0.238	0.010
P20	364	1	5	4.404	0.799	-1.610	3.360	0.324	0.010
P21	364	1	5	3.703	1.039	-0.540	-0.250	0.220	0.010
P22	364	1	5	4.302	0.851	-1.430	2.390	0.283	0.010
P23	364	1	5	3.442	1.073	-0.360	-0.530	0.218	0.010
P24	364	1	5	4.170	0.911	-0.960	0.510	0.267	0.010
P25	364	1	5	4.000	0.936	-0.590	-0.330	0.223	0.010
P26	364	1	5	4.198	0.890	-1.030	0.930	0.270	0.010
P27	364	1	5	4.118	0.903	-0.730	-0.060	0.256	0.010
P28	364	1	5	4.431	0.795	-1.490	2.390	0.348	0.010
P29	364	1	5	4.242	0.892	-1.100	0.910	0.289	0.010

Cuadro 2.- Estadística descriptiva para el conjunto de Actitudes hacia la percepción en el cuidado del medio ambiente. Nota: M= media aritmética, DT= desviación estándar, As= asimetría, K= curtosis, Z K-S= Prueba de Kolmogorov-Smirnov, p= nivel de probabilidad. Fuente: Elaboración Propia.

A lo largo del análisis descriptivo, se observaron valores de significación menores a 0.05, lo cual permitió rechazar la hipótesis de que no existe diferencias significativas en las preguntas que conforman a este instrumento, por tal motivo, es necesario realizar un análisis comparativo por género. A continuación se realizará un análisis de T-student para tal comparación.

Análisis comparativo

Para el análisis comparativo correspondiente al género de los encuestados, se utilizó la prueba T para dos muestras independientes. Se desea probar la hipótesis de que no hay diferencias en el género para la percepción en el cuidado del medio ambiente, contra la hipótesis alternativa de que el género sí influye en esta percepción. Tal prueba se realizará en base a la comparación de promedios. Puesto que el valor de P, en todas las comparaciones es mayor que $\alpha = 0.05$, podemos apreciar que hay suficiente evidencia estadística para afirmar que no hay diferencia significativa en el género en favor del cuidado del medio ambiente. Véase cuadro 3.

	Género		M	DE	p	T	gl
P1	Mujer	182	1.841	1.379	0.935	-0.080	354
	Hombre	182	1.852	1.196			
P2	Mujer	182	1.659	0.983	0.013	-2.500	361
	Hombre	182	1.918	0.991			
P3	Mujer	182	1.758	1.023	0.076	-1.780	358
	Hombre	182	1.940	0.923			
P4	Mujer	182	1.187	0.704	0.166	-1.390	361
	Hombre	182	1.291	0.727			
P5	Mujer	182	4.588	0.835	0.019	2.36	352
	Hombre	182	4.363	0.981			
P6	Mujer	182	4.632	0.658	0.000	3.54	313
	Hombre	182	4.319	0.996			
P7	Mujer	182	4.786	0.659	0.000	3.780	322
	Hombre	182	4.462	0.950			
P8	Mujer	182	4.802	0.551	0.000	5.300	312
	Hombre	182	4.407	0.841			
P9	Mujer	182	4.725	0.682	0.000	3.550	342
	Hombre	182	4.434	0.869			
P10	Mujer	182	4.747	0.675	0.001	3.390	352
	Hombre	182	4.484	0.799			
P11	Mujer	182	4.758	0.619	0.010	2.600	343
	Hombre	182	4.566	0.782			
P12	Mujer	182	4.588	0.657	0.000	6.130	342
	Hombre	182	4.104	0.838			
P13	Mujer	182	4.599	0.727	0.012	2.530	361
	Hombre	182	4.401	0.764			
P14	Mujer	182	4.802	0.498	0.000	4.150	322
	Hombre	182	4.533	0.718			
P15	Mujer	182	4.319	0.833	0.000	5.610	361
	Hombre	182	3.824	0.849			

P16	Mujer	182	4.500	0.741	0.000	6.540	350
	Hombre	182	3.940	0.887			
P17	Mujer	182	4.412	0.787	0.000	5.160	351
	Hombre	182	3.945	0.933			
P18	Mujer	182	4.412	0.794	0.000	6.630	350
	Hombre	182	3.802	0.954			
P19	Mujer	182	4.286	0.825	0.000	4.150	358
	Hombre	182	3.907	0.915			
P20	Mujer	182	4.577	0.650	0.000	4.230	330
	Hombre	182	4.231	0.893			
P21	Mujer	182	3.967	0.904	0.000	4.990	348
	Hombre	182	3.440	1.100			
P22	Mujer	182	4.478	0.726	0.000	4.030	342
	Hombre	182	4.126	0.929			
P23	Mujer	182	3.571	1.089	0.022	2.310	361
	Hombre	182	3.313	1.044			
P24	Mujer	182	4.313	0.889	0.003	3.030	361
	Hombre	182	4.027	0.913			
P25	Mujer	182	4.214	0.906	0.000	4.48	361
	Hombre	182	3.786	0.918			
P26	Mujer	182	4.379	0.850	0.000	3.970	361
	Hombre	182	4.016	0.895			
P27	Mujer	182	4.346	0.838	0.000	4.970	359
	Hombre	182	3.890	0.910			
P28	Mujer	182	4.665	0.624	0.000	5.860	327
	Hombre	182	4.198	0.876			
P29	Mujer	182	4.429	0.823	0.000	4.080	357
	Hombre	182	4.055	0.921			

Cuadro 3.- Estadístico T- student para el análisis comparativo del género y el apartado de actitudes hacia la percepción en el cuidado del medio ambiente. Nota: M= media aritmética, DT= desviación estándar, t= valor de la prueba comparativa T, p= nivel de probabilidad, gl= grados de libertad. Fuente: Elaboración Propia.

Conclusiones

Con el análisis descriptivo de los datos, se evidenció una disposición, motivación y preocupación significativa de los estudiantes en procurar el medio ambiente, validando de este modo la hipótesis planteada. Recalcando que, los resultados del presente estudio, muestran actitudes favorables de los estudiantes de la carrera de Ingeniero Industrial y Administración hacia el cuidado del medio Ambiente y el desarrollo sostenible, sin embargo, es necesario llevar a cabo más investigación, para formar estudiantes con valores éticos que les permita desarrollar el hábito del cuidado, conciencia y respeto por nuestra naturaleza.

Con el fin de crear y fortalecer una educación ambiental, se considera hacer partícipe tanto a la institución con los líderes que la dirigen como al gobierno para implementar estrategias desde el nivel básico escolar, a través de los centros educativos.

Recomendaciones

Los investigadores interesados en continuar nuestra investigación podrían concentrarse en futuros trabajos en correr pruebas de estadística inferencial, así como también determinar la validez y confiabilidad del instrumento utilizado, para extrapolar el estudio a gran escala, es decir, inferir para la población.

Referencias

- Cabrera Medina, Y. A., Delgado Campos, D., Eléspuru Grau, R. J., & Ferreyra Aucaruri, E. (2021). La empresa Munay Compost y el desarrollo del uso masivo de sus composteras domésticas como alternativa ecoamigable para el aprovechamiento sostenible de residuos orgánicos
- Chávez-Sifontes, M. (2019). La biomasa—fuente alternativa de combustibles y compuestos químicos. *Anales de Química de la RSEQ*, 115(5), 399-399.
- Hernández Fernández, L. M., Malcón Cervera, C. (2020). Percepción de alumnos de Contaduría y Alta Dirección sobre su actuación en el cuidado del Medio Ambiente como futuros profesionistas. *Revista de Investigación en Ciencias Contables y Administrativas*, 7(1), 94-109.
- Jesús Alberto Somoza Rios, Kenia Inzunza Duarte. (2017). Percepción del impacto del desarrollo sustentable en directivos. *Revista Vinculando*. <https://vinculando.org/empresas/percepcion-del-impacto-del-desarrollo-sustentable-en-directivos.html>
- Loaiza Franco, J. (2018). Estado actual de la formación en contabilidad ambiental en la ciudad de Santiago de Cali y percepción de la misma de los estudiantes de Contaduría Pública de la Universidad del Valle sede Santiago de Cali.
- López, A., Vega, H., Hernández, A., & Ramírez, C. (2004). El Plan Trifinio: Un proceso de desarrollo sustentable transfronterizo en Centroamérica. Universidad Nacional de Costa Rica, noviembre, 108pp.
- Maturana Murillo, E., & Gómez Cano, D. (2021). Los costos ambientales frente al desarrollo sostenible de las empresas. *Adversia*, (26), 1–10. Recuperado a partir de <https://revistas.udea.edu.co/index.php/adversia/article/view/345863>
- Somoza, A. H. (2018). Contaminación industrial y urbana en ciudades de tamaño mediano: detección y mitigación.
- Yáñez, R., & Zavarce, C. (2009). Desarrollo Sustentable: ¿Desafío o Compromiso. *Revista Ingeniería Industrial*. Actualidad y Nuevas Tendencias, 1, 73Y85

Instalación de Drupal 8 para Plataforma Médica eLearning

Ing. Victor Manuel Velazquez González¹, Dra. María de la Luz Valdez Ramos²,
M.C. Diana del Carmen Carrillo Reyes³, M.S.C Sergio Díaz Contreras⁴
y Dra. Teresa de Jesús Javier Baeza⁵

Resumen— Actualmente la popularidad de las plataformas web respaldadas por los sistemas gestores de datos han estado constantes y populares a través de los años, mejorando continuamente y ofreciendo actualizaciones de seguridad a través de una comunidad open source por lo cual no han pasado desapercibidas por las empresas multinacionales que ven una oportunidad de acercarse al público en general o nichos específicos como es el caso de este artículo en el cual se aborda la mejora de una plataforma respaldada por la marca Nestlé con lo cual en este documento se pretende explicar el proceso de implementación para la reestructuración del módulo MyCe Learning de Nestlé Medical Hub a través del ecosistema Drupal una tecnología open source muy popular.

Palabras clave— Instalación, eLearning, Drupal, Nestlé

Introducción

Nestlé Medical Hub es un centro de recursos gratuito, creado exclusivamente para profesionales de la salud, para respaldar su práctica diaria y su viaje de desarrollo profesional. En esta plataforma, se puede encontrar una variedad de recursos educativos, incluidas las mejores prácticas en el manejo de la nutrición, información y evidencia clínica para los productos que maneja Nestlé en este ámbito.

Es claro que la plataforma está comprometida con el desarrollo y distribución de conocimiento hacia los profesionales de la salud proporcionándoles herramientas, así como cursos gratuitos. El desarrollador Smart Cloud México utilizó Drupal a petición de Nestlé, un CMS (Sistema de Gestión de Contenidos) que le ayuda a ofrecer experiencias digitales ambiciosas, elegantes y de alto rendimiento a escala, también ha inspirado una nueva generación de experiencias digitales, además de funcionar como un ecosistema debido a su facilidad para integrar nuevas funciones o módulos.

Progresivamente se ha creado la necesidad de actualizar todos los productos web que la empresa Nestlé tiene y la plataforma Nestlé Medical Hub no fue una excepción, desde hace algunos años empezó su migración de .NET a Drupal en su versión 8, una tecnología Open Source que la empresa adoptó como nuevo estándar para las plataformas existentes y los futuros desarrollos.

La plataforma Nestlé Medical Hub cuenta con múltiples módulos, entre ellos el módulo de aprendizaje en línea “eLearning” que está desarrollado en una tecnología ajena al estándar adoptado por lo cual requiere ser desarrollado en el nuevo estándar permitiendo la integración con el ecosistema Drupal para ello en los siguientes puntos se desarrollará el proceso de implementación para esta herramienta dentro del ecosistema nuevo de Medical Hub.

Marco teórico

Primeros pasos

Como primer paso es fundamental en cualquier desarrollo de software analizar las posibles tecnologías a implementar en el proyecto, en el caso del módulo MyCe Learning fue necesario especificar la versión de la tecnología Drupal que se usará debido a que actualmente la versión de esta tecnología es la 9 pero por decisión técnica fue imprescindible utilizar la versión número 8 debido a que la 9 aún está en fase beta lo cual podría ocasionar problemas de compatibilidad al momento de la migración.

Principales tecnologías utilizadas

Drupal 8, MySQL, Bootstrap, Pantheon

Migración y purgado de datos

¹ El Ing. Victor Manuel Velazquez González estudiante de la Maestría en Tecnologías de la Información en el Instituto Tecnológico de Villahermosa

² La Dra. María de la Luz Valdez Ramos es profesora en el Instituto Tecnológico de Villahermosa

³ La M.C. Diana del Carmen Carrillo Reyes es profesora en el Instituto Tecnológico de Villahermosa

⁴ El M.S.C Sergio Díaz Contreras es profesor en el Instituto Tecnológico de Villahermosa

⁵ La Dra. Teresa de Jesús Javier Baeza es profesora en el Instituto Tecnológico de Villahermosa

Afortunadamente para el proyecto MyCe Learning fue posible la migración de datos a través de una hoja de cálculo debido a que se contaba aún con acceso a la información a pesar de que el módulo anterior no contó con ningún tipo de soporte por los desarrolladores anteriores, el único detalle que surgió al momento de la migración fueron errores ortográficos en los nombres de los usuarios, espacios en blanco, usuarios vacíos que antes de iniciar el traslado tuvo que trabajarse para purgar dicha información.

Es importante aclarar que debido a que el proyecto está enfocado al mercado estadounidense la información presentada será en inglés y al utilizar la base de datos MySQL fue muy conveniente contar con la posibilidad de extraer la información en hojas de cálculo que son muy compatibles con este formato para la migración.

Roles de usuarios administrativos

Una parte fundamental del proyecto es definir los roles de las personas que utilizaran la plataforma y asignarles los diferentes roles, permisos y accesos según lo que el cliente especificó, como se puede visualizar en la figura 1 con los diferentes roles administrativos y los permisos con los que cuentan dichos roles de manera visual y resumida con el siguiente esquema de colores se puede identificar a qué zonas el usuario tiene acceso completo (casilla verde), acceso limitado (casilla amarilla) y acceso denegado (casilla roja) de igual forma existen roles que no tiene acceso a casi nada más que visualizar contenido que por temas regulatorios se deben incluir.

Allow full access													
Limited access													
No access													
	Edit User Profile	Sampling Campaigns	Sampling Requests	Event Registrations	Webinars	CE	ENact	Fellowship	Conversion Hub WL	Add/Edit Content	Create MyCE Live Event Request	WIC Map Data (NEW)	
General Admin	YES (all)	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	
MyCE Admin (NEW admin type)	View Profile Only (no edit)	NO	NO	YES	YES	YES	NO	NO	NO	Live Course Self-Study Course Webinar Media File	YES	NO	
Sampling Admin	Address	YES	YES	NO	NO	NO	NO	NO	NO	Sampling Campaign only	NO	NO	
Events Staff	NO	NO	NO	YES	NO	NO	NO	NO	NO	EVENTS content type only	NO	NO	
B2B Ecomm (later 2021)	SAP ID Ordering Permissions Address	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	TBD	NO	NO	
Customer Support	YES (all)	YES	YES	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
Sales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	YES	NO	
Digital	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
Medical Affairs	NO	NO	NO	YES	YES	NO	YES	YES	NO	NO	YES	NO	
Market Access	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	YES	
Marketing	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
Regulatory	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
Legal	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
Other	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	

Figura 1. Hoja de calculo con roles administrativos y sus permisos.

Instalación de Drupal en el hosting

Para el paso de la instalación de drupal es necesario definir qué se instalará desde la descarga manual del software principal que se especifica en la página oficial de Drupal ya que existen otros medios por los cuales instalarlo como la forma interactiva que también se presentará a continuación, cabe mencionar que es necesario crear una base de datos, junto con una cuenta de usuario de base de datos con acceso completo para evitar problemas futuros, versión de Drupal a instalar 8.1.10

Pasos para la instalación manual

1. Ir a <https://www.drupal.org> y navegar hasta build > Download & Extend en el menú de nivel superior.



Figura 2. Ejemplo paso 1

2. Si se desea descargar solo el software principal, se da clic en el enlace Download Drupal zip o download tar.gz y guardar el archivo en nuestra máquina local.

3. Si desea descargar otra distribución, haga clic en el icono o enlace Distribuciones, elija una distribución de la lista, haga clic en la página de su proyecto y haga clic en el enlace para descargar un archivo zip o tar.gz en su máquina local. El enlace tiene este aspecto como el que se puede observar en la figura 3:



Figura 3. Enlace de descarga

4. El archivo descargado se tiene que subir a la cuenta de hosting. Iniciando sesión en el panel de control y navegando hasta el directorio HTML. Guardando el archivo allí

5. Se descomprime el archivo tar.gz o zip, lo que creará un nuevo directorio. Si no se tiene acceso a la terminal, o su servidor de alojamiento no está ejecutando Linux, el administrador de archivos de su panel de control de alojamiento debería proporcionar una forma de extraer los archivos. Si tiene acceso de terminal a su servidor de alojamiento (con Linux), puede usar un comando como: tar -xzf drupal-8.3.2.tar.gz

6. Se puede eliminar sin problemas el archivo comprimido del servidor, a menos que su método de desempaquetado ya lo haya eliminado.

7. Es posible cambiar el nombre del directorio o reconfigurar su alojamiento web, de modo que el nombre del directorio coincida con el directorio que su alojamiento web está configurado para usar en su sitio sin ningún problema.

8. Una vez descargado el software, se puede instalar un sitio de demostración temporal para verificar que la instalación se realizó de manera correcta ejecutando el siguiente comando desde el directorio de nivel superior del software principal: php core/scripts/drupal quick-start standard

9. Se instalará el sitio de demostración y su navegador web debería abrirse para iniciar sesión en el nuevo sitio, que solo se ejecutará mientras el comando PHP esté activo. Para obtener más información sobre esta funcionalidad, se puede usar el comando de ayuda: php core/scripts/drupal quick-start -help (Drupal, 2021).

Pantallas del módulo incorporado al ecosistema Nestlé Medical Hub

Una vez realizada la instalación del ecosistema Drupal en su versión 8 es necesario integrar los archivos correctos de la página principal y la plataforma medical hub con el nuevo añadido de MyCe Learning como se observan en las figuras 4 y 5 en las cuales se muestran las pantallas de la página principal y posteriormente el módulo añadido de MyCe Learning.



Welcome to the Nestlé Medical Hub
Figura 4. Página principal

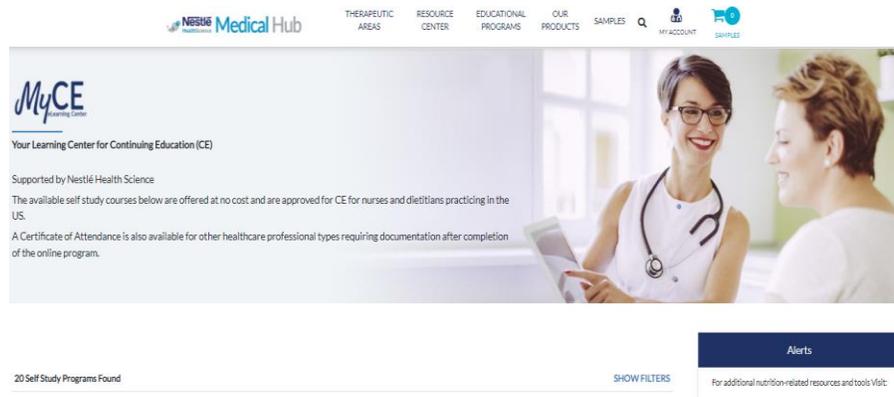


Figura 5. Módulo añadido

Comentarios Finales

Conclusiones

En conclusión con base en el avance que tiene actualmente del proyecto es muy gratificante ver cómo se va construyendo el proyecto y aunque necesita algunas funciones extra se puede notar la mejoría que se tiene con respecto al módulo anterior que estaba obsoleto y tenía serios problemas de seguridad, es importante que las empresas se preocupen más por crear este tipo de plataformas gratuitas donde se pueda capacitar a los profesionales de la salud a través de internet y lo mejor que tengan el soporte de una comunidad tan inmensa como la que mantiene a la tecnología drupal open source.

Agradecimientos

Se agradece a mi comité de evaluación, cuyos aportes e ideas fueron una parte importante en la realización de este artículo.

Referencias

Nestlé. (s. f.). Self Study Programs | Nestlé Medical Hub | Nestlé Health Science Portal for Healthcare Professionals. MyCe Learning Platform. Recuperado 23 de diciembre de 2021, de <https://www.nestlemedicalhub.com/myce>

Nestlé. (2021, 2 septiembre). Home | Nestlé Medical Hub | Nestlé Health Science Portal for Healthcare Professionals. Nestlé Medical Hub. Recuperado 23 de diciembre de 2021, de <https://www.nestlemedicalhub.com/>

Drupal. (2021a, abril 5). Downloading the Core Software Manually. Drupal.org. Recuperado 23 de diciembre de 2021, de https://www.drupal.org/es/docs/user_guide/es/install-manual.html

Drupal. (2021b, abril 5). Running the Interactive Installer. Drupal.org. Recuperado 23 de diciembre de 2021, de https://www.drupal.org/es/docs/user_guide/es/install-run.html

MySQL. (s. f.). MySQL :: MySQL Documentation. Recuperado 23 de diciembre de 2021, de <https://dev.mysql.com/doc/>

Otto, M. J. T. (s. f.). Bootstrap Introduction. Bootstrap 4. Recuperado 23 de diciembre de 2021, de <https://getbootstrap.com/docs/5.1/getting-started/introduction/>

Identificación de Bacterias Encontradas en Semen Post congelación en el Ganado Bovino en los Estados de Sinaloa y Durango

MVZ. Gema Zaharina Vidaca Valdez¹, Dr., Miguel Ángel Rodríguez Gaxiola², Dra. Soila Maribel Gaxiola Camacho³, MC. Higinio Cepeda Quintero⁴, MC. Claudia Leonor Barraza Tizoc⁵ MVZ. Octavio Maldonado Egure⁶, MVZ Daniela Gerardo López⁷, Dra. Nohemí Castro del Campo⁸, MC. Jesús Daniel Solís Carrasco⁹, Dra. Idalia Enríquez Verdugo*¹⁰.

Resumen— El presente estudio fue de tipo observacional, descriptivo, transversal y por conveniencia. Se obtuvieron 18 muestras de semen congelado de diferentes sementales de ganado bovino de los estados de Sinaloa y Durango. Se cuantificó el número de bacterias presentes en el semen por UFC/ml (siembras por difusión en placas). Se observó morfología macroscópica colonial, se les realizó tinción Gram y pruebas bioquímicas para su identificación. La cuantificación bacteriana varió de 0 a 3,280 UFC/ml, de estas se aislaron 13 cepas, de las cuales 6 fueron Gram positivas, donde se identificaron a *Enterococcus spp*, *Bacillus spp*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus saprophyticus*, *Staphylococcus spp* y *Micrococcus spp* y 7 fueron Gram negativas, las cuales se identificaron como *Enterobacter spp*, *Pseudomonas aureginosa*, *Acinetobacter spp*, *Serratia spp*, *Citrobacter spp*, *Proteus spp* y *Brucella spp*. Esto puede indicar una contaminación cruzada debido a las bacterias comensales y en algunos casos al mal manejo (patógenos oportunistas).

Palabras clave—Bacterias, semen, bovinos, identificación.

Introducción

En los últimos años, la práctica de inseminación artificial en bovinos ha ido en aumento, estos nos llevan a preguntarnos si hay un control efectivo de microorganismos en el semen; la identificación y control de agentes bacterianos contaminantes del semen bovino, así como las técnicas de dilución y preservación de este, han sido objeto de numerosas investigaciones (Santos y Silva, 2020). En todas las explotaciones la sanidad va de la mano con la reproducción animal ya que la recolección de semen en especies de animales de granja no es un procedimiento estéril; en condiciones normales, no hay microorganismos en el semen, pero los contaminantes pueden ser introducidos al semen a través de la recolección, por una vagina, lubricante no estéril, etc. (Hidalgo, 2015; Santos y Silva, 2020). Actualmente se busca mejorar la calidad del semen congelado; un punto importante para incrementar este aspecto es la determinación de la cantidad de bacterias, género y especies ya que es conocido que al incrementarse la cantidad de UFC/ml la motilidad del espermatozoide tiende a disminuir y los microorganismos aislados del semen compiten con los espermatozoides por los nutrientes, además de producir sustancias metabólicas que tienen efectos adversos sobre la viabilidad de los espermatozoides. Hernández *et al.* (2002) cuantificaron 64 muestras de semen post congelado, de las cuales 8 sobrepasan el límite de UFC/ml en semen post congelado señalado en la NOM-092-SSA-1994, de mismo modo aislaron *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus aureus*, *Enterobacter hafniae* y *Proteus mirabilis*, a partir dichas muestras de semen post congelado provenientes de 4 empresas dedicadas a la venta de semen congelado. Najee *et al.* (2012) aislaron *Stenotrophomonas maltophilia* y *Pseudomonas aeruginosa*, a partir de 100

¹ La MVZ. Gema Zaharina Vidaca Valdez es estudiante de Maestría en Ciencias Agropecuarias

² El Dr. Miguel Ángel Rodríguez Gaxiola profesor investigador de Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

³ La Dra. Soila Maribel Gaxiola Camacho profesora investigadora de Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

⁴ El MC. Higinio Cepeda Quintero es profesor investigador de Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

⁵ La MC. Claudia Leonor Barraza Tizoc es profesora investigadora de Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

⁶ El MVZ. Octavio Maldonado Egure es estudiante de Maestría en Ciencias Agropecuarias

⁷ La MVZ. Daniela Gerardo López es auxiliar del laboratorio de Reproducción Animal en la Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

⁸ La Dra. Nohemí Castro del Campo es profesora investigadora de Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

⁹ El MC. Jesús Daniel Solís Carrasco es profesor investigador de Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

^{10*} La Dra. Idalia Enríquez Verdugo profesora investigadora de Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, responsable del escrito

pajillas congeladas importadas, mientras que Silveira y Machado (2005) reportaron presencia *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Staphylococcus coagulasa* negativa en 10 toros congelados de la raza Holstein. Trujillo y Rivera (2002) aislaron *Escherichia coli*, *Proteus* spp y *Klebsiella* spp, a partir de 2 toros, en semen fresco, semen precongelado y post congelado. Goularte *et al.* (2019) aislaron *Aeromonas* spp, *Enterobacter* spp, *Enterococcus* spp, *Escherichia coli*, *Staphylococcus* sp, *Aerococcus* spp, *Pseudomonas* spp, *Rhizobium* spp, a partir de 35 pajillas. Morales *et al.* (2013) reportaron presencia de *Pseudomonas* sp, *Micrococcus* sp, *Bacillus* no fermentadores, *Staphylococcus* sp, *Pasteurella* sp en 34 pajillas de toros nuevos. El objetivo del presente trabajo fue cuantificar e identificar los microorganismos presentes en el semen post congelado de bovinos de Sinaloa y Durango.

Descripción del Método

El presente es un estudio observacional, descriptivo, transversal y por conveniencia, se llevó a cabo en el municipio de Culiacán, Sinaloa. Se colectaron muestras de semen de 18 bovinos sementales de diversas razas provenientes de los estados de Sinaloa y Durango. Los animales fueron recolectados y congelados bajo el protocolo descrito por Ribeiro-Peres *et al* (2014). El procesamiento de la muestra se llevó a cabo en el Laboratorio de Bacteriología y Micología, ubicado en las instalaciones de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa. La metodología se dividió en dos etapas: 1- Cuantificación de UFC/ml. Se realizaron diluciones seriadas por pajilla a partir de 1:10, 1:100 y 1:1000, a través del uso de agua peptonada como diluyente. Una vez rotulados los materiales con el nombre de pajilla y fecha, se descongelaron convencionalmente, en agua a una temperatura de 36 a 37°C durante 40 seg. Posteriormente se realizaron las diluciones formando una mezcla homogénea en volúmenes con proporción 1:9 ml del semen y del diluyente respectivamente. Para la primera dilución (1:10) se utilizó 0.4 ml de semen (volumen total de la pajilla) en 3.6 ml de agua peptonada, los cuales se homogeneizaron a través de un shaker. Para la segunda dilución se tomó 1 ml de la primera dilución y se colocó en 9 ml de agua peptonada y así sucesivamente hasta llegar a la tercera dilución (Morales, 2013). Para inocular en las placas de agar sangre se tomaron 500 µl de cada dilución y se sembraron mediante la técnica de esparcido en placa descrita por Aryal (2016) con ayuda de un asa de Drigalski. Estas diluciones fueron sembradas en agar sangre y se incubaron de 24 a 48 h a 37°C en condiciones de aerobiosis, donde se permitió el desarrollo de bacterias de crecimiento lento, transcurrido el tiempo de incubación fueron objeto de observación y conteo para su análisis. 2- Identificación bacteriana por pruebas bioquímicas. Para la identificación fenotípica colonial de la bacteria se tomó en cuenta el tamaño, textura, borde y color de la colonia; a partir de colonias macroscópicamente distintas se realizó tinción Gram y se observó al microscopio con el objetivo de 100 X para identificar la morfología microscópica (Bou *et al.*, 2011). Las pruebas bioquímicas utilizadas para la identificación bacteriana fueron: agar de hierro y triple azúcar (TSI), agar de hierro y lisina (LIA), agar citrato de Simmons y sulfuro indol motilidad (SIM), prueba de oxidasa, catalasa, coagulasa y fermentación de manitol. En TSI se evaluó la capacidad para fermentar carbohidratos como glucosa, sacarosa y lactosa; en LIA se evaluó la presencia de la enzima decarboxilasa (descarboxilación de la lisina); en citrato de Simmons se comprobó la utilización del citrato de sodio como única fuente de carbono; en SIM se probó la motilidad, la producción de ácido sulfhídrico (H₂S) e indol; en la prueba de oxidasa se determinó la presencia de enzimas del sistema citocromo oxidasa, en la prueba de catalasa se comprobó la presencia de esta enzima, la cual descompone el peróxido de hidrógeno; la prueba de coagulasa evidenció la presencia de esta enzima al coagular el plasma y transformar el fibrinógeno en fibrina; por último, algunos microorganismos fermentan manitol (Kaiser, 2017).

Resumen de resultados

De las 18 muestras de semen post congelado de bovinos, se cuantificaron las UFC/ml, como se puede apreciar en el cuadro 1, donde 8 de muestras evaluadas obtuvieron de 530 a 3280 UFC/ml de semen, de estas 4 fueron provenientes del estado de Durango y 4 del estado de Sinaloa, mientras que en las muestras restantes 6 fueron provenientes del estado de Sinaloa y 4 del estado de Durango, donde se observó de 0 a 340 UFC/ml. Con base en estos resultados las primeras 8 muestras no cumplen con la NOM-092-SSA-1994 por el conteo por encima de los 500 UFC/ml, esto indica que es necesario realizar la toma de muestra de semen en un ambiente inocuo y del manejo eficiente del equipo utilizado en este proceso, además de la bioseguridad del personal recolector, así como llevar a cabo muestreos aleatorios de semen post congelado y realizar el análisis microbiológico pertinente en cada recolección, esto concuerda con Hernández *et al.* (2002) donde cuantificaron 64 muestras de semen post congelado y 8 de ellas mostraron cuantificación por encima de la norma, implicando su elevado conteo bacteriano al mal manejo del semen durante su congelación.

Muestra	Raza	Estado	UFC/ml
1	Simbrah	Sinaloa	530
2	Simbrah	Sinaloa	80
3	Suiz-Bu	Sinaloa	720
4	Simbrah	Sinaloa	850
5	Charolais	Durango	750
6	Angus Negro	Durango	160
7	Girolando	Sinaloa	0
8	Beefmaster	Sinaloa	560
9	Beefmaster	Sinaloa	40
10	Santa Gertrudis	Sinaloa	150
11	Beefmaster	Sinaloa	0
12	Beefmaster	Sinaloa	0
13	Beefmaster	Sinaloa	0
14	Simmangus	Durango	3,280
15	Hereford	Durango	550
16	Charbray	Durango	340
17	Charolais	Durango	1,100
18	Beefmaster	Durango	0

Cuadro 1. Conteo de las unidades formadoras de colonia por mililitro.

De las 18 muestras de semen, se sembraron y se aislaron cepas, las cuales presentaron características macroscópicas y microscópicas morfológicas distintas y se agruparon en 13 cepas, de las cuales 6 son Gram positivas como se muestra en cuadro 2 y 7 son Gram negativas, Cuadro 3.

Cepa	Características macroscópicas	Características Microscópicas	Tinción Gram
1	Colonias pequeñas, lisas de borde uniforme, de color crema o blanco	Cocos	+
2	Colonias de 3 a 4 mm de diámetro betahemolíticas con hemólisis completa, de color de grisáceo verdoso	Bacilos	+
3	Colonias rosáceas opacas, de 1-3 milímetros de diámetro	Cocos	+
4	Colonias grisáceas amarillentas de 2-3 milímetros de diámetro con borde definido	Cocos	+
5	Colonias blanquecinas grisáceas redondas de aspecto mucoso puntiforme	Cocos	+
6	Colonias blancas de borde redondo, grandes de 3-4 milímetros de diámetro, planas	Cocos	+

Cuadro 2. Características macroscópica, microscópica y reacción a la tinción Gram de las cepas aisladas.

Cepa	Características macroscópicas	Características Microscópicas	Tinción Gram
7	Colonia amarillenta verdosa mucosa redonda 2-3 milímetros de diámetro convexa	Bacilos	-

8	Colonia amarillenta menos de 1 milímetro convexa puntiforme	Bacilos	-
9	Colonia amarillenta grisácea redonda convexa aspecto mucoso	Bacilos	-
10	Colonia blanquecina grisácea convexa aspecto mucoso redonda de 2 micras aproximadamente	Bacilos	-
11	Colonias pequeñas aisladas puntiforme de aspecto seco convexas	Bacilos	-
12	Colonia amarillenta naranja, fusiforme, de apariencia mucosa	Bacilos	-
13	Colonia blanquecina grisácea puntiforme 1-2 milímetros de diametro convexa redonda	Cocobacilos	-

Cuadro 3. Observación macroscópica, microscópica y reacción a la tinción Gram de las cepas aisladas.

De acuerdo con las cepas aisladas se identificaron con base a las pruebas bioquímicas las cepas 1, 2, 3, 4, 5 y 6 como *Enterococcus spp*, *Bacillus spp*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus saprophyticus*, *Staphylococcus spp* y *Micrococcus spp*, mientras que a las cepas 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 13 como *Enterobacter spp*, *Pseudomona spp*, *Acinetobacter spp*, *Serratia spp*, *Citrobacter spp*, *Proteus spp* y *Brucella spp* respectivamente (Cuadros 4 y 5), lo cual indica que bacterias comensales y patógenas se localizan en este tipo de muestras y puede ser debido una contaminación en su recolección o bien, los sementales presentan enfermedades asintomáticas causadas por bacterias. Estos datos concuerdan parcialmente con Najee *et al.* (2012) quienes aislaron *Stenotrophomonas maltophilia* y *Pseudomona aeruginosa*, a partir de 100 pajillas congeladas importadas, de igual manera Trujillo y Rivera aislaron *Escherichia coli*, *Proteus spp* y *Klebsiella spp*, a partir de 2 toros, en semen fresco, semen precongelado y post congelado en el 2002, lo cual concuerda únicamente con la identificación de *Proteus spp*. De mismo modo concuerda con Goularte *et al.* (2019) quienes aislaron *Aeromonas spp*, *Enterobacter spp*, *Enterococcus spp*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus sp*, *Aerococcus*, *spp Pseudomonas spp*, *Rhizobium spp*, a partir de 35 pajillas.

Prueba bioquímica	1 <i>Enterococcus spp</i>	2 <i>Bacillus spp</i>	3 <i>Staphylococcus aureus</i>	4 <i>Staphylococcus saprophyticus</i>	5 <i>Staphylococcus spp</i>	6 <i>Micrococcus spp</i>
Catalasa	+	+	+	+	+	+
Sulfuro	-					-
Indol	-					-
Motilidad	+					+
Citrato de Simmons	-					-
Agar Triple	K/N					K/N
Azúcar						
Agar Hierro	N/N					N/N
Lisina						
Gelatina	+					+
Nutritiva						
Sal y manitol	-	-	+	+	-	-

Cuadro 4. Pruebas bioquímicas para bacterias Gram positivas

Prueba bioquímica	7 <i>Enterobacter</i> spp	8 <i>Pseudomona</i> spp	9 <i>Acinetobacter</i> spp	10 <i>Serratia</i> spp	11 <i>Citrobacter</i> spp	12 <i>Proteus</i> spp	13 <i>Brucella</i> spp
Catalasa	+	-	-	-	-	+	+
Sulfuro	-	-	-	-	-	-	-
Indol	-	-	-	-	-	-	-
Motilidad	+	+	+	+	+	+	+
Citrato de Simmons	-	-	+	+	+	-	+
Agar Triple Azúcar	K/N	N/N	K/N	K/N	K/N	A/A	N/N
Agar Hierro Lisina	N/N	N/N	N/A	N/N	N/N	A/N	K/N
Gelatina Nutritiva	+	-	+	+	+	+	+

Cuadro 5. Pruebas bioquímicas para bacterias Gran negativas

Conclusiones

Se cuantificaron 8 muestras por encima de 500 UFC/ml demostrando que se encuentran fuera de la norma NOM-092-SSA-1994 y la identificación de 13 cepas bacterianas entre ellas comensales, oportunistas y patógenos, indica una contaminación cruzada de bacterias y puede ser debido una contaminación en su recolección por el mal manejo del semen en el proceso de congelación o bien, los sementales presentan enfermedades asintomáticas causadas por bacterias.

Referencias

- Bou G., Fernández-Olmos A., García C., Sáez-Nieto J.A., Valdezate S. "Métodos de identificación bacteriana en el laboratorio de microbiología". *Enferm Infecc Microbiol Clin*. Vol. 29, No. 60, 2011.
- Goularte KL, Voloski FLS, Redú JFM. "Antibiotic resistance in microorganisms isolated in a bull semen stud" *Reprod Dom Anim*. Vol. 1, No. 8. 2020.
- Hernández, P.J.E., R.F. Fernández, C.C. González, and R.Y. Gutiérrez. "Estudio bacteriológico y antibiograma de semen descongelado de bovino." *Revista de Salud Animal*. Vol. 24, No. 3. 2002.
- Hidalgo, G. C. "Reproducción de animales domésticos" (3.a ed.). LIMUSA. INAFED. 2020.
<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM25sinaloa/municipios/25006a.html#:~:text=Sinaloa%20%2D%20Culiac%C3%A1n&text=Culiac%C3%A1n.,adoran%20a%20Dios%20Coltzin%22E2%82%AC%20>. Fecha de consulta: 01 de Agosto del 2020.
- KAISER GE. *Microbiology Laboratory Manual*. The Community College of Baltimore County, Catonsville Campus. UK.
<http://faculty.cbcmd.edu/~gkaiser/> 2017
- Morales, S., Cabrera, P., Pantoja, C., García, D., y Solís, N. "Evaluación de la carga bacteriana en pajillas de semen congelado de toros del banco nacional de semen" *Científica*. Vol. 10, No. 1. 2012.
- Najee, H., Al-Shawii A. M y Abd- Al Rahman, L. Y. "Bacterial Contamination of Imported Bulls Frozen Semen" *Al-Anbar J. Vet. Sci*. Vol. 5, No. 1. 2012
- Ribeiro-Peres, A., Munita-Barbosa, L., Yumi-Kanazawa, B., Mello-Martins, MI., Ferreira de Souza, F. "Crio preservación de espermatozoides bovinos extraídos de la cola del epidídimo utilizando los métodos convencional y automatizado" *SciELO*. Vol. 46, No. 31. 2014.
- Santos, C. S., & Silva, A. R. (2020). Current and alternative trends in antibacterial agents used in mammalian semen technology. *Animal Reproduction*, 17(1), 17. <https://doi.org/10.21451/1984-3143-ar2019-0111>
- Silveira, E. y Machado, R. "Flora bacteriana del semen de toro antes y después de la congelación. *REDVET*, Vol. 6, No. 10. 2005
- Trujillo, L., y Rivera, M. "Estudio comparativo de dos tratamientos con antibióticos sobre la calidad bacteriológica y espermática de semen de bovino. *Facultad de Agronomía*, Vol. 55.No. 145. 2002

Análisis de Algoritmos Utilizando Funciones de Landau

M.S.I. José Francisco Villalpando Becerra¹ M.E.M. Ma. Guadalupe Fernández Luna²

Resumen—El Análisis de Algoritmos trata, en términos generales, el determinar si un algoritmo es eficiente o no, así como la comparación de algoritmos, es decir, dados dos algoritmos que resuelvan el mismo problema, cuál de ellos es más eficiente. Si se pretende realizar el análisis de un algoritmo se debe elegir entre los diversos procedimientos que existen, siendo algunos más complicados que otros. El analizar algoritmos utilizando las funciones de Landau tiene diversas ventajas sobre otros procedimientos, esto se debe principalmente a que es posible la comparación de algoritmos aun cuando estos se enfoquen en solucionar el mismo problema, esto independientemente del lenguaje de programación seleccionado, de la computadora donde se pretende ejecutar o del paradigma de programación elegido.

Palabras clave—Funciones de Landau, análisis de algoritmos, eficiencia computacional, complejidad computacional.

Introducción

Actualmente las computadoras son cada día más rápidas y con mayor capacidad de almacenamiento, lo que origina que sea necesario contar con algoritmos que puedan trabajar cada vez con una cantidad mayor de datos de entrada. Contrariamente a lo que se piensa, esto demanda mayor cuidado en la eficiencia del algoritmo utilizado, debido a que su ineficiencia es más notoria cuando la cantidad de datos a procesar crece considerablemente (Weiss, 1995).

De acuerdo con Abellanas y Lodares (1991) “para que una computadora sea capaz de resolver un determinado problema se necesita indicarle las acciones que debe realizar, es decir, se le debe señalar cómo tiene que resolverlo, esta descripción se conoce como algoritmo”, sin embargo, ¿este será eficiente?

Uno de los procedimientos más utilizados por los expertos para este fin consiste en determinar su tiempo de ejecución. El Análisis de Algoritmos es muy útil para determinarlo, debido a que su principal función es comprobar la eficiencia de los algoritmos, apoyado precisamente en el tiempo de ejecución que tarda en resolver un problema en particular (Galve *et al*, 1997).

Además, el tiempo requerido para la solución del problema no solo depende del algoritmo utilizado, también es necesario considerar el conjunto de procedimientos utilizados por el programador. El resultado obtenido por el algoritmo puede adaptarse para funcionar de forma correcta con un conjunto determinado de datos de prueba. Esta situación suele ser más notoria si se utiliza otra computadora, un compilador diferente u otros datos entrada (Brassard y Bratley, 1997).

Para franquear esos conflictos, los especialistas en el tema, han adquirido como la principal medida para determinar la eficiencia de los algoritmos la denominada complejidad de tiempo asintótico. De acuerdo a Brassard y Bratley (1997) el concepto de eficiencia debe de referirse a este tipo de medida y particularmente a la complejidad de tiempo en el peor caso $T(n)$. La metodología para calcularlo se conoce como Análisis Asintótico.

Para obtener $T(n)$ durante el análisis asintótico es necesario calcular la cantidad de operaciones elementales que se efectúan durante la ejecución del algoritmo, lo que también es conocido simplemente como tiempo. En ocasiones encontrarlo no es fácil ya que este depende de la naturaleza del algoritmo.

Cuando se pretende determinar $T(n)$ de forma explícita es necesario emplear algunas reglas generales, las cuales son aplicadas de forma directa al algoritmo que se quiere analizar. Ya que se obtuvo $T(n)$ se procede a utilizar el Análisis Asintótico para determinar qué tan eficiente es el algoritmo. Existen diferentes formas para calcular $T(n)$, las cuales se basan en notaciones asintóticas, las más utilizadas son O (O grande), Θ (theta grande) y Ω (omega grande). La notación O existe desde hace tiempo, en cambio Θ y Ω son más recientes, estas fueron creadas para el análisis de algoritmos (Baase y Van Gelder, 2002).

Cuando no importa determinar de forma explícita el tiempo de un algoritmo se pueden utilizar las Funciones de Landau, creadas por Edmund Landau (1877-1938), las cuales utilizan notaciones y conceptos relacionados para determinar la complejidad computacional y el análisis de algoritmos de tipo asintótico, utilizando reglas análogas a las que existen para determinar $T(n)$. Particularmente se utiliza la notación $o(f)$ (O pequeña), conocida como función de orden cuya magnitud es menor que Y , también es denotada como $X = o(Y)$ ó $(x_n) = o(y_n)$, la cual ofrece ciertas ventajas sobre otras notaciones de tipo asintótico cuando se comparan entre ellas.

¹ El M.S.I. José Francisco Villalpando Becerra es Profesor de la Licenciatura en Matemáticas del Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México francisco.villalpando@academicos.udg.mx

² La M.E.M. Ma. Guadalupe Fernández Luna es Profesora de Matemáticas en las diversas licenciaturas del Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México ma.fernandez@academicos.udg.mx

Descripción del Método

Complejidad computacional en relación al tiempo

Los programas son la representación de los algoritmos en un lenguaje de programación específico, los mismos pueden ser interpretados y ejecutados por una computadora. Así mismo, la forma de representar los algoritmos como programas no es única. También existen diversos algoritmos que se pueden utilizar para solucionar el mismo problema y cabe hacerse la pregunta ¿cuál de esos algoritmos es más eficiente?

Una opción para contestar dicho cuestionamiento es la de representar estos algoritmos mediante programas, luego ejecutar cada uno en la misma computadora y medir el tiempo requerido para conseguir la respuesta al problema. Dicho tiempo es un parámetro importante para considerar qué tan eficiente es el algoritmo, ya que este equivale al tiempo real utilizado por la computadora (Abellanas *et al*, 1990).

El tiempo que requiere una computadora está en relación directa con la cantidad de operaciones básicas que la computadora tiene que ejecutar en la solución del problema. Es decir, calcular el tiempo es equivalente a contar la cantidad de operaciones básicas que se tienen que realizar, también el tiempo equivale al utilizado por la computadora. Si este es muy grande, ocurre que, en la práctica, el algoritmo utilizado sea inútil, ya que según Abellanas y Lodares (1990) “el tiempo que se necesita para la solución del problema puede superar el utilizable para el empleo de la computadora”. Desde ahora se considerará que cualquier operación básica se ejecutará en una unidad de tiempo. Este es el motivo por el cual se llama tiempo no al real físico, sino a la cantidad de operaciones básicas que se deben de realizar durante la solución del problema.

Como no es única la manera para representar los algoritmos mediante programas, ni la computadora que los ejecuta, resulta que el tiempo puede variar dependiendo del lenguaje de programación que se haya seleccionado, los programas que representan o la computadora que los va a ejecutar. Debido a esto, nace la necesidad de calcular el tiempo que requiere cada algoritmo de forma independiente de dichos factores. Por otro lado, cuando la cantidad de datos es relativamente pequeña, en la práctica cualquier algoritmo, que se utilice para resolver un problema determinado lo hará en poco tiempo, por lo que no hay diferencia en elegir uno u otro algoritmo.

Cuando realmente hay dificultad, con respecto al tiempo que requiere el algoritmo, es precisamente cuando la cantidad de datos de entrada crece de forma considerable. Si la cantidad de datos crece considerablemente es entonces que un algoritmo puede resultar más eficiente que otro que resuelva el mismo problema.

Tiempo en el peor caso $T(n)$

$T(n)$ es el tiempo que tarda algún algoritmo en obtener la respuesta a un problema en el caso en que el tiempo requerido sea el mayor de todos los posibles casos que se puedan presentar, también es denominado complejidad en el peor caso y formalmente se define como se enuncia a continuación:

Si D_n es el conjunto de todas aquellas entradas cuyo tamaño es n para un determinado problema, I una entrada que pertenezca a D_n y $t(I)$ la cantidad de operaciones elementales las cuales el algoritmo debe ejecutar con la entrada I , entonces $T(n)$ se define como $T(n) = \max\{t(I) | I \in D_n\}$

Si se sabe que un algoritmo cuyo $T(n)$ se comporta de determinada forma, entonces se puede estar seguro, que sin importar la cantidad de los datos de entrada, el tiempo que tardará en resolver el problema nunca será mayor que el tiempo que se conoce en el peor caso. Sin embargo, la posible ventaja que se obtiene con $T(n)$, puede verse afectada si ocurre que algún algoritmo que en el peor caso tenga un comportamiento desastroso pueda utilizarse en muchos casos si este se ocurre con poca frecuencia (Baase y Van Gelder, 2002).

En algunos algoritmos no es tarea sencilla el determinar el valor exacto de $T(n)$. Para ello es necesario calcular de forma exacta la cantidad de operaciones elementales en la cual su solución requiere un tiempo fijo previamente conocido (Abellanas y Lodares, 1990).

Análisis de Algoritmos

El análisis de algoritmos tiene como enfoque principal el obtener la cantidad de tiempo que es requerido por el algoritmo para obtener la respuesta a un problema determinado, dicho parámetro puede ser analizados respecto al peor caso, en este trabajo el enfoque será solamente al análisis de dicho tiempo.

Es necesario recordar que el tiempo que se obtendrá no corresponde al físico sino a la cantidad de operaciones básicas realizadas, además es necesario suponer que las estas operaciones se deben de ejecutar en una misma unidad de tiempo. Cabe señalar que el estudio que se hará de $T(n)$ será de tipo asintótico, esto es, se analizará el su comportamiento cuando la cantidad de datos de entrada crece considerablemente.

Existen diferentes maneras para obtener $T(n)$ en un algoritmo, todas se basan en ciertas reglas, las cuales pueden facilitar el poder calcular la cantidad de operaciones elementales que se deben realizar, estas hacen que sea más rápido y fácil calcular $T(n)$.

Reglas para calcular $T(n)$

Al analizar un algoritmo, el cálculo de las operaciones básicas se efectúa de dentro hacia afuera. Lo primero que se debe hacer, es calcular el tiempo de las instrucciones de forma individual, este está acotado generalmente por un valor constante; luego hay que combinar cada uno de los tiempos asociados a cada estructura de control la cual se debe de conectar con algunas instrucciones del algoritmo. Hay estructuras de control que tienen un análisis fácil, como las secuenciales, en cambio las repetitivas, suelen ser más refinadas. Las reglas y su descripción para calcular $T(n)$ se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Descripción de las reglas para calcular $T(n)$.

Regla	Estructura de Control	Descripción
1	Secuencial	Sólo es necesario sumar la cantidad de operaciones, esto significa lo único que se toma en cuenta es el valor máximo obtenido.
2	Condicional	El tiempo de una estructura condicional no es mayor que el tiempo de la condicional sumado al mayor de los tiempos de las instrucciones internas, sin importar que la condición tome el valor de verdadero o falso.
3	Repetitiva	El tiempo de una estructura repetitiva es cuando mucho el tiempo de las instrucciones que se encuentran dentro de la estructura (esto incluye las condicionales) multiplicado por la cantidad de repeticiones.
4	Repetitiva anidada	Se analizan de dentro hacia afuera. El tiempo total de proposición dentro de conjunto de estructuras repetitivas anidadas es el tiempo de las instrucciones multiplicado por cada tamaño de entrada en cada una de las estructuras.

Las reglas 1 y 2 son las más sencillas de aplicar, sin embargo, las 3 y 4, aunque también es fácil su aplicación, puede ocurrir que no se conozca con exactitud el total de repeticiones que se tienen que ejecutar para resolver el problema, en esta situación primeramente es necesario determinar la aparente cantidad de repeticiones y posteriormente aplicar las reglas 3 o 4 según sea el caso.

Ejemplo de la obtención de $T(n)$

A continuación se verá un ejemplo de un algoritmo del cual se obtendrá $T(n)$. El algoritmo en cuestión resuelve el problema de dada una lista de números naturales, determinar cuál es el máximo de todos los números que están en dicha lista. Cabe mencionar que la forma en que se presenta el algoritmo es muy común en ciencias de la computación.

Entrada: Una lista $L = \{l_1, l_2, l_3, \dots, l_n\}$ donde $l_i \in \mathbb{N}$.

Paso 1: $m \leftarrow l_1, i \leftarrow 2$.

Paso 2: Si $m < l_i$ entonces $m \leftarrow l_i$.

Paso 3: $i \leftarrow i + 1$.

Paso 4: Si $i > n$ FIN. En otro caso ir al paso 2.

Salida: El máximo es m .

Utilizando las reglas que se presentaron para obtener $T(n)$ en cada uno de los pasos del algoritmo se tiene que para el paso 1 es necesario realizar 2 operaciones: 2 asignaciones (regla 1). Para el paso 2 es necesario realizar, en el peor caso, 2 operaciones: una asignación en la parte verdadera (regla 2) y una comparación. Para el paso 3 es necesario realizar 2 operaciones: una asignación y una adición (regla 1). Para el paso 4 es necesario realizar en el peor caso 2 operaciones: una acción ya sea en la parte verdadera o falsa (regla 2) y una comparación. Además, el ciclo principal del algoritmo va del paso 2 al paso 4 y son necesarias en el peor caso 6 operaciones. Luego de haber aplicado el primer paso, por única ocasión, se requieren de $n - 1$ repeticiones para llegar al final del algoritmo. Por tanto, la cantidad de operaciones que necesitan en el peor caso son $T(n) = 2 + 6(n - 1) = 6n - 4$. El valor obtenido para $T(n)$ también se suele llamar función tiempo en el peor caso.

Si se utilizará la nomenclatura asintótica O , mencionada anteriormente, se tendría que $T(n) = O(n)$, lo que significa que $T(n)$ crecen por lo menos tan rápidamente como n y se dice que el algoritmo tienen complejidad lineal, ya que entre otras cosas $T(n)$ es un polinomio de grado 1. Esto es debido a las propiedades de la notación O . Por la naturaleza de este trabajo no es posible mencionar a más detalla esta notación además de que el enfoque del mismo es con respecto a las funciones de Landau, las cuales se verán a continuación.

Análisis de Algoritmos aplicando funciones de Landau

Si se quiere determinar directamente la complejidad para algún algoritmo, se pueden emplear las propiedades y definiciones de las funciones de Landau, principalmente el concepto de orden de magnitud menor, además de utilizar de forma análoga, varios de los criterios que se utilizan al obtener $T(n)$.

Funciones de Landau.

Primeramente, es necesario definir el concepto de acotación, el cual es utilizado constantemente.

Si se tiene un conjunto S tal que $S \subset \mathbb{R}$ entonces $u \in \mathbb{R}$ es cota superior si $s \leq u \forall s \in S$ y $w \in \mathbb{R}$ es cota inferior si $w \leq s \forall s \in S$. Cuando S posee cota superior es acotado por arriba y cuando posee cota inferior es acotado por abajo. Cuando posee tanto cota superior como inferior es acotado y cuando no cuenta con cota superior o inferior es no acotado (Bartle, 1997).

Para obtener el orden de magnitud de una sucesión o comparar dos sucesiones con respecto a su magnitud se deben descartar los términos que no aportan ninguna contribución (Bartle, 1997). A manera de ejemplos se tiene que cuando $y_n = n^2 - 5$, entonces si $n \in \mathbb{N}$ crece de forma considerable, la contribución dominante, se deriva del término n^2 y cuando $x_n = 4n^5 - \frac{n(n+1)(n+2)}{3} + 3n^2 - 12$, entonces si $n \in \mathbb{N}$ es muy grande, la contribución dominante se deriva del término $4n^5$.

Con la finalidad de dar mayor precisión a esta idea se mencionarán algunas notaciones y términos de Landau que a menudo son muy útiles (Bartle, 1997).

Sean $X = (x_n)$ y $Y = (y_n)$ sucesiones en \mathbb{R} y supóngase que $y_n \neq 0, \forall n \in \mathbb{N}$ lo suficientemente grande, es decir, cuando n tiende al infinito.

- Si $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{x_n}{y_n} = 1$, se dice que X y Y son equivalentes y se escribe $X \sim Y$ o $(x_n) \sim (y_n)$.
- Si $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{x_n}{y_n} = 0$, se dice que X es de un orden de magnitud menor que Y y se escribe $X = o(Y)$ o $(x_n) = o(y_n)$.
- Si la sucesión $(\frac{x_n}{y_n})$ está acotada, se dice que X está dominado por Y y se escribe $X = O(Y)$ o $(x_n) = O(y_n)$.

La expresión anterior significa que $\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{X}{Y} = C$, donde $c < \infty$, incluido el caso en el que el límite es cero, es decir, el límite del cociente de X y Y existe y no es infinito, entonces X no crecerá más rápidamente que Y . Si el límite es ∞ , entonces X sí crece más rápidamente que Y .

Regla del máximo

Es una regla muy utilizada al demostrar que una función es del orden de magnitud de otra y se define como sigue: sean f y g son dos funciones de \mathbb{N} en \mathbb{R} , es decir, $f: \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{R}$ y $g: \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{R}$, la regla del máximo afirma que:

$$o(f(n) + g(n)) = o(\max(f(n), g(n)))$$

Análisis asintótico y funciones de Landau

Las notaciones asintóticas $O(f)$ y $o(f)$ provienen de las funciones de Landau, más sin embargo la notación $O(f)$ es la única que se utiliza, esto quizá es debido a que es la primera que se utilizó en las ciencias de la computación para el análisis de algoritmos y el estudio de la complejidad computacional y de hecho, casi en cualquier libro que se tenga de Algoritmia, Análisis de Algoritmos, Estructuras de Datos o Matemáticas Discretas, se podrá encontrar información de dicha notación y de manera de usarla y aplicarla. No ocurre lo mismo con la notación $o(f)$, ya que es sumamente difícil encontrar información sobre la misma, y no se diga la manera de utilizarla y aplicarla.

Si se pasa a la notación asintótica dada por Landau se tiene que si f y g son dos funciones de \mathbb{N} en \mathbb{R} , es decir, $f: \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{R}$ y $g: \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{R}$, se dice que $f(n)$ es $o(g)$ siempre y cuando $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{f(x)}{g(x)} = 0$.

Si una función $f(n) \in o(n)$, se dice que “ f es o minúscula de g ”. En la nomenclatura de Landau se diría que “ f es de orden de magnitud menor que g ”.

Antes de continuar se verán tres ejemplos de cómo una función es de orden menor que otra, es decir, es $o(n)$.

- Sea $f(n) = \sqrt{n}$. Entonces $f(n) = o(n)$. Para comprobar esta afirmación se tiene que

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\sqrt{n}}{n} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{\sqrt{n}} = 0$$

con lo cual se comprueba que $f(n) = o(n)$, además de indicar que la raíz cuadrada de un número crece mucho más lentamente que el número dado.

- Si $f(n) = 3n + 4$, entonces $f(n) = o(n^2)$. Primeramente, se tiene que la contribución dominante está dada por $3n$, por lo que se tiene que

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{3n}{n^2} = \lim_{n \rightarrow \infty} 3 \left(\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n}{n^2} \right) = 3 \left(\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \right) = (3)(0) = 0$$

con lo que efectivamente $f(n) = o(n^2)$, además de indicar que $f(n)$ crece mucho más lentamente que una función cuadrática.

- Ahora sea $f(n) = 4n^5 - \frac{n(n+1)(n+2)}{3} + 3n^2 - 12$, y se quiere obtener el orden asintótico de dicha función en base a la notación $o(n)$. La contribución dominante la hace el término $4n^5$, pero como el orden de magnitud debe ser menor, entonces de deberá tomar el conjunto de orden inmediato superior, de acuerdo a los conjuntos $O(n)$, y así obtener el orden de la función deseada, utilizando la notación que estamos empleando en este punto. En este caso será $o(n^6)$, por lo que se deduce que $f(n) = o(n^6)$. Lo siguiente que se tiene que hacer es aplicar la definición y comprobar que se ha elegido el orden magnitud menor correcto, esto es

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{4n^5}{n^6} = \lim_{n \rightarrow \infty} 4 \left(\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n^5}{n^6} \right) = 4 \left(\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \right) = (4)(0) = 0$$

por lo que efectivamente $o(n^6)$, además de indicar que la complejidad computacional de dicha función no es considerada como buena.

Obtención de $o(n)$

Hasta el momento se ha visto como obtener el orden de magnitud menor utilizando funciones preestablecidas, pero qué pasará si se quiere encontrar directamente el orden de un algoritmo sin necesidad de encontrar explícitamente la función tiempo del mismo.

Lo que se tiene que hacer es aplicar las propiedades de las funciones de Landau y algunas de las reglas para obtener $T(n)$. Por ejemplo, determinar $o = (n)$ del algoritmo de la burbuja descrito a continuación:

Algoritmo de la burbuja

Entrada: Una lista $L = \{l_1, l_2, l_3, \dots, l_n\}$ de l número naturales.

Paso 1. Asignar $j \leftarrow n, i \leftarrow 1$.

Paso 2. Si $j < n$ entonces si $l_i > l_{i+1}$ intercambiar l_i con l_{i+1} . En caso contrario, es decir, $i \geq j$, ir al paso 4.

Paso 3. $i \leftarrow i + 1$ y volver al paso 2.

Paso 4. Si $j > 2$ asignar $j \leftarrow j - 1$ y $j \leftarrow 1$ y volver al paso 2.

Paso 5. FIN.

Salida: La lista L ordenada.

Analizando el algoritmo se tiene que en el paso 1, se realiza un número constante de operaciones, por lo que existe una complejidad constante, es decir, $O(1)$, pero hay una propiedad que relaciona a $o(1)$ y $O(1)$, es indistinto en este caso poner cualquiera de las dos, ya que además $o(n) \subset O(n)$.

El control principal del algoritmo esta dado entre los pasos 2 al 4, y este se ejecuta hasta que j toma el valor de 2 y, en cada paso i va siendo menor que j , además se observa que en cada iteración se va ordenando un elemento, por tanto, el número de iteraciones para llegar al término de algoritmo en el peor caso es

$$n + (n - 1) + \dots + 3 + 2 + 1 = \frac{n(n+1)}{2}$$

La expresión anterior tiene complejidad $o(n^3)$, esto es fácil de comprobar aplicando la definición de orden de magnitud menor.

Dentro del ciclo principal se tiene que en el paso 2 hay una condición que realiza un número constante de operaciones, es decir, es $o(1)$. En la parte verdadera se tiene otra condición con un número constante de operaciones, en la parte falsa se tiene también un número constante de operaciones. En este paso se da que $o(1) + o(1) + o(1)$ da como resultado precisamente $o(1)$, por las propiedades de $o(1)$.

En el paso 3 nuevamente se realiza un número constante de operaciones, por lo nuevamente tenemos $o(1)$. Y por último, en el paso 4, se tiene una condición con un número constante de operaciones, $o(1)$ vuelve a aparecer. Ahora si sumamos los valores de complejidad encontrados, se tiene que

$$o(1) + o(1) + o(1) + o(1) + o(n^3) = o(1) + o(n^3) = \max(o(1) + o(n^3)) = o(n^3)$$

lo que nos da como resultado que $T(n) = o(n^3)$

El resultado anterior nos indica que la función tiempo del algoritmo de la burbuja tiene una complejidad computacional de $o(n^3)$, esto es, que dicha función crece mucho más lentamente que una función cúbica, o lo que sería lo mismo, que por más que n crezca nunca llegará a tener valores iguales a una función cúbica.

Entonces $o(f)$ nos asegura que la cota superior obtenida lo es para todos los valores de $f(n)$, lo que no ocurría con $O(f)$, pues la cota superior obtenida lo era para todos los valores de $f(n)$ salvo una cantidad finita de excepciones, siendo dichas excepciones donde se tienen valores comunes de ambas funciones.

Como se vio, se puede obtener la complejidad computacional de un algoritmo, sin necesario encontrar explícitamente la función tiempo del mismo si se utilizan las funciones de Landau.

Comentarios Finales

Comprobar la eficiencia de un algoritmo equivale a medir la complejidad del tiempo asintótico en el peor caso $T(n)$ de este, o lo que es lo mismo, de qué orden es el número de operaciones elementales que requiere el algoritmo cuando el tamaño de la entrada de datos es suficientemente grande, en el peor caso, lo cual no es tarea complicada si se utilizan Funciones de Landau.

El aplicar Funciones de Landau cuando se analizan algoritmos, da como resultado un método basado en la notación asintótica $o(n)$, la cual ofrece mayores ventajas que las otras notaciones asintóticas. Entre las principales ventajas podemos mencionar que:

- Se puede obtener directamente la complejidad del tiempo asintótico en el peor caso $T(n)$.
- No es necesario encontrar explícitamente la función tiempo.
- Se aplican reglas similares a las que se requieren para obtener $T(n)$.
- Es fácil de comprender y de utilizar.
- Se puede interpretar rápidamente el resultado (comportamiento del algoritmo).

La única desventaja que se tiene es que se requiere de algunos conocimientos de Análisis Matemático.

Al ser claramente más ventajoso el utilizar Funciones de Landau se está en la posibilidad de saber que tan eficiente es un algoritmo o de elegir de entre varios algoritmos que resuelvan el mismo problema, cuál es el más eficiente de ellos, esto de una manera rápida y confiable, ya que se puede conocer cómo se comportará el algoritmo aún antes de codificarlo y programarlo.

Referencias

- Abellanas, M. y Lodaes, D. (1991). *Matemáticas discretas* (1a. ed.). México: Macrobit / RA-MA.
- Abellanas, M. y Lodaes, D. (1990). *Algoritmos y teoría de grafos* (1a. ed.). México: Macrobit / RA-MA.
- Baase, S. y Van Gelder, A. (2002). *Algoritmos computacionales. Introducción al análisis y diseño* (3a. ed.). México: Addison Wesley.
- Bartle, G. (1987). *Introducción al análisis matemático* (2a. reim.). México: Limusa
- Brassard, G. y Bratley, P. (1997). *Fundamentos de algoritmia* (1a. reim.). España: Prentice Hall
- Galve, G., y González, J. (1997). *Algorítmica. Diseño y análisis de algoritmos funcionales e imperativos* (1a. ed.). Estados Unidos: Addison-Wesley Iberoamericana/ RA-MA.
- Weiss, M. A. (2014). *Data Structures and Algorithm Analysis in C++* (4a ed). Pearson.

Notas Biográficas

El **M.S.I. José Francisco Villalpando Becerra** es profesor Titular de matemáticas y computación en el Departamento de Matemáticas de la Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México. Maestro en Sistemas de Información y Lic. en Matemáticas por la Universidad de Guadalajara, México. Autor de 2 libros de Matemáticas Discretas y coautor de otros 2 también en el área de las Matemáticas. Autor y coautor en diversos capítulos de libros y artículos sobre la Enseñanza de las Matemáticas con el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación.

La **M.E.M. Ma. Guadalupe Fernández Luna** es profesora Asociada de matemáticas en el Departamento de Matemáticas de la Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México. Maestra en Enseñanza de las Matemáticas y Lic. en Matemáticas por la Universidad de Guadalajara, México. Autora de varios artículos sobre la Enseñanza de las Matemáticas con el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación.

Clonación de la Flipasa IA de *Giardia intestinalis*

MC. María Cristina Villa Medina¹,
Dr. Héctor Samuel López Moreno²

Resumen—La pérdida de la asimetría de la membrana plasmática asociada con la muerte celular o apoptosis ha sido observada en *Giardia intestinalis* tratada con diferentes antiparasitarios, sin embargo, las proteasas relacionadas con la traslocación de fosfatidilserina han sido pobremente estudiadas. En este escenario, el objetivo del presente proyecto es la clonación de la Flipasa IA de *G. intestinalis*, como inicio del entendimiento de las fases iniciales de la apoptosis en este protozoo parásito. Nuestros resultados *in silico* muestran que la Flipasa IA contiene los dominios estructurales importantes como la región transmembranal, región citoplasmática, los motivos diana para caspasas, así como los sitios de fosforilación/desfosforilación. Posteriormente, se diseñaron los primers específicos y se realizó la clonación de la región de 621pb que consiste en el dominio A de la Flipasa IA de *G. intestinalis*. La secuencia clonada se encuentra en proceso de registro en el GenBank y permitirá fortalecer las bases moleculares para un mejor entendimiento de la biología de la *Giardia* que median su apoptosis.

Palabras clave—*Giardia intestinalis*, apoptosis, Flipasas

Introducción

G. intestinalis también denominada como *G. duodenalis* o *G. lamblia* es un protozoo parásito flagelado, causante de la giardiasis (Ortega-Pierres et al., 2018). Desde el año 2004, la giardiasis fue incluida como una “enfermedad desatendida” por la Organización Mundial de la Salud (OMS). La giardiasis afecta a personas de todas las edades, sin embargo, la tasa de infección es significativamente más alta en niños, con una prevalencia mayor al 30% en niños menores de 10 años en países en vías de desarrollo y en un rango del 2 al 7% en países desarrollados (Dixon, 2021).

En células viables, los fosfolípidos son mantenidos asimétricamente en la membrana plasmática (Nagata et al., 2020). De los lípidos que contienen amina, la fosfatidilserina (PS, por sus siglas en inglés) y la fosfatidiletanolamina son localizadas en la cara citoplasmática de la membrana plasmática, mientras que la fosfatidilcolina y esfingomielina son concentradas en la capa externa. Se propone que las translocasas de aminofosfolípidos o Flipasas establecen esta localización fosfolípida asimétrica por transportar la PS y fosfatidiletanolamina desde la capa lipídica externa hasta la interna (Segawa & Nagata, 2015). La asimetría de la membrana plasmática es alterada en procesos biológicos como la muerte celular apoptótica antes de la fagocitosis por macrófagos, activación de plaquetas, fusión celular durante el desarrollo de huesos y músculos, etc. El proceso que altera la distribución asimétrica de los fosfolípidos es mediado por escramblasa de fosfolípidos y Flipasas (ATP11A, ATP11C y XKR8 respectivamente). En la apoptosis, la escramblasa XKR8 se activa y la Flipasa de ATP11C se desactiva para permitir la exposición de la PS (Tajbakhsh et al., 2020). La exposición al PS en plaquetas y linfocitos activados es Ca^{2+} -dependiente, debido a que una alta concentración de Ca^{2+} inhibe las P4-ATPasas, la exposición de PS en estos procesos puede estar mediada por la activación dependiente de Ca^{2+} de las escramblasas debido a la regulación negativa de la actividad de Flipasas mediada por Ca^{2+} (Segawa & Nagata, 2015). Una vez que se reducen los niveles celulares de Ca^{2+} , ATP11C y/u otras P4-ATPasas restablecerían la distribución asimétrica de fosfolípidos en la membrana plasmática. Aunque, la exposición de PS mediada por caspasas es irreversible, lo que facilita la depuración de los cuerpos apoptóticos mediada por el reconocimiento con el receptor “Scavenger” de los macrófagos (Nagata, 2018).

En *G. intestinalis* se ha observado que bajo el tratamiento con diferentes antiparasitarios comerciales o en experimentación, el parásito sufre cambios morfológicos consistentes con muerte celular regulada tipo apoptosis de eucariontes superiores, una de estas características es la exposición de la PS (Aguilar-Díaz et al., 2017; Hernández Atehortua et al., 2015), sin embargo aún no se ha demostrado que proteínas efectoras participan en dicho proceso. Debido a ello nuestro grupo de investigación se ha abocado en el estudio de la apoptosis en *G. intestinalis*, encaminado el estudio a la ruta de apoptosis extrínseca por tratarse de un organismo amitochondriado. Se identificó inicialmente la endonucleasa dependiente de la activación por caspasas (en inglés CAD), mediante inmunoproteómica a la que se denominó “CAD-Like of *Giardia intestinalis*” (CLG), así como su inhibidor ICLG (Manuscrito en preparación). En eucariotas superiores se ha observado que una caspasa ejecutora (caspasa-3), escinde al inhibidor de CAD en dos sitios

¹ MC. María Cristina Villa Medina es candidata al grado de Doctor del Doctorado en ciencias Biomédicas de la Facultad de Ciencias Químico Biológicas de la Universidad Autónoma de Sinaloa en Culiacán, Sinaloa, Mex, cristinavilla.fcqb@uas.edu.mx

² El Dr. Héctor Samuel López Moreno es profesor investigador SIN nivel I y Jefe del Laboratorio de Biomedicina Molecular, de la Facultad de Ciencias Químico Biológicas de la Universidad Autónoma de Sinaloa en Culiacán, Sinaloa, Mex., hslmoreno@ms.uas.edu.mx (autor corresponsal).

conformados por aspartato, esto libera a la endonucleasa, quien forma un homodímero activo induciendo la fragmentación del DNA y las etapas finales de la condensación de la cromatina apoptótica. Asimismo, en eucariotas superiores la caspasa 3 escinde a Flipasas de fosfolípidos ATP11A y ATP11C y a la escramblasa XKR8, lo que evoca la exposición de PS. Por consiguiente, al evidenciar la exposición de PS se hipotetiza que existan Flipasas o escramblasas llevando a cabo dicha actividad durante la apoptosis en *G. intestinalis* siendo potenciales moléculas blanco de proteasas con actividad similar a las caspasas. Por tanto, en el presente proyecto se propone la identificación de Flipasas de fosfolípidos que participan en la muerte celular regulada durante la exposición de la PS de *G. intestinalis*.

Descripción del Método

Identificación in silico de los ortólogos de Flipasas de G. intestinalis

Se empleó la secuencia aminoacídica de la Flipasa ATP11A de *Homo sapiens* (GeneBank NP_056020.2), como base para la búsqueda de Flipasas en el proteoma de *G. intestinalis* mediante la herramienta DELTA-BLAST (Domain Enhanced Lookup Time Accelerated BLAST), (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/>); las secuencias de proteínas identificadas fueron obtenidas del National Center for Biotechnology Information database (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>). Una vez obtenidas las secuencias estas se alinearon mediante la herramienta Clustal Omega (<https://www.ebi.ac.uk/Tools/msa/clustalo/>), y se construyó un árbol filogenético comparando las secuencias obtenidas de *G. intestinalis* con las Flipasas identificadas hasta el momento en *H. sapiens* y en otros protozoarios. Se determinaron los sitios diana para caspasas mediante Cascleave (Song et al., 2018) (<https://dl.acm.org/doi/10.1093/bioinformatics/btq043>). Finalmente se analizaron las secuencias aminoacídicas para determinar las posibles funciones con la herramienta de dominios conservados y los alineamientos entre las diferentes proteínas ortólogas. Se predijo la estructura terciaria de las proteínas mediante Robetta y Phyre2 (Kelley et al., 2016) (<https://rosetta.bakerlab.org>), las estructuras fueron visualizadas y editadas en el programa UCSF Chimera (Pettersen et al., 2004).

Diseño de iniciadores específicos

Para el diseño de los iniciadores específicos se utilizó la secuencia del gen que codifica para la Flipasa IA de *G. intestinalis* (GenBank XM_001705404). El diseño de los iniciadores se llevó a cabo con la aplicación Primer-BLAST del NCBI, los iniciadores amplifican una región de 621pb que comprende el dominio A de la Flipasa IA de *G. intestinalis*. Los iniciadores poseen los sitios de restricción de XbaI y AgeI respectivamente para la mutagénesis dirigida (F-AGT TCTAGA ATG TGTGATGCGAATGCTACTGT y R-CTT ACCGGT AAGGTTCTGCTCCCCAGTTA), para su posterior ligación con el vector de expresión pcDNA6/myc-His A. Éstos se emplearon para realizar una PCR en el programa *Serial Cloner* V-8, subsecuentemente tanto el amplicón como el vector de expresión plasmídico fueron digeridos con dichas enzimas y se realizó la construcción recombinante en el mismo programa, las secuencias fueron visualizadas con el programa *CLC Sequence Viewer* v8.0.

Clonación de la Flipasa IA de G. intestinalis

Trofozoítos de la cepa WB de *G. intestinalis* (ATCC® 30957), donada gentilmente por la Dra. Guadalupe Ortega del departamento de Genética y Biología Molecular del CINVESTAV-IPN fueron cultivados en medio TYIS-33 siguiendo el protocolo de ATCC. Se cosechó la biomasa y los trofozoítos fueron sometidos a extracción de DNA mediante el protocolo establecido por Aljanabi-Martínez., (2001). Se verificó la integridad del DNA genómico mediante electroforesis en geles de agarosa al 1%. Se llevó a cabo la PCR punto final empleando los iniciadores diseñados. Los productos de PCR se purificaron de los geles de agarosa para la digestión y ligación con el vector. Se prepararon células competentes de la cepa *E. coli* TOP10 y fueron transformadas con 10µL de la reacción de ligación y cultivadas a 37° C en agar BHI (*Brain Heart Infusion*), suplementado con 100 µg/mL de ampicilina toda la noche. Las colonias transformadas fueron seleccionadas al azar y subcultivadas en caldo BHI suplementado con 100 µg/mL de ampicilina y el DNA recombinante (rDNA), fue purificado mediante lisis alcalina; la presencia del gen se evidenció mediante PCR. Los productos se visualizaron en gel de agarosa al 1%. Se seleccionó una colonia con la presencia de la región de la *Flipasa IA* en el rDNA. Esta construcción se utilizó para la transformación de *E. coli* BL21, para la inducción de la expresión recombinante y su posterior purificación.

Resultados

Identificación in silico de Flipasas de G. intestinalis

Con el objetivo de identificar las proteínas ortólogas de Flipasas en el protozoario parásito *G. intestinalis*, empleamos como base para la búsqueda la secuencia de referencia de las Flipasas ATP11A de *H. sapiens*. Se obtuvieron 3 Flipasas IA y 2 IIB como se observa en el Cuadro 1. Presentaron un porcentaje de cobertura alrededor del 90%, y tuvieron porcentajes de identidad menores al 40%. Se ha reportado que las secuencias que presentan un porcentaje de identidad mayor al 40% se consideran homólogas, aunque este criterio depende de la longitud de las

secuencias también. Sin embargo, debido a que estas secuencias presentan dominios funcionales conservados, similares a los descritos en otras Flipasas, se considera que son probablemente homólogos. Nuestros resultados son similares a lo reportado previamente (Villazana-kretzer, 2008), quienes identificaron *in silico* e *in vitro* a las Flipasas IA (XP_001704967.1 y XP_001705456.1) de *G. intestinalis*.

Cuadro 1. Identificación *in silico* de Flipasas de *G. intestinalis*

NCBI	Nombre	% Cobertura	% Identidad	E
XP_001710085.1	ATPasa IA,	90%	30.06%	3E-81
XP_001705456.1	ATPasa IA,	90%	19.94%	2E-97
XP_001704967.1	ATPasa IA,	89%	25.03%	1E-112
XP_001704293.1	ATPasa IIB,	87%	22.36%	9E-29
XP_001707954.1	ATPasa IIB,	85%	25.66%	1E-84

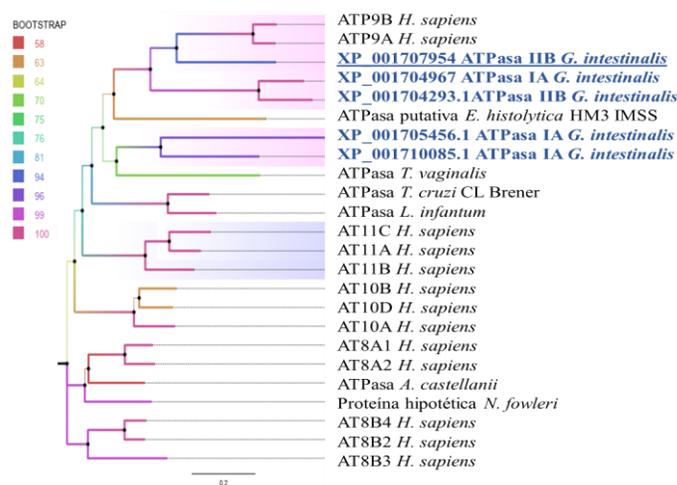


Figura 1. Análisis filogenético de Flipasa IA de *G. intestinalis*. El árbol fue deducido basado en el alineamiento de las secuencias aminoacídicas completas y los valores de los nodos representan el nivel de confianza basado en el porcentaje de bootstrap que fue derivado de 1000 réplicas. La barra representa la distancia genética.

El alineamiento múltiple de secuencias nos permitió identificar los residuos críticos para la desfosforilación para ATPasa IA XP_001705456.1 y el motivo de fosforilación DKTG conservado que contiene el residuo de ácido aspártico (D) observado también, estos resultados son consistentes a lo reportado previamente (Andersen et al., 2016), incluyendo las de los protozoarios parásitos mencionados a excepción de *A. castellanii*. El dominio de membrana (o el dominio M), sirve como vía para la translocación de sustratos lipídicos a través de las membranas celulares y se predice que contiene 10 hélices transmembranales, este dominio se logró identificar en la Flipasa de *G. intestinalis* (ATPasa IA XP_001705456.1). Con ayuda del programa Cascleave se predijeron los sitios de reconocimiento para caspasas. Se observó que la ATPasa IA de *G. intestinalis* (XP_001705456.1), coincide en un sitio de reconocimiento de caspasas (RAND 527-530). Estos sitios fueron localizados en la región citoplasmática de las estructuras tridimensionales predichas, estos resultados concuerdan con lo reportado por Segawa y cols., (2014), quienes describieron que las Flipasas ATP11A y ATP11C de *H. sapiens* tienen sitios de reconocimiento de caspasas en el dominio N de unión a nucleótidos, a pesar de que en el análisis filogenético (Figura 1), no se agruparon cercanamente con estas Flipasas de la clase 6 (ATP11A, ATP11C y ATP11B).

El genoma humano codifica 14 Flipasas que se organizan en cinco clases, cada clase tiene múltiples miembros: Clase 1a (ATP8A1, ATP8A2); Clase 1b (ATP8B1, ATP8B2, ATP8B3, ATP8B4); Clase 2 (ATP9A, ATP9B); Clase 5 (ATP10A, ATP10B, ATP10D); y Clase 6 (ATP11A, ATP11B, ATP11C), en contraste, la levadura *Saccharomyces cerevisiae* contiene cinco P4-ATPasas (Drs2p, Neo1p, Dnf1p, Dnf2p, Dnf3p) (Lyons et al., 2020).

Se observo en el árbol filogenético en comparación con las ATPasas de *H. sapiens*, que las Flipasas de *G. intestinalis* comparten un ancestro en común con las ATPasas-P4 de la clase 2 (ATP9A y ATP9B), específicamente las Flipasas IIB (XP_001707954), IA (XP_001704967) y IIB (XP_001704293), como se puede observar en el árbol

filogenético (Figura 1). Las Flipasas ATP9A y ATP9B pertenecen a la clase 2 y son ortólogos de la Flipasa Neo1 en *S. cerevisiae* que es esencial para el crecimiento celular (Andersen y cols., 2016), asimismo, la deficiencia de Neo1, también resulta en la pérdida de la asimetría de la membrana plasmática y exposición de PS y PE (Huang et al., 2020).

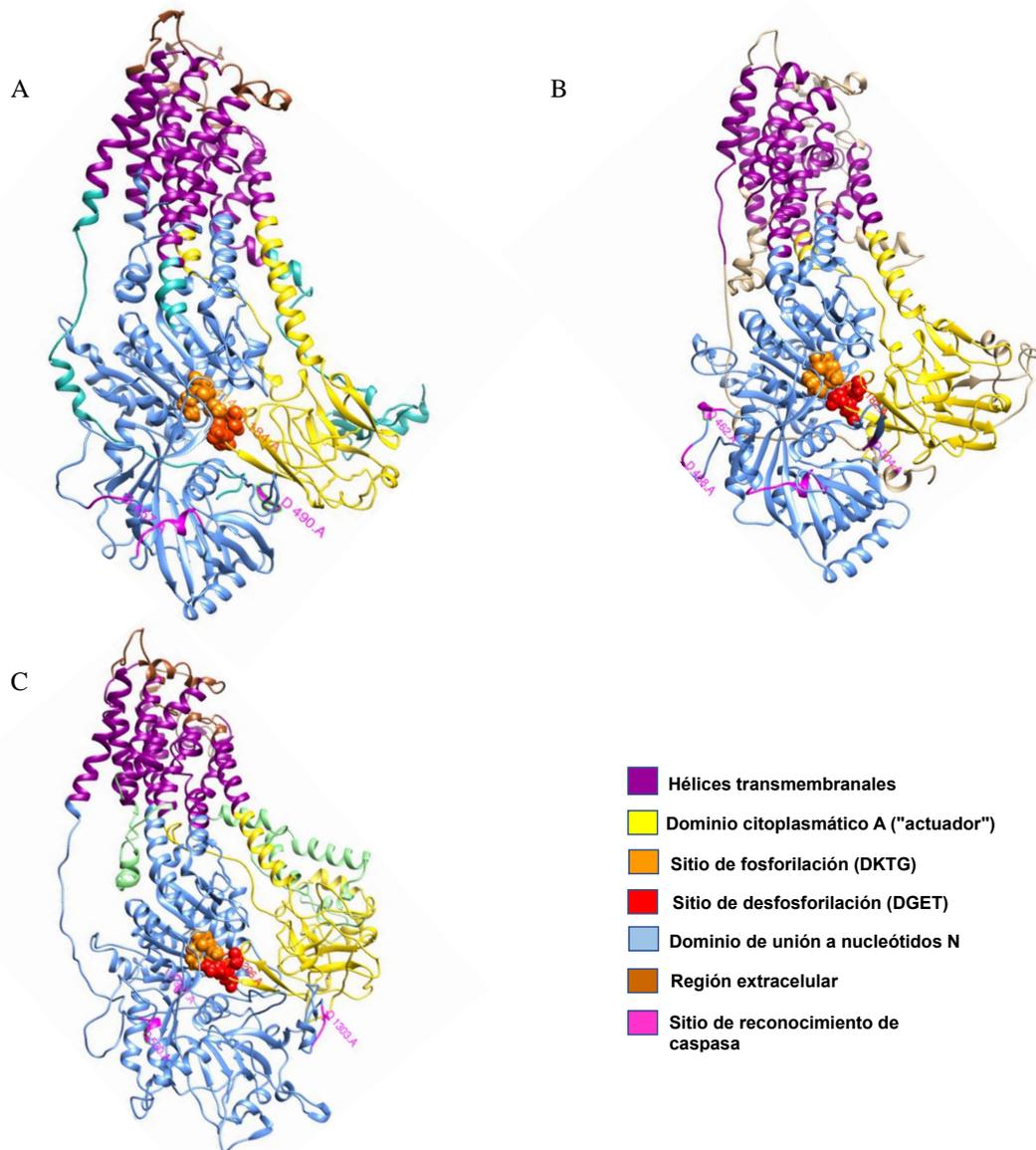


Figura 2. Análisis estructural de los dominios conservados de la Flipasa IA de *G. intestinalis*. A: ATP11A *H. sapiens*; B: ATP11C *H. sapiens*; C: XP_001705456.1 ATPase IA *G. intestinalis*. Se muestra la estructura esquemáticamente, el dominio M que comprende 10 hélices transmembranales, el dominio citoplasmático actuador (A), el dominio de unión a nucleótidos (N), los dominios de desfosforilación/fosforilación, así como los sitios de reconocimiento de caspasa.

Se empleó la secuencia aminoacídica de la Flipasa IA (XP_001705456.1), de *G. intestinalis* para la predicción de su estructura terciaria. Los tres dominios citoplasmáticos involucrados en el ciclo catalítico de las Flipasas fueron identificados (Figura 2). Los sitios de reconocimiento para caspasa de la ATPase IA (GenBanck XP_001705456.1 se localizaron en el dominio N al igual que las Flipasas ATP11A y ATP11C de *H. sapiens* (Figura 2).

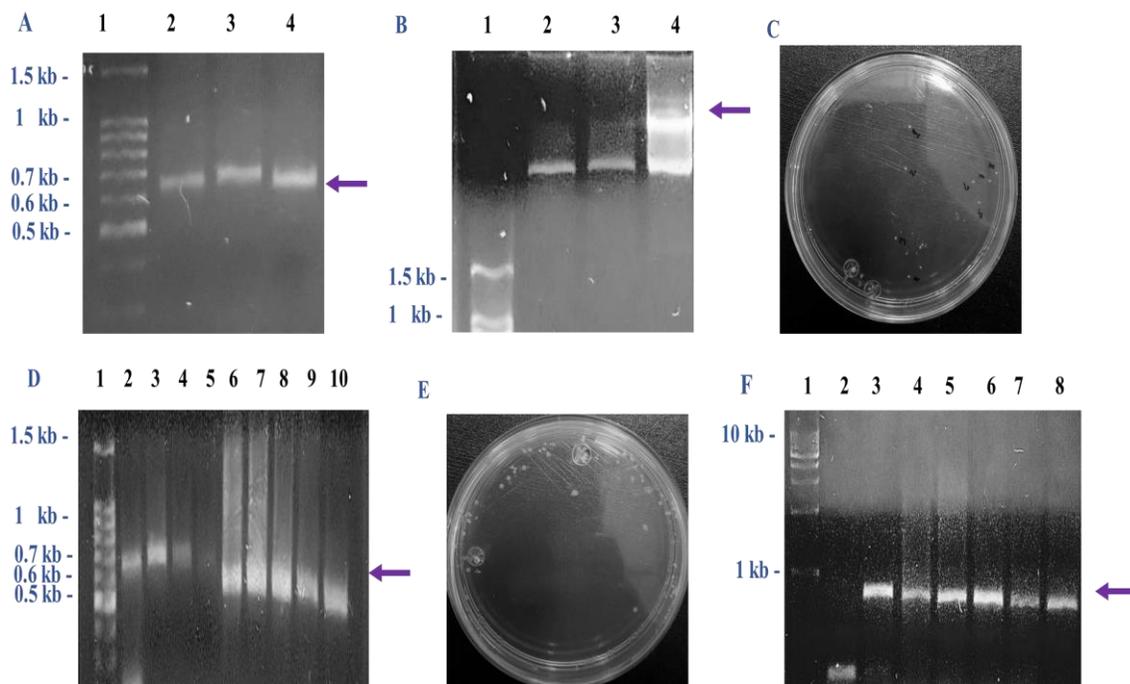


Figura 3. Identificación *in vitro* de la *Flipasa IA* de *G. intestinalis*. A: Fragmento clonado del gen *Flipasa IA* de *G. intestinalis* 621pb (C 2-4); B: Construcción recombinante 5681pb (C3), control de ligación (2), vector vacío 5126pb; C: Transformación *E. coli* TOP 10; D: Colonias *E. coli* TOP 10 positivas al fragmento de 621pb. Testigo positivo gDNA *G. intestinalis* (C2), colonias de *E. coli* TOP 10 (C 3-10); E: Transformación *E. coli* BL21; F: Colonias *E. coli* BL21 positivas al fragmento de 621 pb. Blanco (C2), testigo positivo gDNA *G. intestinalis* (C3), colonias de *E. coli* BL21 (C 4-8).

Identificación *in vitro* de la *Flipasa IA* de *G. intestinalis*

De las *Flipasas* identificadas *in silico* se continuó con la identificación *in vitro* del gen *Flipasa IA* (ATPasa XM_001705404) debido a que sus sitios de escisión para caspasas fueron detectados en el sitio de unión a nucleótidos al igual que las *Flipasas* ATP11A y ATP11C de *H. sapiens*. Se clonó la región del gen que codifica para la *Flipasa IA* (GenBanck XP_001705456.1), de *G. intestinalis* empleando los iniciadores específicos diseñados. Se obtuvo un fragmento con un tamaño estimado de 621pb (Figura 3), que fue visualizado en un gel de agarosa al 1 % teñido con SYBR™ Gold, que coincide con los resultados obtenidos *in silico*. Estos resultados difieren a lo reportado por Villazana-Kretzer, 2008 (Tesis Maestría), quien identificó *in vitro* a la *Flipasa IA* de *G. intestinalis* con el mismo número de acceso, esto debido a que se trata de la secuencia nucleotídica que codifica para el gen completo de la *Flipasa*. El producto de PCR fue purificado, digerido y ligado junto con vector de expresión y se obtuvo una construcción de 5681pb. La construcción obtenida fue empleada para la transformación de las cepas de *E. coli* TOP10 y BL21 para la propagación de la construcción y expresión de la proteína recombinante respectivamente. En ambos casos se analizó la presencia del fragmento génico de la *Flipasa IA* en la construcción mediante PCR punto final. La clonación de la región que codifica para el dominio A de la *Flipasa IA* permitirá la producción recombinante de la proteína para la obtención de un anticuerpo policlonal y emplearlo para evaluar la participación de la *Flipasa IA* durante la apoptosis de *G. intestinalis*.

Comentarios Finales

La *Flipasa IA* de *G. intestinalis* comparte similitud estructural con *Flipasas* de eucariotas superiores como *H. sapiens*, además, los sitios diana para caspasas predichos en su secuencia aminoacídica coinciden con las *Flipasas* ATP11A y ATP11C de *H. sapiens*, sugiriendo un mecanismo de regulación similar, sin embargo más estudios se requerirán para comprobar su participación, para ello se clonó la *Flipasa IA* de *G. intestinalis* y se obtuvo una región de 621pb que será utilizada para la producción recombinante de la proteína y su posterior evaluación durante la apoptosis de *G. intestinalis*.

Referencias

Aguilar-Diaz, H., Canizalez-Roman, A., Nepomuceno-Mejia, T., Gallardo-Vera, F., Hornelas-Orozco, Y., Nazmi, K., Bolscher, J. G. M., Carrero,

- J. C., Leon-Sicairos, C., & Leon-Sicairos, N. (2017). Parasiticidal effect of synthetic bovine lactoferrin peptides on the enteric parasite *Giardia intestinalis*¹. *Biochemistry and Cell Biology*, 95(1), 82–90. <https://doi.org/10.1139/bcb-2016-0079>
- Andersen, J. P., Vestergaard, A. L., Mikkelsen, S. A., Mogensen, L. S., Chalal, M., & Molday, R. S. (2016). P4-ATPases as phospholipid flippases-structure, function, and enigmas. *Frontiers in Physiology*, 7(JUL), 1–23. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00275>
- Dixon, B. R. (2021). *Giardia duodenalis* in humans and animals – Transmission and disease. *Research in Veterinary Science*, 135(June), 283–289. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.09.034>
- Hernández Atehortua, P. C., Chaparro Olaya, J., Velandia, M. L., Álvarez M., W. A., & Pérez N., P. A. (2015). Muerte celular programada en protozoarios: el caso de *Giardia intestinalis*. *Revista Salud Bosque*, 2(1), 25. <https://doi.org/10.18270/rsb.v2i1.84>
- Huang, Y., Takar, M., Best, J. T., & Graham, T. R. (2020). Conserved mechanism of phospholipid substrate recognition by the P4-ATPase Neo1 from *Saccharomyces cerevisiae*. *Biochimica et Biophysica Acta - Molecular and Cell Biology of Lipids*, 1865(2), 158581. <https://doi.org/10.1016/j.bbalip.2019.158581>
- Kelley, L. A., Mezulis, S., Yates, C. M., Wass, M. N., & Sternberg, M. J. (2016). The Phyre2 web portal for protein modeling, prediction and analysis. *Nature Protocols*, 10(6), 845–858. <https://doi.org/10.1038/nprot.2015-053>
- Lyons, J. A., Timcenko, M., Dieudonné, T., Lenoir, G., & Nissen, P. (2020). P4-ATPases: how an old dog learnt new tricks — structure and mechanism of lipid flippases. *Current Opinion in Structural Biology*, 63, 65–73. <https://doi.org/10.1016/j.sbi.2020.04.001>
- Nagata, S. (2018). *Apoptosis and Clearance of Apoptotic Cells*. January, 1–29.
- Nagata, S., Sakuragi, T., & Segawa, K. (2020). Flippase and scramblase for phosphatidylserine exposure. *Current Opinion in Immunology*, 62, 31–38. <https://doi.org/10.1016/j.coi.2019.11.009>
- Ortega-Pierres, M. G., Jex, A. R., Ansell, B. R. E., & Svärd, S. G. (2018). Recent advances in the genomic and molecular biology of *Giardia*. *Acta Tropica*, 184, 67–72. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2017.09.004>
- Pettersen, E. F., Goddard, T. D., Huang, C. C., Couch, G. S., Greenblatt, D. M., Meng, E. C., & Ferrin, T. E. (2004). UCSF Chimera - A visualization system for exploratory research and analysis. *Journal of Computational Chemistry*, 25(13), 1605–1612. <https://doi.org/10.1002/jcc.20084>
- Segawa, K., & Nagata, S. (2015). An Apoptotic “Eat Me” Signal: Phosphatidylserine Exposure. *Trends in Cell Biology*, 25(11), 639–650. <https://doi.org/10.1016/j.tcb.2015.08.003>
- Song, Y. Y., Wang, L. A., Ren, H. N., Qi, X., Sun, G. G., Liu, R. D., Jiang, P., Zhang, X., Cui, J., & Wang, Z. Q. (2018). Cloning, expression and characterisation of a cysteine protease from *Trichinella spiralis*. *Folia Parasitologica*, 65. <https://doi.org/10.14411/fp.2018.007>
- Tajbakhsh, A., Kovanen, P. T., Rezaee, M., Banach, M., Moallem, A., & Sahebkar, A. (2020). Regulation of efferocytosis by caspase-dependent apoptotic cell death in atherosclerosis. *International Journal of Biochemistry and Cell Biology*, 120(June 2019), 105684. <https://doi.org/10.1016/j.bioce.2020.105684>
- Villazana-kretzer, D. L. (2008). *Giardia Lamblia : Genomic And Molecular Analyses Of Flippase*.

Apéndice

Cuestionario utilizado en la investigación

- ¿Se han descrito Flipasas en el genoma de *G. intestinalis*?
- ¿Las Flipasa IA de *G. intestinalis* tiene dominios funcionales similares a las de otros organismos?
 - ¿Las Flipasas de *G. intestinalis* están relacionadas con la muerte celular tipo apoptosis?

Desarrollo del Modelo Dinámico Lineal para una Turbina de Gas y sus Sistemas de Control y Diagnóstico

Ing. Joel Zaldívar Cabrera¹, Dr. Igor Loboda², M.C. Víctor Manuel Pineda Molina³

Resumen –Las turbinas de gas (TG) son sistemas muy complejos, donde hay una probabilidad mayor de alguna deficiencia, el sistema mecánico requiere de un diagnóstico confiable y un aumento de confiabilidad, para ello se lleva a cabo técnicas que sean capaces de detectar y situar las fallas primarias para no llegar a provocar una falla más grave. El objetivo de este trabajo es desarrollar un algoritmo del modelo dinámico lineal (modelo termodinámico) de una turbina de gas, presentada por un modelo dinámico no-lineal. Se usan varios regímenes transitorios para comparar los modelos obtenidos para cada régimen y determinar qué modelo es más exacto.

Palabras clave -Turbinas de Gas, Modelo Dinámico No-Lineal, Modelos en Espacio de Estado.

Introducción

El desarrollo en la maquinaria de la industria se ha prolongado bastante enfocándose en las turbinas de gas ya que es una maquina muy utilizada (por su alta potencia y peso relativamente bajo), pero para maximizar su vida útil debe tener un diagnóstico que ayude con su trabajo confiable. Los modelos dinámicos lineales de una turbina de gas son aquellos que cambian a través del tiempo, por lo cual los cambios que realizan son absolutos. Este tipo de simulación es basada en el modelo dinámico lineal donde existe una parte imaginaria y una parte real, y así poder lograr una coincidencia entre régimen y matriz y obtener el resultado.

Algoritmo del modelo dinámico lineal (MDL)

Modelos Dinámicos No-Lineales

Los modelos dinámicos cambian por el tiempo describiendo trayectorias temporales y Matemáticamente pueden ser representados por la siguiente función:

$$\frac{d\vec{x}}{dt} = f_1\left(\vec{x}, \vec{u}\right) \quad (1)$$

$$\vec{y} = f_2\left(\vec{x}, \vec{u}\right) \quad (2)$$

Donde:

\vec{x} son variables de Entrada

\vec{u} son variables de Control

\vec{y} son variables Medidas

¹ Ing. Joel Zaldívar Cabrera alumno en la Maestría en Ciencias de la Ingeniería en Sistemas Energéticos del Instituto Politécnico Nacional Unidad Culhuacán zaldivarjoel96@gmail.com

² M. en C. Victor Manuel Pineda Molina alumno del Doctorado en Energía de la ESIME Unidad Culhuacán del Instituto Politécnico Nacional pinedavictormanuel@hotmail.com

³Dr. Igor Loboda Instituto Politécnico Nacional igloboda@gmail.com

MDL y Proceso Dinámico de una Turbina de Gas (TG)

Los modelos dinámicos lineales de turbina de gas son modelos en espacio de estado lineales, se utilizan para el monitoreo de turbina de gas.

Los modelos dinámicos lineales (MDL) describen la diferencia entre un proceso transitorio y el proceso estático que corresponde al mismo perfil de cambios de las variables de control \vec{u} .

Para obtener los valores de \vec{x} y \vec{y} de un proceso transitorio a los valores estáticos \vec{x}_{est} y \vec{y}_{est} se agregan los valores $\Delta \vec{x}$ y $\Delta \vec{y}$ del MDL(modelo dinámico lineal). Las ecuaciones (2) y la figura 1 ilustran el comportamiento de modelo estático y MDL.

$$\vec{x} = \vec{x}_{est} + \Delta \vec{x} \quad (3)$$

$$\vec{y} = \vec{y}_{est} + \Delta \vec{y} \quad (4)$$

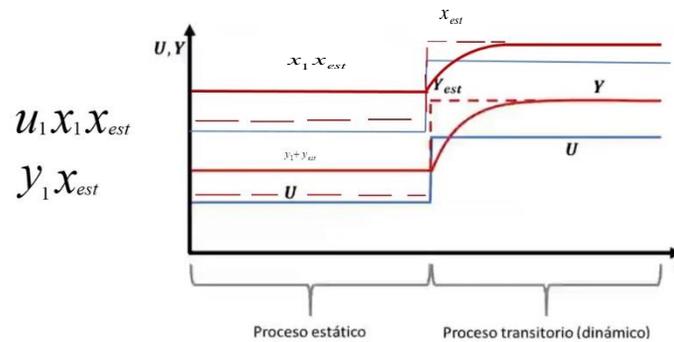


Figura 1. Proceso estático y dinámico.

El algoritmo se enfoca en un motor turboeje (turbohaft) aeroderivado con rubeina de potencia. Este motor se aplica para girar un compresor centrífugo en ductos de gas natural. Los principales componentes de este motor son compresor (C), cámara de combustin (CC) y turbina (de compresor(TC) y turbina de potencia(TP)) como se muestra en la figura 2.

Este tipo de algoritmo esta basado en el motor de turboeje.

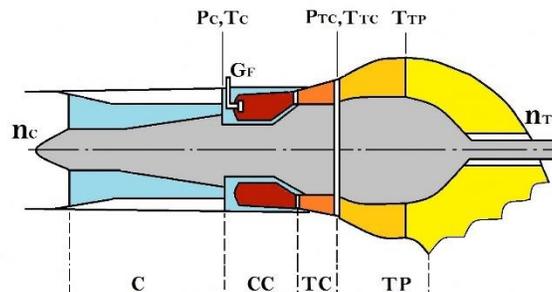


Figura 2. Diagrama del motor turboeje (para modelar y simular su dinámica).

Nc	C	CC	TC	TP	Ntp	Ttp	Ttc	Ptc	Tc	Pc
Velocidad de rotación (en compresor)	Compresor	Camara de combustión	Turbina de compresor	Turbina de potencia	Velocidad de rotación (turbina de potencia)	Temperatura turbina de potencia	Temperatura turbina de compresor	Potencia de turbina de compresor	Temperatura de compresión	Presión de compresor

Datos Iniciales para el Modelo Dinámico

Iniciando con un proceso estático para llegar a un proceso dinámico se calculan los cambios absolutos para

\vec{x}_i, \vec{u}_i y \vec{y}_i para las variables x_1, u_1 y y_1 del motor turbo eje (turbohaft).

$$\vec{x}_i = \vec{X}_i - \vec{X}_0 \tag{5}$$

$$\vec{u}_i = \vec{U}_i - \vec{U}_0 \tag{6}$$

$$\vec{y}_i = \vec{Y}_i - \vec{Y}_0 \tag{7}$$

Donde “0” refiere a un rotor fijo de trabajo estacionario del motor, y “i” significa el momento de tiempo de valores dinámicos.

Para calcular las desviaciones de cada valor en la ecuacion 3 \vec{x}_i se tiene el valor actual donde \vec{X}_i es el cambio dinámico y \vec{X}_0 es el valor estático, siendo así para las ecuaciones 4 y 5. En la ecuación 4 los regímenes son establecidos para los parámetros \vec{u}_i (condiciones de operación) y para \vec{y}_i (variables monitoreadas).

Ecuación en el Espacio Estado

Utilizando las 3 ecuaciones para cambios de variables, donde el proceso dinámico es encontrado en la variable X, las demás variables dependen del vector U. La estructura del modelo dinamico lineal en espacio de estados se observa de siguiente forma:

$$\vec{x}_{i+1} = A\vec{x}_i + B\vec{u}_i \tag{8} \text{ Ecuación en Espacio de Estado}$$

$$\vec{y}_i = C\vec{x}_i + D\vec{u}_i \tag{9} \text{ Ecuación de observaciones}$$

Donde:

$$\vec{X} = [\Delta n_1, \Delta n_2, \dots, \Delta n_r]^T \tag{10} \text{ Vector de Estado}$$

$$\vec{U} = [\Delta u_1, \Delta u_2, \dots, \Delta u_m]^T \tag{11} \text{ Vector de Control}$$

$$\vec{Y} = [\Delta y_1, \Delta y_2, \dots, \Delta y_s]^T \tag{12} \text{ Vector de Observación}$$

Según la tabla, las dimensiones para la turbina de gas modelada son $r=2$, $m=1$ y $t=5$. Por lo tanto la estructura de los vectores

$\vec{x} = \begin{bmatrix} x_{11} \\ x_{21} \end{bmatrix},$ <p style="text-align: center; margin: 0;">2×1</p>	$\vec{u} = [u_{11}] \text{ y}$ <p style="text-align: center; margin: 0;">1×1</p>	$\vec{y} = \begin{bmatrix} y_{11} \\ y_{21} \\ y_{31} \\ y_{41} \\ d_{51} \end{bmatrix}$ <p style="text-align: center; margin: 0;">5×1</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

De la misma manera las matrices A,B,C y D toman la forma siguiente.

$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix},$	$B = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \end{bmatrix},$	$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} \\ c_{21} & c_{22} \\ c_{31} & c_{32} \\ c_{41} & c_{42} \\ c_{51} & c_{52} \end{bmatrix} \text{ y}$	$D = \begin{bmatrix} d_{11} \\ d_{21} \\ d_{31} \\ d_{41} \\ d_{51} \end{bmatrix}$
-------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------

Ecuación Generalizada

Las dos ecuaciones con los 2 vectores de argumentos \vec{x}_i, \vec{u}_i y \vec{y}_i los 2 vectores de salida \vec{x}_{i+1} y \vec{y}_i se puede matemáticamente transformar en una ecuación con un vector \vec{z}_i de salida y un vector \vec{v}_i de argumentos llegando a la siguiente ecuación generalizada:

$$\vec{Z}_i = E \vec{V}_i \quad (13)$$

Donde $i=1, T$ son numeros de las estaciones de medición temporales de un proceso transitorio del motor analizando al generar con el modelo termodinámico. Los vectores \vec{z}_i y \vec{v}_i para todas las estaciones de medición.

La matriz de coeficientes generalizada se determina por el metodo de minimos cuadrados.

$$\hat{E}^T = \left(\vec{V} \vec{V}^T \right)^{-1} \vec{V}^T \vec{Z} \quad (14)$$

Donde las matrices V y Z unen los vectores correspondientes \vec{v}_i y \vec{z}_i para todas T ecuaciones.

Tiempo	\vec{X}	X	U	\vec{Y}	Y	Y	Y	Y
t(s)	N_{HP} (1XMIN)	N_{PT} (1XMIN)	Gf (Kg.s)	P_{HPC} (P)	P_{HPT} (P)	T_{HPC} (K)	T_{HPT} (K)	T_{PT} (K)
.000000	670.492	9786.48	5006.91	.393300	.106437E+07	244058.	605.249	824.987
.110000	670.481	9786.48	5008.20	.393300	.106437E+07	244058.	605.249	824.987
.210000	670.472	9786.48	5009.29	.393300	.106437E+07	244058.	605.249	824.987
.410000	673.608	9786.48	5010.24	.397303	.106680E+07	244527.	605.612	828.983

Tabla 1. Datos simulados para el proceso dinámico 1.

N_{HP}	N_{PT}	Gf	P_{HPC}	P_{HPT}	T_{HPC}	T_{HPT}	T_{PT}
Velocidad de rotación (alta presión)	Velocidad de rotación (turbina de potencia)	Caudal de combustible	Presión (alta potencia de compresor)	Presión (alta potencia de turbina)	Temperatura (alta potencia de compresor)	Temperatura (alta potencia de turbina)	Temperatura (potencia turbina)

Para calcular la matriz Z se simula (con el modelo termodinámico) un proceso transitorio de T=128 estaciones de medición (valores de tiempo).

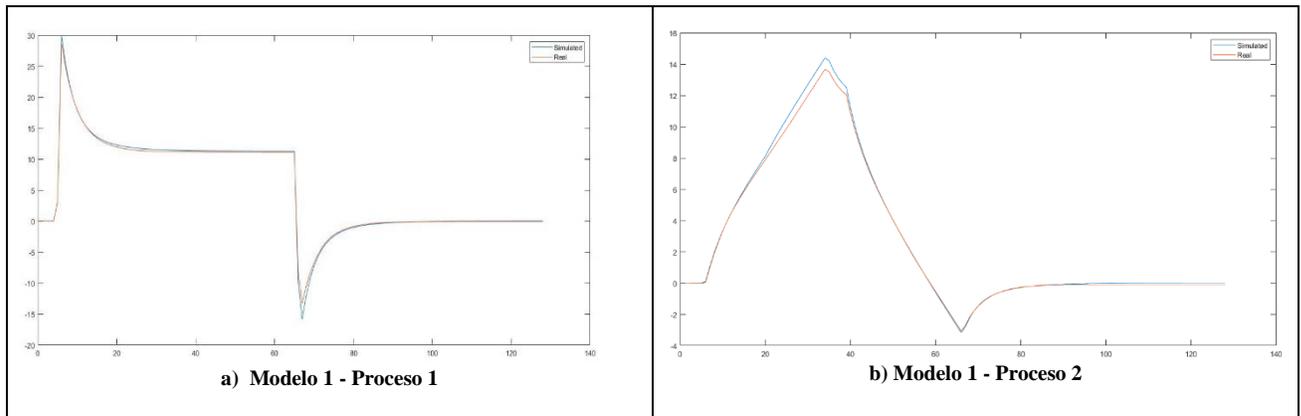
La tabla 1 presenta el ejemplo de las variables \vec{x} , u y \vec{y} simuladas.

Resultados

Para analizar la influencia de un proceso transitorio a la exactitud del MDL, se simularon 16 procesos formados por 4 niveles del cambio de caudal de combustible $\Delta Gf = 10\%, 40\%, 70\%$ y 100% (100% significa el cambio máximo) y 4 perfiles diferentes $\Delta Gf = f(t)$ para cada proceso, y su propia variación del MDL fue

generada. La figura 3 ilustra el comportamiento de la velocidad de rotación de compresor n_c original y simulada por el MDL.

Los 4 casos presentados corresponden a 2 variaciones del MDL y 3 procesos.



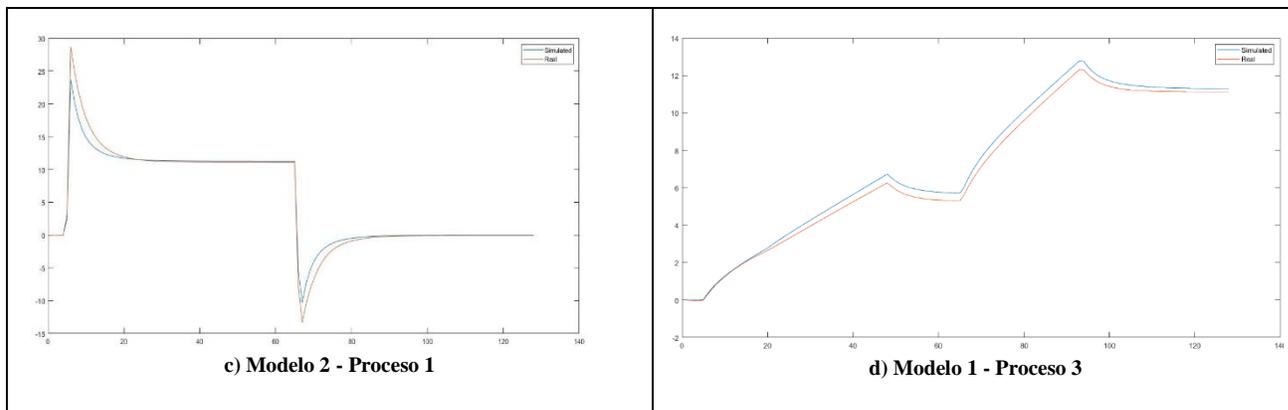


Figura 3. Resultados simulados de 4 diferentes procesos transitorios.

Las variaciones del MDL y los procesos dinámicos se especifican en la tabla 2.

Modelos y Procesos	ΔGf	Perfil $\Delta Gf = f(t)$
Modelos 1 y Procesos 1	10%	Perfil 1
Modelos 2 y Procesos	40%	Perfil 2
Modelos 2 y Procesos	70%	Perfil 2
Modelos 3 y Procesos	100%	Perfil 3

Tabla 2. Modelos y Procesos.

Conclusiones

Como se muestra en la figura 3 el algoritmo del modelo dinámico lineal funciona adecuadamente cuando coinciden el modelo y proceso en lo opuesto cuando no coinciden, el error se verá reflejado con una diferencia entre las variables simuladas y las reales.

Referencias

1. J. Volponi H. DePold R. Ganguli Pratt & Whitney, 400 Main Street, East Hartford, CT 06108 C. Daguang Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing, China.
2. Proceedings of GT2006 ASME Turbo Expo 2006: Power for Land, Sea and Air May 8-11, 2006, Barcelona, Spain GT2006-90412.
3. Carl Palmer Sikorsky Aircraft – Impact Technologies Rochester, NY, USA y Eric Hettler Sikorsky Aircraft – Impact Technologies Rochester, NY, USA Proceedings of ASME Turbo Expo 2015: Turbine Technical Conference and Exposition GT2015 June 15 – 19, 2015, Montréal, Canada GT2015-43720

Notas Biográficas

Ing. Joel Zaldívar Cabrera es alumno de la Maestría en Ciencias en Sistemas Energéticos incorporada a PNCP, concluyo su licenciatura en Ingeniería Mecánica por parte de la ESIME U. Culhuacán-IPN.

Dr. Igor Loboda, Obtuvo los grados de maestro y doctor en ciencias en el instituto de aviación de Jarkov (Ucrania) en 1979 y 1994, respectivamente. Sus áreas de investigación son simulación y diagnostico paramétrico de turbinas de gas, métodos de la identificación de sistemas y teoría de reconocimiento de patrones.

M. en C. Víctor Manuel Pineda Molina, obtuvo la licenciatura en Ingeniería Mecánica y el grado de maestro en Ciencias de Ingeniería en Sistemas Energéticos en 2016 y 2018, respectivamente. Actualmente se encuentra estudiando el Doctorado en Energía.

Bases Teóricas de las Competencias Docentes para el Profesor Universitario del Siglo XXI en las Ciencias Económico-Administrativas

Mtra. Ruth María Zubillaga Alva¹, Mtra. Margarita Isabel Islas Villanueva²,
Mtra. Cynthia Sánchez de Alba³ y Mtra. Judith Ortiz Barrera⁴

Resumen—

El ser humano desarrollo de forma acelerada diversas competencias en su interrelación social, cultural y global, más acelerado en este siglo XXI, por avances en la sociedad del conocimiento y desarrollo tecnológico, que ha modificado límites biológicos, físicos y digitales desde la forma de vivir en nuevos escenarios en el desarrollo de competencias por la socioformación a través de estrategias y procesos reflexivos. Durante el siglo XX, las competencias estaban instauradas en una política que buscaba la calidad pedagógica en las instituciones educativas donde el rol docente era muy tradicional

Es apremiante como el profesor en la actualidad hace uso de habilidades e inteligencias en su rol como docente en el entorno de adaptabilidad y vulnerabilidad para ser más competente en su quehacer académico buscando innovar y generar estrategias para la resolución de problemas con una gestión comunicativa hacia los estudiantes, así como con sus pares en el contexto.

Palabra clave: competencia docente, habilidad, inteligencia

Introducción

A nivel mundial se sigue la tendencia de que en la educación es necesario redefinir el ejercicio del docente sin perder de vista los principios pedagógicos como formador de otros en el proceso de enseñanza aprendizaje, el entorno organizacional globalizado demanda cambios significativos al entrar en un nuevo ecosistema donde el docente utilice sus saberes de manera creativa e integral en la formación del capital humano que favorezca la cultura del aprendizaje así como la interdisciplinariedad del conocimiento según lo requiera el mercado laboral y que cubra los estándares que requiere el trabajo en el sector.

Las nuevas tecnologías han generado en las instituciones educativas diversas formas de transmitir y compartir el conocimiento del docente; pues ya no es solo estar en el aula de forma presencial y compartir sino se ha transitado a la virtualidad ya sea de forma sincrónica o asincrónica y es por ello que el docente juega un rol importante donde contribuye al crecimiento y desarrollo de habilidades de otras, a través de aspectos socioemocionales y académicos como contenedor de apoyo; haciendo uso de sus competencias en el quehacer profesional de manera eficiente vinculando el desarrollo habilidades a las diversas inteligencias múltiples según Gardner

Descripción del Método

La competencia suele ser conceptualizada como un comportamiento observable que desarrolla la persona ya sea en una actividad o función encomendada, lo que constituye el saber hacer en un contexto determinado (Hernández, Rocha y verano, 1998) y en un ámbito colaborativo haciendo uso de los recursos mediante el conocimiento de estos y su vinculación con las habilidades duras y blandas para ser más productivo según el perfil.

El término de competencia es confuso en algunos casos, puesto que se toma a veces como una habilidad; sin embargo, no es claro si las competencias se refieren a lo que las personas son capaces de hacer solamente o cuales son las cualidades, aptitudes y capacidades para hacer una actividad o función con facilidad y correctamente en lo que tienen que hacer para alcanzar un triunfo, promoción o éxito; esto en un puesto de trabajo según sea en el sector donde se desempeñen (Gil, 2000).

¹ Mtra. Ruth María Zubillaga Alva, Profesor del Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas (CUCEA) de la Universidad de Guadalajara. ruth.zubillaga@academicos.udg.mx (autor corresponsal)

²La Mtra. Margarita Isabel Islas Villanueva es profesora de tiempo completo del Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas (CUCEA) de la Universidad de Guadalajara, margarita.islas@academicos.udg.mx

³ La Mtra. Cynthia Sánchez de Alba es profesora del Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas (CUCEA) de la Universidad de Guadalajara, cynthia.sanchez@academicos.udg.mx

⁴ La Mtra. Judith Ortiz Barrera es profesora del Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas (CUCEA) de la Universidad de Guadalajara, judtih.ortiz@cucea.udg.mx

Cabe mencionar que el término “competencias” proviene del verbo latino *competere* que significa ir a una cosa al encuentro de otra, encontrarse o coincidir, así también de acuerdo con el Diccionario de la Real Academia, tiene varias definiciones, pero que en este sentido la describiremos como la pericia, aptitud o idoneidad para hacer algo o intervenir en un asunto determinado.

Está en discusión si es lo mismo una competencia o una habilidad; en otros países vemos como el término se tiene como equivalente y se le denominan *skills*, para algo práctico, por lo que Annett (1991) lo conceptualiza como un comportamiento eficiente ante la aplicación práctica para la resolución de un problema específicos. Esto explica por qué a pesar de seguirse utilizando en inglés la palabra *skills*; está se traduce a otros idiomas como competencias, como en el caso del francés y del español.

La formación de la competencia en el individuo se ha concebido tradicionalmente en la educación desde una perspectiva rígida y descontextualizada del proceso de autorrealización y del tejido socioeconómico (Tobón y Agudelo, 2000). Esto es el hecho de que en las ciencias sociales ha habido una tendencia a asumir al sujeto tomándolo como referencia de una forma explícita o implícita en el paradigma clásico positivista (Rozo, 1999). La formación, en términos generales, hace referencia a la construcción de capacidades, habilidades, conocimientos, actitudes, aptitudes y valores dentro del marco de un conjunto de potencialidades personales.

Cuando se piensa que el principio de las competencias reside en las aportaciones de los psicólogos cognitivos (Tobón 2005: 32), la base teórica se ubica, en el conductismo y lógicamente en la psicología cognitiva que incluye entre otras teorías el constructivismo y posteriormente plantear un modelo formal mental para explicar cómo es el conocimiento humano a través de que se orienten las habilidades a una acción donde puede entenderse que los pasos cambian conforme al conocimiento adquirido y por ello se va construyendo el aprendizaje, pero más aun que este resulte significativo en el proceso de enseñanza-aprendizaje, representativo generando estructuras mentales que fueron constituidas por conocimientos previos, esta teoría constructivista concibe el proceso cognitivo como el resultado de la interacción activa del individuo en su entorno físico y social generando la importancia de la relación interpersonal en la construcción del conocimiento (Ausbel, 2009), a partir de una estructura conceptual de ideas, así como reconstruir y efectuar una construcción activa de conceptos o ideas que generen nuevos conceptos o conocimientos activos.

La descripción de una competencia debe tener como base algunos componentes, considerando, el desarrollo humano, los problemas del entorno y el manejo de situaciones de incertidumbre, en la siguiente tabla.

Dimensión del desarrollo humano: indica los ámbitos generales de la formación humana en el cual se inscriben las competencias	
Identificación de la competencia: Nombre y descripción de la competencia mediante un verbo en infinitivo, objeto sobre el cual recae la acción y condición de calidad	Elementos: Desempeño específico que compone la competencia identificada
Criterios de desempeño: Resultado que una persona debe demostrar en situaciones reales de trabajo, ejercicio profesional o vida social, teniendo como base determinados requisitos de calidad con el fin de que el desempeño sea idóneo	Saberes esenciales: Saberes requeridos en una persona que logre los resultados descritos en el criterio de desempeño, conforme a la clasificación de saber, ser, saber conocer y saber hacer
Rango de aplicación: Tipo, clase y naturaleza en la cual se aplican los elementos de competencia, criterios de desempeño, como condición que tal clase implique variantes en la competencia	Evidencia requerida: Pruebas necesarias para evaluar la competencia de una persona, acorde al criterio de desempeño de los saberes esenciales y el rango de aplicación
Problema: Situación en que la persona debe resolver de forma adecuada mediante la competencia y dar respuesta	Caos e incertidumbre: Descripción de la situación de incertidumbre asociada al desempeño de la competencia, la cual debe ser afrontada mediante estrategias

Tabla 1. Componentes estructurales de una competencia,
Fuente . Elaborado con datos de Tobon 2009

Si se piensa que el origen de las competencias reside en su relación con las inteligencias múltiples, puede pensarse que la base teórica de esta concepción reside en la explicación de Gardner, en cuanto que el ser humano, a diferencia

de otros seres vivos, se caracteriza por su capacidad de pensamiento, su inteligencia para discernir, crear, entender, transformar y adaptarse al entorno que le rodea y precisamente es a partir de la inteligencia que el ser humano resuelve problemas o una determinada situación (Tobón, 2005, pp. 32-33 & Macías, 2002: 34).

Tobón (2005) considera una concepción de la mente humana como un binomio inteligencia-capacidad a una concepción como representación-del contexto, es decir, la forma en que los seres humanos nos representamos a nosotros mismos, al mundo y a los demás como actores existentes en nuestro entorno para la resolución de problemas.

Las competencias se piensan como procesos dados por representaciones de la realidad y actuaciones con base en las estrategias más adecuadas para cada caso (Tobón, 2005, pp. 34-35). Esto ubicado en la enseñanza para la comprensión; se considera que es fundamental que los estudiantes aprendan a comprender a los otros, a valorar las diferencias de ellos con los otros y a utilizar las fortalezas de cada quien, por otra parte los estudiantes necesitan aprender a conocerse a sí mismos, a valorarse y a confiar en sus capacidades para aprender a comunicarse mejor y lograr que sus ideas sean bien comprendidas y valoradas; es ahí un binomio del estudiante y profesor puede resultar exitoso.

Y el rol docente debe tener una estructural conceptual de sus competencias identificando su formación, su desempeño, su autodesarrollo para el análisis de competencias que este tiene y que aporte a lo que se requiere en los modelos de enseñanza actuales poniendo en primer plano, el desarrollo de la comprensión, es decir, los saberes de las personas, el respeto por el otro y por sus ideas y el fortalecimiento de la autoestima y la confianza en sí mismo (Escobedo, 2004, pp. 531-532).de aquellos con quien interactuará y como las aplica según el ámbito de desarrollo como se describe en la tabla 2.

Competencias Genéricas	Descripción
Individual	Conjunto de características personales y conocimientos que confieren a la persona la capacidad para desempeñar la función correspondiente a su ocupación satisfactoriamente (Llopart, 1997:137)
Profesional	Disposición de los conocimientos, destrezas y aptitudes necesarias para ejercer una profesión, resolución de problemas profesionales de forma autónoma, flexible, capacitado para colaborar en un entorno profesional; capacidad de aplicar las destrezas en condiciones operativas. (Bunk, 1194:9)
Laboral	Habilidad para desempeñarse con los estándares requeridos en el empleo a través de un rango amplio de circunstancias para responder a demandas cambiantes s (IHCD, 1998, Cit. por Irigoín & Vargas, 2003:45); conjunto integrado de funciones y tareas de acuerdo con criterios de desempeño idóneo en el medio laboral (Miranda, 2003)
Ocupacional	Posesión y desarrollo habilidades y conocimientos suficientes, actitud y experiencia para el logro del éxito en los roles ocupacionales (Sims, 10991:142) habilidad para realizar la actividad dentro de una ocupación o función para el nivel esperad en el empleo (Management Carter Iniciativa 1990, Cit. Por Horton 2000:311)

Tabla 2 Comeptencias y su relación , Elaboración propia con datos de diversos autores, citado en European Scientific Journal December, 2013

Para desarrollar cada una de estas competencias Gardner (1987, 1988, 1993), lanza en 1983 la teoría de las inteligencias múltiples como una nueva perspectiva de conceptualización de la inteligencia en el desenvolvimiento de una persona en la vida cotidiana con capacidades que trascienden según vayan trabajando en ellas de forma creativa. En cualquier ambiente educativo y cultural.

Pues aunque se conoce esa teoría, la aplicación práctica es constante y más cuando estas las trabajas en conjunto con las habilidades duras teniendo el conocimiento técnico de ciertas disciplinas, nuevos idiomas, el desarrollo de habilidades tecnológicas y poniendo en juego la vinculación de habilidades blandas como la inteligencia emocional, buscando ser proactivo, adaptable al cambio constante, así como la gestión del tiempo orientado siempre a resultados en forma colaborativa en este mundo moderno.

En la tabla3, se muestran algunas diferencias del docente tradicional al actual, así como los retos que enfrenta en este siglo XXI, para seguir siendo competitivo, puesto que no hay que dejar del docente es un actor fundamental

como agente de cambio en el ámbito de la educación, puesto es un sector estratégico en el desarrollo de un país con valores y que no solo es la parte cognitiva, conductual, sino es construir día a día a través de la formación, interdisciplinaria profesionales participativos y reflexivos en esta sociedad desarrollando sus competencias y habilidades y los retos a los que se enfrenta en su quehacer académico.

Características docentes en el ámbito tradicional.	Características docentes en el ámbito actual	Retos que enfrentan los docentes en el siglo XXI
Actor principal: Profesor con un rol “dictador”	Constructivismo: aprendizaje guiado por el maestro. (Mucha información)	Ser selectivos con la información. Relevante o no, fundamentada, educación más humanista
El profesor solo tiene la información,	Convivencia con alumnos de otros lugares, sea presencial o virtual.	Desarrollar nuevas habilidades informáticas, duras y blandas
Modelo autoritario, ex informar, decir, explicar y demostrar	Plataformas existentes para generar nuevos materiales.	Migración tecnológica, pero cuidando el entorno donde se vive. Y disminuir la brecha educacional y estandarizar los criterios de evaluación docente
Cada 25 años se da un cambio cíclico en el modelo educativo, sin embargo, en los últimos 10 años se ha reducido la línea del tiempo debido al uso de las TIC,s	TIC’s, barreras informáticas abiertas y los saberes y deberes en las competencias.	Capacidad de análisis (realmente puede analizar toda la información a la que se tiene acceso) hacer uso de la gestión del conocimiento y pensamiento crítico
Libros de texto antiguos y para todos.	Información a la disposición de todos por medios digitales (aprender a ser selectivos)	El profesor no tiene el control de toda la información, pero si al acceso a bases de datos especializadas y Libros electrónicos, científicos (suscripciones)
Carencia de información, si el maestro no está actualizado todos estaremos igual.	Mayores facilidades en el acceso a la educación.	Variación de la información según la fuente y lidiar con información falsa respetando y preservando el pluralismo cultural
Aun en el siglo XXI el rol del profesor debe ser de guía y facilitador - no se da en todos los contextos pues lento, escaso y fijo.	Individualismo y competencias	Búsqueda de nuevas herramientas y aunque el conocimiento sea individualista la sociedad te exige trabajo colaborativo

Tabla 3. Características del docente tradicional y actual y sus retos en el siglo XXI

Fuente: Elaboración propia, 2022

Comentarios Finales

Aunque existen bases teóricas en la educación, es irrefutable que la inercia de la globalización nos lleva a acortar distancias entre países, personas, relaciones y esto por el avance, aplicación de la ciencia, la tecnología en el mundo; lo que obliga al docente a estarse formando constantemente para cumplir con los estándares de calidad que institucionalmente se requieren, ser productivo en su impacto formativo y social diligentemente, sin perder los valores y actitudes que le dan su identidad en el rol docente como líder ante el educando en su proceso de formación que no solo promueva el desarrollo de sus valores sino el saber , el saber hacer y el saber ser en el ámbito social.

Referencias bibliográficas

- Annett, J. (1991) Skill acquisition. En J. E. Morrison (Ed)., Humane performance and cognition. Chichester: Jhon Wiley
- Echeverría Samanes, B. & Martínez Clares, P. (2018). Revolución 4.0, competencias, educación y orientación. Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria, 12(2), 4-34. doi: <http://dx.doi.org/10.19083/ridu.2018.831>
- Fuentes N.M, (2007) Las competencias académicas desde la perspectiva interconductual, Acta colombiana de Psicología 10(2), 51-58, 2007
- Gardner, H. (1987). Arte, Mente y Cerebro. Buenos Aires: Paidós. — (1988). La nueva ciencia de la mente. Barcelona: Paidós. — (1993). La mente no escolarizada. Barcelona: Paidós.
- Gil, J.M. (2000) Diez errores en la gestión de recursos humanos: Innovación y nuevas tendencias. Capital Humano, 130, 20-44
- Guerrero D. (2013) Las competencias: una propuesta conceptual hacia la unificación multidimensional en el contexto de los recursos humanos, Universidad Michoacana de San Nicolas >Hidalgo, México, ITESM, México
- Hernández Rocha, C (1998), Las competencias como posible objeto de evaluación: elementos teóricos, Serie de investigación y evaluación educativa, Bogotá, SNP, ICFES
- Luna S., C (2014-2015), El futuro del aprendizaje. ¿Qué tipo de aprendizaje se necesita en el siglo XXI?, Investigación y prospectiva en Educación
- Tobón S. y Aguedo, H. (2000), Pensamiento complejo y la construcción de términos científicos, Un enfoque desde la cartografía conceptual (CVC). Medellín: Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM) Memorias el IV Seminario nacional de Terminología
- Working Paper 21st Century Skills and Competences for New Millennium Learners in OECD Countries (EDU Working paper no. 41) Todos los derechos reservados. © 2010 Instituto de Tecnologías Educativas, para esta edición en español Publicado con el acuerdo de la OCDE, París. Habilidades y competencias del siglo XXI para los aprendices del nuevo milenio en los países de la OCDE.