

ESTUDIO DE SELECCIÓN DE TÉCNICAS DE LEVANTAMIENTO DE REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE

M. en C. Dario Emmanuel Vázquez Ceballos¹, Dr. Edwing Antonio Almeida Calderón²,
Dra. Marcela Esperanza Buitrón de la Torre³ y Dr. Roman Anselmo Mora Gutierrez⁴

Resumen— A partir de una investigación que aborda problemáticas relacionadas a la selección de técnicas de levantamiento de requerimientos para el desarrollo de Software con enfoque de Experiencia de Usuario, se hizo un análisis de las técnicas que se pueden emplear en la gestión de proyectos de software, considerando el dominio del problema, el equipo de trabajo, el entorno de desarrollo y al usuario final. Cuando estas actividades se realizan incorrectamente afecta de manera crítica el desarrollo y éxito del software, principalmente por que son la base para las siguientes etapas. En el trabajo se analizan técnicas de levantamiento de requerimientos y se recopilan en un cuadro aquellas que se pueden combinar para recabar más información o alternar dependiendo del contexto y de las habilidades de los analistas. A partir de esta selección los analistas pueden obtener mejores resultados y generar un documento de especificación de requerimientos verificable, completo y claro.

Palabras clave— Ingeniería de requerimientos, técnicas de levantamiento de requerimientos, diseño centrado en el usuario, experiencia de usuario.

Introducción

Como parte de una investigación en la que se desarrolló un método de selección de técnicas de levantamiento de requerimientos para el desarrollo de Software con un enfoque de Experiencia de Usuario⁵ (UX), se hizo un análisis de técnicas que se pueden emplear en la gestión de proyectos de software, considerando aspectos del dominio del problema, características del equipo de trabajo, entorno de desarrollo y diseño centrado en el usuario.

En la investigación se identifican dificultades comunes que se pueden presentar en un levantamiento de requerimientos tales como: una selección inadecuada de técnicas de levantamiento de requerimientos en relación al problema a resolver, mal empleo de las técnicas seleccionadas; un proceso sin planificación ni estrategia; tareas inconclusas en los detalles de los requerimientos; deficiente comunicación con los interesados y clientes; no considerar aspectos del diseño centrado en el usuario, por mencionar casos representativos.

Aplicar y dirigir correctamente las actividades de la ingeniería de requerimientos proporciona las bases para que el desarrollo de software se realice exitosamente en las siguientes etapas. Los resultados del proceso se pueden medir en la reducción de ambigüedades en las necesidades recolectadas y en el entendimiento del equipo de trabajo sobre lo que se está implementando e integrando en cada ciclo de desarrollo.

Los requerimientos recabados de calidad y más cercanos a la realidad, se obtienen seleccionando a las personas indicadas y participativas del grupo de interesados, así como de la selección adecuada de técnicas de levantamiento de requerimientos y de fuentes de información como pueden ser: documentos, manuales, formatos de la organización y sistemas existentes, por mencionar las fuentes más comunes.

Este trabajo presenta el análisis de técnicas de levantamiento de requerimientos referido, recopilándose aquellas que se pueden combinar para recabar más información o alternar dependiendo del contexto y de las habilidades de los analistas, quienes, a partir de esta selección, pueden obtener mejores resultados y generar un documento de especificación de requerimientos verificable, completo y claro.

¹ El M. en C. Dario Emmanuel Vázquez Ceballos es candidato a doctor en Diseño y Visualización de la Información (UAM-Azcapotzalco). E-mail: al2163807218@azc.uam.mx (autor corresponsal)

² El Dr. Dr. Edwing Antonio Almeida Calderón es profesor-investigador y jefe del Departamento de Procesos y Técnicas de Realización (UAM-Azcapotzalco). E-mail: eaac@azc.uam.mx

³ La Dra. Marcela Esperanza Buitrón de la Torre es profesora investigadora del Departamento de Procesos (UAM-Azcapotzalco). E-mail: meb@azc.uam.mx

⁴ El Dr. Roman Anselmo Mora Gutierrez es profesor-investigador del Departamento de Sistemas (UAM-Azcapotzalco). E-mail: mgra@azc.uam.mx

⁵ Boada (2017) refiere a la experiencia de usuario al “cómo se siente una persona al interactuar con un sistema. Este sistema puede ser una página web, una aplicación, un programa... en general, cualquier forma de interacción entre personas y máquinas.”

Desarrollo

Estado del Arte

Los requerimientos indican el qué del sistema, pero no el cómo se va a implementar, es en la fase de diseño donde se plantea el cómo se conseguirá que el software desempeñe las tareas solicitadas (Gómez, 2011)(IIBA, 2015). Los requerimientos del sistema se dividen en: requerimientos funcionales que son aquellos que proporcionan la especificación de cómo debe comportarse el sistema ante las entradas determinadas; y los requerimientos no funcionales los cuales se refieren a las restricciones de la funcionalidad brindada por el sistema, estas pueden darse por cuestiones relacionadas con el tiempo, proceso de desarrollo, estándares definidos, políticas y normas institucionales. Los requerimientos del software se pueden obtener de muchas fuentes de información como pueden ser: documentos, manuales, formatos de la organización, miembros de las partes interesadas, usuarios que tienen el problema, sistemas existentes, por mencionar algunas fuentes (Zowghi & Coulin, 2005).

Aristizábal-Mejía & Torres-Moreno (2009), Hickey & Davis (2002) así como Zowghi & Coulin, (2005) señalan que la ingeniería de requerimientos es una fase importante y crítica en el desarrollo de software Cuando alguna de las actividades de la ingeniería de requerimientos se realiza incorrectamente afecta de manera crítica el desarrollo de software (Aristizábal-Mejía & Torres-Moreno, 2009). Esto se debe principalmente a que las actividades están relacionadas de forma cercana con los procesos de diseño, implementación, pruebas, administración, mantenimiento, gerencia del proyecto y la calidad de software.

En Martin (2015) se describen ventajas durante el desarrollo del software, cuando se implementa de manera correcta. Algunas situaciones favorables al desarrollar software correcto son: que no se requiere de grupos numerosos de programadores que dediquen jornadas largas de tiempo (24 horas los 7 días de la semana) en la implementación y mantenimiento. Desarrollar software correcto, reduce considerablemente la cantidad de esfuerzos económicos, tiempo y recursos humanos en su implementación y mantenimiento.

Los requerimientos de alta calidad sobre el software se obtienen seleccionando a las personas más adecuadas y participativas del grupo de interesados. En el proceso se lleva a cabo la interacción entre ambas partes para obtener las necesidades reales. Los analistas apoyan a los usuarios a expresar sus necesidades y expectativas respecto al sistema para llegar a acuerdos en lo que se va a diseñar e implementar (Yousuf & Asger, 2015). Este proceso es complejo, debido a que los analistas buscan, interpretan y descubren lo que las partes interesadas solicitan del sistema.

Durante el proceso de encontrar el origen de los requerimientos y recolectarlos, el analista se puede encontrar, de acuerdo con Aristizábal-Mejía & Torres-Moreno (2009), con algunas de las siguientes dificultades: problema de alcance -se refiere a que el problema analizado es tan complejo que no se tiene claridad de lo que el sistema debe hacer-, problema de entendimiento -se refiere a que los interesados no son capaces de expresar los requerimientos de la forma en la que los analistas lo desean- o problema de volatilidad -se refiere a que si el proyecto de software se toma mucho tiempo los requerimientos pueden ir cambiando o dejan de ser los mismos-.

El software se puede medir por la calidad de los requerimientos debidamente analizados y documentados. Omitir requerimientos importantes en el proceso, conduce a fallas en el proceso de desarrollo y a un software defectuoso o que no cumple con lo solicitado. El proceso está sujeto a un grado alto de error, derivado principalmente a problemas de comunicación, dado que es una actividad que depende en gran medida de las habilidades de comunicación de los analistas y del compromiso de las partes interesadas del sistema. Un ejemplo común de los problemas de comunicación entre las partes, ocurre cuando los interesados describen una característica -algo- mientras que los analistas entienden otra cosa, es decir, los conceptos que están claros de un lado, para el otro se entiende otra cosa.

Comparación

En la fase de ingeniería de requerimientos se puede identificar que la adquisición de requerimientos incorrectos (inconsistentes, inexactos, poco claros o incompletos) son responsables de malentendidos del sistema, de diseños e implementaciones defectuosas, que pueden derivar en un producto de software de mala calidad que puede incluso ser potencialmente dañino a las personas o al medio ambiente si es que se trata de un sistema crítico.

Considerando estas tareas críticas de la ingeniería de requerimientos y el contexto complicado que se plantea en el desarrollo de software, la selección de técnicas de levantamiento de requerimientos se convierte en una actividad importante para el éxito del proyecto.

En este trabajo se realizó un estudio comparativo de 10 técnicas de levantamiento de requerimientos que se encuentra en el Cuadro 1 [Ver Cuadro 1], dichas técnicas se recabaron de la literatura, en ella se presenta una breve descripción sobre la mecánica y función de la técnica, las principales ventajas y desventajas de su empleo, así como las referencias a las fuentes de la información. El objetivo de esta tabla para el proceso propuesto es que los analistas encargados de las tareas del levantamiento de requerimientos seleccionen las técnicas más adecuadas al proceso.

Entrevista

El analista plantea preguntas a los interesados sobre la forma en la que realizan sus tareas, sobre el sistema y procesos que utilizan actualmente, así como en los aspectos y funcionalidades del sistema a desarrollar. Las actividades se realizan de manera presencial y por lo general la comunicación tienen un corte informal. Existen 3 tipos de entrevistas: Estructuradas, no estructuradas y semi-estructuradas.

Ventajas:

Permite recopilar de manera eficiente grandes cantidades de datos.

No Estructuradas: Se puede usar para explorar y comprender mejor el dominio del problema.

Son el precursor de entrevistas más detalladas o estructuradas.

Desventajas:

Requiere que el analista tenga buenas habilidades comunicacionales.

No estructuradas: Se puede poner atención detallada de algunos temas y descuidar otros.

Estructuradas: Pueden limitar la generación de nuevas ideas.

Referencias: Aristizábal-Mejía & Torres-Moreno (2009), Gunda (2008), Serna, 2012), Sharma & Pandey, 2013), Sood & Arora (2012), Swarnalatha, Srinivasan, Sharma, & Dravid (2014), Yousuf & Asger (2015), Zowghi & Coulin (2005).

Cuestionarios

Consisten en un conjunto de preguntas abiertas y cerradas que se aplican a los interesados. Se emplean para obtener los requerimientos y adquirir conocimientos del dominio del problema. Los cuestionarios deben ser claros, bien definidos, precisos y mencionar el plazo de tiempo en el que se deben devolver al analista. Se emplean cuando un mismo conjunto de preguntas las debe contestar un amplio número de participantes.

Ventajas:

Permite recopilar grandes cantidades de datos. Se puede emplear como una lista de comprobación para verificar que se han abordado los temas principales.

Desventajas:

Poca interacción con los interesados. No proporciona un mecanismo para que los participantes puedan aclarar un punto o corregir un malentendido.

Referencias: Gunda (2008), Sharma & Pandey (2013), Swarnalatha, et al. (2014), Yousuf & Asger (2015), Zowghi & Coulin (2005).

Análisis de documentación

Consiste en revisar y recopila información de documentos existentes tales como manuales, reportes, diseño, plantillas y otras fuentes de información relacionadas a las organización y sus procesos. De la información recolectada se obtienen los primeros requerimientos del proyecto.

Ventajas:

Se puede utilizar para crear instrumentos de otras técnicas como entrevistas o cuestionarios. Permite a los analistas estudiar el dominio del problema.

Desventajas:

La documentación difícilmente refleja la forma en que realmente se desarrollan las actividades en la organización.

Referencias: Mrayat, Norwawi, & Basir (2013), Serna (2012), Sharma & Pandey (2013), Yousuf & Asger (2015), Zowghi & Coulin (2005).

Lluvia de ideas

Consiste en reuniones informales entre cuatro y diez personas de la parte interesada y los analistas. Se sugieren toda clase de ideas sin centrarse en nada en particular, después se realiza un análisis detallado de las propuestas. Es importante evitar explorar o ideas a detalle. Los participantes tienen un límite de tiempo para compartir sus ideas.

Ventajas:

Útil para identificar requerimientos que no son claros. Se propicia la participación de los involucrados. Promueve la creatividad. Es de costos bajos. Útil para resolución de conflictos entre interesados.

Desventajas:

Sesiones poco productivas si el moderador es inexperto. No es recomendable para problemas complejos. Si la organización y dirección no es organizada puede tomar demasiado tiempo. Se pueden repetir ideas.

Referencias: Aristizábal-Mejía & Torres-Moreno (2009), Mrayat et al. (2013), Sood & Arora (2012), Swarnalatha et al. (2014), Yousuf & Asger, 2015), Zowghi & Coulin (2005).

Observación

Consiste en que el analista observa el entorno del usuario sin interferir en su trabajo. Se utiliza cuando los interesados no son capaces de explicar las necesidades y funcionalidades que requieren, así como para formarse una idea de cómo los usuarios interactuarán con el sistema. Existen dos variantes de observación la pasiva y la activa.

Ventajas:

Permite comprobar los pasos que toma una tarea o proceso. Ayuda a identificar eventos críticos no observados por otras técnicas. Permite medir los tiempos de las tareas que se realizan. Permite obtener requerimientos útiles. Útil para comprobar requerimientos obtenidos de otras técnicas.

Desventajas:

Si el analista no es experto, puede que no sepa que buscar o como evaluar lo que observa. La presencia de los analistas puede incomodar la labor de los usuarios y sesgar el resultado, omitiendo pasos que son relevantes en el análisis. Pueden llevar varias sesiones. Puede llegar a ser una técnica costosa.

Referencias: Aristizábal-Mejía & Torres-Moreno (2009), Gunda (2008), Mrayat et al. (2013), Serna (2012), Yousuf & Asger (2015), Zhang (2007), Zowghi & Coulin (2005).

Análisis de protocolos

El analista observa como los participantes realizan una actividad o tarea mientras las describen en voz alta, así como acciones que se llevan a cabo o pensamientos detrás de ellas. Proporciona al analista información específica sobre los procesos que el sistema debe realizar. Se centra en los usuarios finales.

Ventajas:

Permite comprobar los pasos que toma una tarea o proceso. Mide el tiempo de las tareas. Se obtienen requerimientos útiles. Descubre características en un periodo de tiempo más corto. Útil para comprobar requerimientos de otras técnicas. Marca el flujo de trabajo.

Desventajas:

Hablar o describir una operación mientras se realiza no es la forma normal de realizar la tarea y puede distraer al operador. Puede no representar necesariamente el proceso correcto. Los operadores suelen dar por sentados los pasos repetitivos o menos que se escapan de la vista del analista.

Referencias: Mrayat et al. (2013), Serna (2012), Yousuf & Asger (2015), Zhang (2007), Zowghi & Coulin (2005).

Reutilización de requerimientos

Consiste en que los analistas usen el conocimiento existente para desarrollar un nuevo producto. Una cantidad considerable de requerimientos para un nuevo proyecto se pueden adquirir de los proyectos análogos existentes. Se reutilizan glosarios, planes de control de cambios, manejo de riesgos, lecciones aprendidas, entre otros.

Ventajas:

Es de bajo costo y si el analista es experto puede llevar menor tiempo. Se pueden obtener requerimientos útiles validados, propiciando una cultura organizacional y documental de la empresa.

Desventajas:

Se pueden descuidar las ideas y necesidades de los interesados del proyecto. Es una práctica complicada en empresas con una mala cultura organizacional.

Referencias: Gunda (2008), Mrayat et al. (2013), Serna (2012), Zhang (2007).

Prototipado

Es una técnica iterativa en el que se lanzan versiones del producto aportando valor y funcionalidad. En cada iteración se refinan los entregables según los comentarios de los interesados. Se emplean cuando los interesados no tienen una idea clara de lo que necesitan. Es útil en el desarrollo de nuevos sistemas. Proporcionar el diseño y línea gráfica básica de la interfaz de usuario y los modos de interacción.

Ventajas:

Permite clarificar requerimientos. Propicia la participación del usuario durante el desarrollo. Permite la retroalimentación temprana de los interesados. Por lo general ahorra tiempo y costo en el desarrollo.

Desventajas:

Se pueden descuidar los requerimientos relacionados con las funcionalidades internas. Los interesados se pueden acostumbrar a un mismo tipo de particular de sistema. Los interesados se pueden resistir a los cambios.

Referencias: Aristizábal-Mejía & Torres-Moreno (2009), Sood & Arora (2012), Sharma & Pandey (2013), Swarnalatha et al. (2014) Yousuf & Asger (2015), Zowghi & Coulin (2005).

Escenarios

Esta técnica consiste en una representación de la interacción del usuario con el sistema. Se propone ejemplos del mundo real de cómo se utilizaría el sistema. Se incluye una descripción completa de los procesos, desde el estado inicial, el flujo de eventos, actividades concurrentes, y el estado final. Por lo general están escritos en un lenguaje natural.

Ventajas:

Los escenarios se pueden emplear para validar los requerimientos. Se pueden emplear para crear casos de prueba. Permite identificar a los usuarios principales. Los resultados de la técnica son reutilizables en todo el proyecto.

Desventajas:

Es difícil crear escenarios útiles. No es adecuado para todo tipo de proyectos. No cubren todos los procesos. No proporciona una vista completa del sistema a desarrollar. Requiere de analistas capacitados

Referencias: Aristizábal-Mejía & Torres-Moreno (2009), Gunda (2008), Mrayat et al. (2013), Sood & Arora (2012), Swamalatha et al. (2014), Yousuf & Asger (2015), Zowghi & Coulin (2005).

Caso de Uso

Consta de actores, actividades y relaciones entre ellos, según la definición de UML. Se usa para representar el entorno en el que se desenvuelven los actores y el alcance del sistema, a través de los casos de uso (requerimientos funcionales). La técnica permite representar al actor como un elemento externo al sistema que interactúa con el sistema como una caja negra. Un caso de uso describe la secuencia de interacciones entre el sistema y sus actores cuando se ejecuta una acción.

Ventajas:

Permite identificar las actividades clave que son los requerimientos. Permite identificar a los usuarios principales del sistema. Se pueden emplear para crear casos de prueba. Considerar la perspectiva del usuario lo que asegura una mayor usabilidad.

Desventajas:

Es difícil crear escenarios útiles. Es ambiguo cuando se definen requerimientos complejos. Requiere de analistas capacitados. La estimación del esfuerzo y el costo puede aumentar dependiendo del proyecto.

Referencias: Koch & Escalona (2004), Odeh, Hauer, Mcclatchey & Solomonides (n.d.), Sood & Arora (2012).

Cuadro 1. Resumen de técnicas de levantamientos de requerimientos con sus ventajas y desventajas.

Es recomendable seleccionar varias técnicas de levantamiento de requerimiento para recolectar más necesidades del cliente y de mayor calidad, con ellos los analistas son más eficientes en la tarea y reducen la cantidad de tiempo y de errores en el documento de especificación de requerimientos, dado que muchos requerimientos son comprobados y refinados con la recolección de varias técnicas. Está recomendación tiene como aspecto negativo que los analistas deben dominar varias técnicas para realizarlas adecuadamente, así como poseer habilidades de las ciencias sociales y de negociación para comprender los requerimientos solicitados por los clientes.

El Cuadro 2 presenta la posible combinación (C) o alternativa (A) de técnicas de levantamiento de requerimientos que pueden seleccionar los analistas, obtenidas de la revisión de técnicas presentadas en el Cuadro 1, indicando, por un lado, que la intersección de 2 técnicas se marca con C estableciendo que dos técnicas pueden combinarse -dada la descripción, ventajas y desventajas- para complementar la recolección de los requerimientos y, por otro, que cuando la intersección se marca con una A establece que ambas técnicas son alternativas similares a emplear y que, dado el dominio del problema, su contexto y descripción, se puede emplear una o la otra, evitando recabar los mismos requerimientos.

	E	C	AD	TR	LII	O	AP	RR	P	E	CU
Entrevista (E)	-	C	C	A	A	A	A	C	C	A	A
Cuestionarios (C)	-	-	C	C	C	C	C	C	C	A	A
Análisis de documentos (AD)	-	-	-	C	C	A	A	C	C	C	C
Taller de requerimientos (TR)	-	-	-	-	A	A	A	C	C	C	C
Lluvia de ideas (LII)	-	-	-	-	-	A	A	C	C	C	C
Observación (O)	-	-	-	-	-	-	A	A	C	C	C
Análisis de protocolos (AP)	-	-	-	-	-	-	-	A	C	A	A
Reutilización de requerimientos (RR)	-	-	-	-	-	-	-	-	C	C	C
Prototipado (P)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C	C
Escenarios (E)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A

Cuadro 2. Propuesta de combinación (C) y alternativa (A) técnicas de levantamientos de requerimientos.

Conclusiones

Las técnicas de levantamiento de requerimientos presentadas en este trabajo son las más utilizadas en la etapa de elicitación de requerimientos de software por la literatura revisada. Este trabajo hace una descripción de esas técnicas junto con una serie de ventajas y desventajas de su empleo en el proceso. El éxito de la etapa de ingeniería de requerimientos se ve reflejado en el documento de especificación de requerimiento de software, el cual debe ser completo, consistente, correcto y verificable. Para conseguir un documento de especificación de requerimientos adecuado, en este trabajo se propone que los analistas revisen la descripción de las técnicas presentadas dada la descripción, las ventajas, desventajas y las características del equipo de trabajo se pueden seleccionar la combinación adecuada de técnicas que permitan realizar el proceso exitosamente que presentan

Los cuadros con resúmenes de las técnicas presentadas han permitido a los administradores prestar atención a la importancia que tiene la ingeniería de requerimientos en el éxito del proyecto. Permiten un acercamiento a las técnicas y las ventajas que pueden aportar en el proceso. La posibilidad de combinar o alternar técnicas dependiendo del contexto y del dominio del problema permiten a los administradores tomar mejores decisiones para seleccionar el conjunto de técnicas a utilizar para obtener mejores resultados en los proyectos.

Referencias

- Aristizábal-Mejía, N., & Torres-Moreno, M. E. (2009). Técnicas de Levantamiento de Requerimientos con Innovación. In *Cuarto Congreso Colombiano de Computación 4CCC*. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Miguel_Torres_Moreno/publication/244724135_Tecnicas_de_Levantamiento_de_Requerimientos_con_Innovacion/links/00b4951f0312e1cb80000000/Tecnicas-de-Levantamiento-de-Requerimientos-con-Innovacion.pdf
- Boada, N. (2017). ¿Por qué es tan importante el User Experience o Experiencia del Usuario? Recuperado de: <https://www.cyberclick.es/numerical-blog/por-que-user-experience-o-experiencia-del-usuario>
- Gómez, M. (2011). *Material Didáctico Notas Del Curso*. (M. del C. G. Fuentes, Ed.) (primera).
- Gunda, S. G. (2008). *Requirements Engineering : Elicitation Techniques*.
- Hickey, A. M., & Davis, A. M. (2002). Requirements Elicitation and Elicitation Technique Selection : A Model for Two Knowledge-Intensive Software Development Processes Unsolved Problem Software Development Software Solutions, (C), 2005–2010. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2003.1174229>
- IIBA. (2015). A Guide to the Business Analysis Body of Knowledge (BABOK® Guide) – Version 3.0, 514.
- Koch, N., & Escalona, M. J. (2004). Requirements engineering for web applications – a comparative study. *Journal of Web Engineering*, 2(3), 193–212. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.153.5974&rep=rep1&type=pdf>
- Martin, R. C. (2015). *Clean Architecture A CRAFTSMAN'S GUIDE TO SOFTWARE STRUCTURE AND DESIGN*.
- Mrayat, O. Al, Norwawi, N., & Basir, N. (2013). Requirements Elicitation Techniques: Comparative Study. *Ijrdet.Com*, 1(3), 1–10. Retrieved from http://www.ijrdet.com/files/Volume1Issue3/IJRDET_1213_01.pdf
- Odeh, M., Hauer, T., McClatchey, R., & Solomonides, T. (n.d.). A USE-CASE DRIVEN APPROACH IN REQUIREMENTS ENGINEERING : THE MAMMOGRID PROJECT.
- Serna, M. E. (2012). Analysis and selection to requirements elicitation techniques. *2012 7th Colombian Computing Congress, CCC 2012 - Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/ColombianCC.2012.6398001>
- Sharma, S., & Pandey, S. K. (2013). Revisiting Requirements Elicitation Techniques. *International Journal of Computer Applications*, 75(12), 975–8887.
- Sood, V. R., & Arora, M. (2012). INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCES IN COMPUTING AND INFORMATION Comparison of Requirements Elicitation Techniques, (May), 378–387. <https://doi.org/10.6088/ijacit.12.14005>
- Swarnalatha, K. S., Srinivasan, G. N., Sharma, K., & Dravid, M. (2014). A Contextual Approach for Requirement Elicitation in Requirement Engineering Process.
- Yousuf, M., & Asger, M. (2015). Comparison of Various Requirements Elicitation Techniques. *International Journal of Computer Applications*, 116(4), 15. <https://doi.org/10.6088/ijacit.12.14005>
- Zhang, Z. (2007). Effective Requirements Development - A Comparison of Requirements Elicitation techniques. In M. R. and G. S. E. Berki, J. Nummenmaa, I. Sunley (Ed.), *Software Quality Management XV: Software Quality in the Knowledge Society* (pp. 225–240). British Computer Society.
- Zowghi, D., & Coulin, C. (2005). Requirements Elicitation: A Survey of Techniques, Approaches, and Tools. *Engineering and Managing Software Requirements SE - 2*, 19–46. https://doi.org/10.1007/3-540-28244-0_2

Notas Biográficas

El M. en C. **Dario Emmanuel Vázquez Ceballos** es Especialista en Diseño de Interfaces de Usuario y HCI, Maestro en Ciencias en Sistemas Computacionales por ESCOM-IPN. Su actividad académica y de investigación gira en torno al Diseño de Interfaces de usuario y al *e-Health*

El Dr. **Edwing A. Almeida Calderón** es Diseñador industrial, Especialista en Hipermedios, Maestro en Diseño y Doctor en Desarrollo de Productos por la UAM-A. Su actividad académica y de investigación gira en torno al diseño industrial y desarrollo de productos, al *e-Health* y el IoT.

La Dra. **Marcela Esperanza Buitrón de la Torre**, es Diseñadora de la comunicación gráfica, especialista en Hipermedios, así como maestra y doctora en Diseño por la UAM-A. Su actividad académica y de investigación gira en torno al diseño de interfaces, la educación virtual y el IoT.

El Dr. **Román Anselmo Mora Gutiérrez** es ingeniero forestal industrial por la UACH. Doctor en ingeniería (sistemas-investigación de operaciones) UNAM. Miembro del sni nivel I. Su actividad académica y de investigación gira en torno a la moderación de sistemas, diseño y desarrollo de métodos heurísticos y *Metaheuristics*.

El gobierno corporativo como herramienta paratributaria: un enfoque ambiental

Daniel Vázquez Domínguez¹

Resumen: El presente trabajo es un punto de convergencia entre las áreas del derecho tributario, derecho corporativo y derecho ambiental, principalmente. El propósito de este estudio es ahondar y sumar en lo relativo a la tutela del medio ambiente a través de una visión policéntrica que pueda ser soportada por el Estado mediante herramientas tributarias teniendo como base la primicia de los derechos fundamentales.

Palabras clave: gobierno corporativo, contribuciones, parafiscalidad, medioambiente.

La degradación del medio ambiente es un problema serio y de avance constante, si no descubrimos pronto una solución adecuada será imposible preservar y restaurar los ecosistemas en el mediano plazo; en algunos años la mitad de los bosques que hoy conocemos no existirán (Las consecuencias de la desaparición de los bosques . 2016), el mundo tendrá problemas de población, agua y alimentación, lo cual pondrá en riesgo, no el entorno económico de un país, sino la existencia misma de la vida sobre la tierra.

Con todo, el problema ambiental que enfrenta la humanidad difícilmente podrá resolverse mediante la suma de individualidades o través de los imperceptibles pero loables esfuerzos que realizan diversos activistas medioambientales, resultando importante plantear una idea: el Estado por sí solo no puede solucionar un problema que a todas luces es una cuestión *cosmopolítica*, es decir global o comunitaria, tal y como lo asevera el célebre sociólogo alemán Ulrich Beck al sostener que por primera vez en la historia la humanidad enfrenta un futuro que nos amenaza a todos (Beck, Ulrich. 2018). Bajo esta tesis, un agente principal para la preservación del medio ambiente se encuentra en la iniciativa privada, específicamente en las empresas (Requena, Carlos. 2016) -elemento por antonomasia del mercado- pues, aunque se pretenda alegar lo contrario, su existencia constituye un poder *de facto* que las convierte en “metaorganizaciones” por la influencia e importancia que tienen en el acontecer diario. Las recientes tendencias de *autoregulación* han demostrado paulatinamente que se está abandonando la idea generalizada de que las empresas sólo deben respetar el marco jurídico existente pero ¿Quién mejor que las empresas, que conocen su giro, para sumar autoregulándose y coadyuvar con el sector público?

En la actualidad la mayoría de los Estados, con el ánimo de reparar los daños generados, utilizan como medida para inhibir las actividades contaminantes en las corporaciones la aplicación del principio “*el que contamina paga*” (Vargas, Armando.2014), el cual responde a la noción de los riesgos permitidos, es decir, actividades que no son ilegales pero cuya actualización supone atentar contra el ambiente bajo el amparo del desarrollo económico y la permisibilidad de la norma.

Con el nacimiento del nuevo siglo se hizo patente el hecho de que las corporaciones juegan un papel esencial en el desenvolvimiento de la economía global y el desarrollo de la civilización; ejemplo de esto lo vimos a través de la cobertura que hicieron los medios acerca de los casos de corrupción en empresas como Enron o WorldCom, en donde una administración oscura y tergiversada dio como resultado un escándalo financiero de proporciones globales (Montiel, Alberto. 2015) o peor aún, el documentado caso de la armadora Volkswagen y la manipulación de emisiones contaminantes. A raíz de tales acontecimientos comenzó a permear con fuerza la inclusión del gobierno corporativo en las empresas y reforzar los pilares de cumplimiento o autoregulación (Carrasco, Felipe. 2011).

Es en este punto donde pueden compaginarse dos elementos que, de comprobarse la hipótesis, pueden convertirse en una herramienta importante para el cuidado del medio ambiente: control interno (gobierno corporativo) y extrafiscalidad. Si el gobierno corporativo puede actuar como herramienta paratributaria al incentivar la implementación de mejores prácticas en las empresas que tengan como consecuencia el mejoramiento y cumplimiento regulatorio en materia ambiental, será viable la creación de una figura tributaria con fines extrafiscales, lo cual es propuesta toral de este ensayo.

Thomas Kuhn, el célebre profesor del Instituto Tecnológico de Massachusetts y autor del aclamado libro “Las estructuras de las revoluciones científicas”, proclamaba que los paradigmas son modelos de conocimiento aceptados por determinada comunidad durante cierto tiempo, pero que una vez agotado o revalorado éste debe redefinirse. En la actualidad las empresas, entendidas como organizaciones económicas dirigidas a la producción y al intercambio de bienes y servicios, son el principal exponente de los modelos de negocios (Cervantes, Miguel. 2010), constituyendo

¹ Estudiante de la maestría en derecho de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

una verdadera piedra angular en la sociedad al ser generadoras de empleos, desarrollo de tecnología, coadyuvantes del libre mercado y en general por atender las necesidades humanas.

Pero ¿Qué es el gobierno corporativo? Considero que el planteamiento, con efecto de definición, que más se apega al contexto del presente trabajo, sin que sea la única, es la que sintetizan Holly Gregory y Marsha Simms, socias de las firmas de abogados Sidley Austin LLP y Weil, Gotshal & Manges LLP, respectivamente:

“El término "gobierno corporativo" es susceptible de definiciones estrechas y amplias. En sentido estricto, se refiere a las relaciones entre gerentes corporativos, directores y accionistas. También puede abarcar la relación de la corporación con los terceros interesados y la sociedad. Pero siendo más amplios, el "gobierno corporativo" puede abarcar la combinación de leyes, regulaciones, reglas financieras y prácticas voluntarias en el sector privado que le permitan a la corporación atraer capital, desempeñarse eficientemente, generar ganancias y cumplir con las obligaciones legales y las expectativas sociales generales²” (Gregory, Holly J. & Simms, Marsha E., 2018).

Este planteamiento es bastante interesante por dos cosas: la primera porque niega la noción estrecha de gobierno corporativo como una herramienta sólo en beneficio de los accionistas y la relación de estos con sus directivos, sino que trasciende al esbozar la necesidad de combinar otros factores; la segunda porque, eufemismos de lado, señala los objetivos que persigue la implementación de adecuadas prácticas de gobierno corporativo; además de lo anterior este planteamiento es realizado por dos connotadas abogadas en el ámbito del gobierno corporativo, lo cual es de valorarse pues la mayoría de los conceptos y definiciones que se manejan provienen de personas con perfiles enfocados a la administración y las finanzas.

Ahora bien ¿Cómo podrían más y más empresas interesarse por implementar mejores prácticas corporativas? ¿Podrían las contribuciones coadyuvar con la protección del medio ambiente a través del gobierno corporativo? Para acercarnos a la respuesta será necesario atender al pensamiento del alemán Ulrich Beck a quien se le atribuye el desarrollo de la teoría de la sociedad del riesgo (Beck, Ulrich, 2002) la cual, en términos generales, sostiene que a mayor industrialización también mayores son los riesgos que se generan, y lo que antes era distribución de riqueza (Marx, Lenin, Trotsky) en la actualidad se trata de una repartición de riesgos, en donde la primera constituye una cuestión de clases y la segunda de peligros, en otras palabras y citando al mismo autor, *tanto los riesgos como las riquezas son objeto de repartos, y tanto éstas como aquéllos constituyen situaciones de peligro o situaciones de clases*. En la actualidad muchas de las fuentes naturales de riqueza están contaminadas (Ulrich dixit) y sus efectos secundarios no se pueden considerar regionales o provinciales, pues estos, positivos o negativos, se diseminan de una u otra forma por cualquier parte del orbe: imaginemos el uso de herbicidas en plantaciones de cacao o tabaco en cualquier campo asequible de América Latina o la construcción de una refinería en un municipio abatido por el desempleo, cierto es que los efectos del uso directo de químicos en el caso de las plantaciones afectará en primer plano a los jornaleros y al entorno, pero una parte importante del alimento que de ahí se obtenga será exportado a países desarrollados y en consecuencia los efectos también serán para los consumidores finales donde sea que estos se encuentren. Lo preocupante de esto es que estos riesgos no manifiestan sus consecuencias de manera inmediata, es decir, no son perceptibles en el corto plazo y esto hace suponer que su presencia no es perjudicial, dejando de lado el futuro.

De acuerdo con Ortega Maldonado en su obra titulada “El derecho fiscal en la sociedad del riesgo”, tributos como el ISR o el IEPS han alcanzado su máximo psicológico de progresividad y, por lo tanto, su concepción en el colectivo nacional es la de una confiscación que no está sustentada en los principios de capacidad económica y progresividad amén del uso inadecuado que se hace del recurso obtenido ¿No valdría la pena reformular, de lo particular a lo general, los tributos y mirar con mayor detenimiento a la imposición indirecta? Es imprescindible tener en cuenta que en cuestiones ambientales la prevención es infinitamente mejor que la reparación de daños, de ahí que la tributación en este sentido pueda jugar un papel esencial a la hora de disuadir comportamientos indeseables o molestos.

Por otro lado, para hablar de prevención consideramos que la disuasión a través del pago de contribuciones es incompleta siendo necesario explorar la posibilidad de incentivar comportamientos correctos mediante la disminución de carga tributaria, es decir, premiar en lugar de castigar, así pues si el gobierno corporativo es el medio a través del

² Traducción del inglés al español del autor. *“The term “corporate governance” is susceptible of both narrow and broad definitions. Narrowly defined, it concerns the relationships between corporate managers, directors and shareholders. It can also encompass the relationship of the corporation to stakeholders and society. More broadly defined still, “corporate governance” can encompass the combination of laws, regulations, listing rules and voluntary private sector practices that enable the corporation to attract capital, perform efficiently, generate profit, and meet both legal obligations and general societal expectations”.*

cual las empresas son dirigidas y contraladas, será una opción fomentar la adhesión de diversas empresas, de todos los tamaños, a incluir en su estrategia de negocios mejores prácticas corporativas. Esto podría lograrse mediante la exención de impuestos para aquellos que realicen inversión en la creación y funcionamiento de un esquema de gobierno corporativo, no sólo como un vehículo de seguridad patrimonial, sino también para permitir al Estado y al ámbito privado cooperar en la protección medio ambiental, lo cual se traduce en las palabras del Dr. Jorge Adame Goddard al decir “*la integración comercial y económica de los países representa una de las principales tendencias del orden mundial actual y requiere de la formación de principios, reglas y soluciones jurídicas; exige, en otras palabras, conformar un nuevo Derecho común que regule las relaciones económicas que se dan entre personas o empresas privadas de distinta nacionalidad*” (Adame, Jorge. 1994) ¿Cómo afrontar el futuro, en donde se vislumbran catástrofes ecológicas, guerras o, incluso, la extinción misma de la vida sobre la tierra, sin la mancuerna de los diferentes factores de poder que exigen un reconocimiento que rompa con la hegemonía de un Estado paternal? Cualquier problema, complejo o no, encuentra solución en la colaboración y simpleza de un entendimiento mutuo.

En concordancia con lo anterior, existen ejemplos alrededor del mundo en donde se ha legislado al respecto con resultados medibles (Minister for Business and Growth, 2013), dentro de los cuales encontramos los siguientes:

- Dinamarca, a través de la *Danske Årsregnskabsloven (Danish Financial Statements Act)*, fue el primer país en legislar sobre la responsabilidad social corporativa que obliga a grandes empresas a informar anualmente, junto con sus determinaciones fiscales, el apego a políticas de responsabilidad social. Resalta que, en la iniciativa de ley, o su símil, el gobierno danés consideró de igual o mayor importancia que la información financiera, comunicar y hacer público el nivel de respeto al medio ambiente y apego a los derechos humanos (Minister for Business and Growth, 2013); el Capítulo II, titulado *Tvangsbøder. Klageadgang. Straf. Ikrafttraeden* (De las Multas, Quejas y Sanciones), en sus artículos 162 y 164 establece los criterios para la aplicación de sanciones en caso de incumplimiento (Themis, Årsregnskabsloven, 2018);
- Francia y Sudáfrica también hicieron lo respectivo con legislar sobre la responsabilidad social corporativa (Todd, Félix, 2015) y exigir un reporte periódico en materia social y económica;
- A partir de 2014 la Unión Europea a través de la *Directive 2014/95/EU*, requiere a las grandes compañías la publicación periódica del impacto ambiental y social de sus actividades.

También se destaca la aportación realizada por el Mercado de Valores de los Estados Unidos con el *Dow Jones Sustainability Index* el cual es un índice de sustentabilidad en el que participan empresas de gran envergadura y que sirve para demostrar el apego de éstas a programas de cumplimiento y responsabilidad social con la intención de captar la inversión proveniente de sectores preocupados por el futuro del planeta (y de su dinero); por lo pronto son pocas las empresas que figuran en este codiciado segmento – comenzando porque tienen que cotizar en bolsa- y aunque no es obligatorio, sí funciona como un filtro para los inversionistas al momento de medir riesgos y plantear inyección de capitales, incluso desinversiones (Todd, Félix, 2015). En nuestro país, recientemente, la Bolsa Mexicana de Valores ha implementado igualmente el índice de sustentabilidad, pero sus resultados, si bien loables, no son lo suficientemente significativos aún (Rodríguez, Salomón, 2017).

Estos son algunos ejemplos de las medidas que se han tomado alrededor del mundo para empujar a las empresas a contar con una política de cumplimiento y responsabilidades sociales. Son antecedentes importantes para alcanzar el cumplimiento ambiental óptimo, pero sigue siendo necesario administrar la actividad del Estado con la estructura administrativa de la empresa, resultando elemental conjugar la dádiva con el compromiso, descatalogando el castigo y las multas como motor incentivador para dar paso a soluciones *policéntricas*, es decir, soluciones que involucren activamente a la sociedad y al Estado. Para ello resulta elemental revisar el concepto de las contribuciones con fines extrafiscales, lo cual se traduce primordialmente en un instrumento tributario³ creado para desincentivar prácticas o actividades nocivas en -y para- la sociedad, cuya finalidad no es recaudatoria sino disuasoria o alentadora, de ahí que su nombre incluya los prefijos “*extra*”-(fiscales) o “*para*”-(tributarios). Lo complicado sobre estos conceptos no radica en el debate de una definición concreta pues, como todos los tributos, la clasificación puede ser casi infinita y su justificación es (o debe ser) teleológica, no obstante, creemos que lo verdaderamente apasionante sobre este tema se encuentra en el soporte jurídico que la valida y en la idoneidad de su creación, para no caer en la estulticia de pretender controlar y encausar el cambio social mediante instrumentos tributarios que lejos de reportar un beneficio, se

³ Creemos que los tributos tienen una justificación teleológica; todo aquello que no tenga como destino las finalidades primordiales del Estado deberá ser clasificado de manera distinta; en cuanto a la parafiscalidad y a la *extrafiscalidad* creemos que la denominación correcta es el calificativo “instrumentos tributarios”, es decir, herramientas que permiten al Estado y a la sociedad alcanzar sus objetivos, basados en una correlación de actividades.

transforman en un yugo más del Estado sobre el contribuyente o bien en un hueco sin fondo en donde se depositan contribuciones sin proyección de sus gracias.

Ana Laura Godoa define *impuestos extrafiscales* de la siguiente manera:

Son aquellos que se establecen realmente sin el ánimo de recaudar los ingresos necesarios para satisfacer el Presupuesto de Egresos (aunque deben destinarse al gasto público), sirviendo como instrumentos eficaces de la política financiera, económica y social que el Estado tenga interés en impulsar o desalentar para el mejoramiento y desarrollo armónico del país” (Gordoa, Ana Laura, 2000)

Con base en las anteriores definiciones podemos aseverar que:

- Se establecen sin el ánimo de recaudar;
- Son instrumentos tributarios que inciden en la política financiera, económica y social del Estado;
- Su finalidad debe estar prevista en la constitución;
- Debe tener en cuenta el mejoramiento y desarrollo del país (rectoría económica).

Es por todos sabido que el siempre citado artículo 31, Fracción IV de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos es la base para la creación y cobro de impuestos, no obstante, como nos dice la también siempre citada Gabriela Ríos Granados, el fundamento constitucional de los instrumentos extrafiscales debe también encontrarse en los artículos 25 (rectoría económica), 27 (tierras, agua y subsuelos) y 28 (monopolios) de la Constitución que regulan la rectoría del desarrollo nacional y permiten establecer los instrumentos tributarios para fines no recaudatorios (Ríos, Gabriela, 2008).

Por tanto, y en virtud de lo aquí escrito, se sostiene que la creación de instrumentos extrafiscales por parte del Estado para incentivar la aplicación de mejores prácticas corporativas en empresas es una solución viable para alcanzar el óptimo ambiental desde la actividad económica: si una organización es incentivada para adecuar su actuar, para ser más transparente y con ello respetar el medio en el que se desenvuelve, el Estado habrá avanzado en la protección del derecho a un medio ambiente sano. Creo firmemente, después de lo escrito, que cualquier iniciativa tendiente a revertir un mal tan grave como el calentamiento global y la contaminación en general, no debe pasarse por alto. En cualquier caso, si el presente trabajo logra ser un aporte o una referencia para posteriores estudios, se habrá cumplido el objetivo. Como dijo Shimon Peres, ex primer ministro de Israel: *Cuando se te presentan solo dos alternativas... lo primero que debes hacer es buscar una tercera en la que posiblemente tú mismo no habías pensado o no creías que existía.*

Referencias bibliográficas

- Adame Goddard, Jorge, El contrato de compraventa internacional, México, Editorial McGrawHill, 1994, P.1
- Beck, Ulrich, La sociedad del riesgo, hacia una nueva modernidad, España, Editorial Paidós, 2002
- Carrasco Fernández, Felipe Miguel, “Derecho Societario Global”, México, Editorial Popocatépetl, 2011, p. 321
- Cervantes Penagos Miguel ángel, “Fundamentos de Gobierno Corporativo”, México, Editorial Trillas, 2010, p. 28
- Gordoa López, Ana Laura, Los fines extrafiscales en el sistema tributario mexicano, México, Editorial Porrúa, 2000, P. 75
- Minister for Business and Growth, “Corporate Social Responsibility and Reporting in Denmark”, Danish Business Authority, visitado el 19 de marzo de 2018 y visible en https://samfundsansvar.dk/sites/default/files/csr_rapport_2013_eng.pdf
- Montiel Castellanos, Alberto Javier, El gobierno corporativo, México, Editorial Dofiscal, 2015, Pp. 204 y 205.
- Ortega Maldonado, Juan Manuel, El derecho fiscal en la sociedad del riesgo, México, Editorial Porrúa, 2008, P. 2
- Requena, Carlos, “Compliance Legal de la Empresa. Una tendencia regulatoria mundial”, Dofiscal Editores, S.A. de C.V., agosto 2016, México, P. 67.
- Ríos Granados, Gabriela, “Los tributos”, en ALVARADO Esquivel, Miguel de Jesús (coordinador), Manual de derecho tributario, México, Editorial Porrúa, 2008, P. 151
- Rodríguez, Salomón, “Índice sustentable, gran esfuerzo de la Bolsa Mexicana de Valores”, México, El Economista, visitado el día 10 de marzo de 2018 y visible en: <https://www.economista.com.mx/mercados/Indice-sustentable-gran-esfuerzo-de-la-Bolsa-mexicana-20170411-0015.html>
- Sin autor, “Las consecuencias de la desaparición de los bosques”, rescatado del sitio <http://www.laanunciataikerket.com/trabajos/bosque/destruccion.pdf>, el día 22 de noviembre de 2016.
- Themis, Årsregnskabsloven, visitado el 19 de marzo de 2018 y visible en <https://www.themis.dk/synopsis/docs/lovsamling/aarsregnskabsloven.html#A11>
- Todd, Félix, El empresario, la empresa y el abogado de empresa, México, Universidad Panamericana, inédito, 2015.
- Vargas Ramos, Armando, “Impuestos ambientales”, Ed. Porrúa 2014, México, P. 136

La lectura infantil: ¿Qué les gusta leer a los niños?

Dra. Rosario Leticia Villarreal Arcega¹, Dra. Martha Xolyanetzin Rodríguez Villarreal² y
Lic. En Psicología Leticia del Carmen Rodríguez Villarreal³

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE MÉXICO

Resumen- El objetivo de esta investigación es realizar un diagnóstico a través de pruebas orales para determinar el estado de los procesos lectores. La metodología utilizada se sustenta en el paradigma cuantitativo, con un enfoque descriptivo, se diseñó un instrumento que constó de 5 ítems, se realizó la entrevista vía Meet con la presencia del maestro titular y el consentimiento de los padres de familia de los 16 estudiantes encuestados, pertenecientes a una escuela privada de la ciudad de Tepic, Nayarit. La encuesta fue aplicada con la finalidad de detectar el gusto por la lectura en los niños de primer año de primaria, además nos permitió saber si existe un acompañamiento en la práctica lectora. El diagnóstico arrojó como resultado que a la mayoría de los niños si les gusta leer, que tienen cuentos en casa, pero no todos cuentan con el acompañamiento por parte de los padres para leer. Se evidencia que, si leen en la escuela, tanto en las sesiones en clase como en la ludoteca, (cuando tenían clases presenciales, antes de la pandemia), el tipo de libros que a los niños les llama la atención son los cuentos, historias de aventuras, dinosaurios, misterio y espías.

Palabras clave: gusto por la lectura, escuela privada, acompañamiento en casa, libros.

Introducción

La presente investigación tiene como objetivo identificar el gusto que tienen por la lectura los niños de primer año de primaria de una escuela privada.

Los primeros ciclos de escolarización son de gran importancia para la adquisición de la lectura, ya que la lectura y la comprensión lectora no son habilidades innatas, sino que se van adquiriendo a medida que el individuo crece.

Así que las técnicas, métodos y actividades a desarrollar deben iniciarse desde esta primera instancia, con el propósito de formar desde muy temprana edad un hábito de la lectura, viéndolo como algo agradable, que el niño quiera hacer y lo disfrute y no en la tensión del deber hacerlo.

Considerando la lectura como un instrumento de aprendizaje, que implica el desarrollo de habilidades cognitivas fundamentales como comparar, definir, argumentar, observar, etc.

Por lo que podemos traer a colación la frase de Cassany (1994, p. 193) “Quien aprende a leer eficientemente y lo hace con constancia desarrolla en parte su pensamiento, así que el tratamiento didáctico que se le dé a la lectura repercutirá en los niños de tal manera que los acercará o alejará para siempre de los libros”.

Por lo tanto, el tratamiento didáctico que tiene como principal escenario el aula de clase, debe ser un instrumento de conquista, de motivación, que marque a los niños para siempre de una manera positiva y significativa. Pero también se debe de tomar en cuenta ese espacio de acompañamiento que se da desde casa para reforzar el gusto por la lectura.

Explorar que le gusta leer a los niños y cuales libros les llama más la atención es elemental para poder realizar estrategias que realmente puedan ponerse en marcha y den resultados óptimos para hacer de esta práctica un disfrute.

El no tomar en cuenta sus necesidades nos dejaría fuera de su realidad, de aquí la importancia de realizar un diagnóstico que nos de los elementos pertinentes para consolidar su hábito lector.

De esta manera, el planteamiento y el desarrollo de esta investigación se fundamentan en las siguientes interrogantes: ¿Les gusta leer a los niños?, ¿Tienen acceso a libros en casa?, ¿Los padres leen con sus hijos?, ¿Leen los niños en la escuela?, ¿Qué les gusta leer a nuestros niños?

A partir de estas interrogantes surge el objetivo principal de esta investigación que es Identificar el gusto que tienen los niños por la lectura.

¹ La Dra. Rosario Leticia Villarreal Arcega es docente-investigadora de la Universidad Pedagógica Nacional Unidad 181- Tepic.

² Dra. Martha Xolyanetzin Rodríguez Villarreal es docente-investigadora de la Universidad Autónoma de Nayarit.

³ La Lic. En Psicología Leticia del Carmen Rodríguez Villarreal, es candidata a Master en Educación por Competencias por la Universidad del Valle de México.

Sustentación

Si queremos fomentar la lectura infantil, tan importante es que los niños estén en contacto con los libros como que los libros sean los adecuados. Es importante elegir en función de los gustos de nuestros niños, de su edad, y tener muy en cuenta el tipo de libros que les podemos facilitar a los niños.

Es por ello que es pertinente desarrollar este diagnóstico, ya que consideramos muy importante conocer y reconocer cuales son los gustos de los niños con respecto a, si les gusta leer y que es lo que les gusta leer.

Esta investigación es viable, puesto que conocemos al maestro titular, el cual nos permito el acceso con los estudiantes en una sesión vía Meet, y contamos con el consentimiento de los padres para llevar a cabo la encuesta.

Es factible, ya que contamos con los recursos necesarios para llevar a cabo esta investigación, contamos con el apoyo económico de la Sala de Lectura Maestra Candelaria Arcega Verdín, para tener el material requerido para realizar este diagnóstico.

La importancia de la lectura para el individuo y para la sociedad, desde una perspectiva filosófica es parte de una idea de lectura como actividad de descubrimiento y de recreación del lenguaje que, al mismo tiempo nos es útil en la inacabable tarea de comprender al mundo, al hombre y a uno mismo.

¿Qué significa leer se preguntaba Heidegger en su famoso texto *WashoZeist Besen?* Entendía la lectura como reunión, articulación. Al leer volvemos a reunir lo que ya en un principio estaba ordenado.

“Al leer, imaginamos, reflexionamos, comprendemos, interpretamos, recreamos y compráramos. Leer es, establecer relaciones y producir significado, no una simple traducción de fonemas ni una mera descodificación de signos gráficos a gran velocidad. El acto de lectura es un acto productivo porque el lector a partir de un texto escrito intenta construir significado involucrando pensamiento y lenguaje, convirtiendo los dignos gráficos que encuentra, en ideas, en pensamientos, en proposiciones” (Heidegger, 2002, p.36).

En este sentido, la lectura es un proceso activo que exige una participación dinámica del lector para poder ser interpretado. Lo que cada uno es capaz de comprender y de aprender por medio de la lectura, depende en gran medida de lo que ese lector conoce antes de leer el texto y de sus circunstancias. Y es que en el proceso lector participan factores de naturaleza muy variada; cognoscitivos, físicos y fisiológicos, psicológicos, socioeconómicos y culturales. (Heidegge, 2002, p.37)

Al realizar el análisis anterior sobre el proceso lector y la relación dialógica entre el lector y el texto, he utilizado conceptos clásicos en la hermenéutica como interpretación, comprensión, distancia... Son conceptos clave para entender la lectura y por ello es necesario señalar de dónde proceden y cuál ha sido la base teórica que los ha sustentado.

El círculo hermenéutico: tomaremos como referencia el texto de Heidegger al que aludimos al principio:

“¿Qué significa leer? Lo que porta y guía en el leer es la reunión. ¿Sobre qué reúne? Sobre lo escrito, sobre lo dicho en la escritura. El auténtico leer es la reunión sobre aquello que, sin nuestro saber, ya ha reclamado antaño nuestro ser, bien queramos responder a ello o rechazarlo. Sin el auténtico leer tampoco podemos ver lo que nos mira contemplar lo que aparece y brilla”. (Zeist)

Poniendo en práctica su lema sobre el ocultamiento, podemos ver en el texto como detrás de cada palabra se esconde todo el pensamiento heideggeriano. Así la lectura como reunión o conciliación, de la que aquí nos habla remite al Círculo Hermenéutico presente en toda su obra.

Descripción del método

La metodología se inscribe en la investigación cuantitativa, con un enfoque descriptivo.

investigación descriptiva. El propósito de esta investigación es caracterizar fenómenos, situaciones, eventos indicando sus rasgos más distintivos o diferenciadores. Hernández, Fernández y Baptista (2010) hacen referencia que los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se somete a un análisis. Es decir, únicamente pretenden recoger o medir información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan estas (p.80).

Por su parte Gutiérrez (1991, citado en Hurtado, 1998 p. 229) “define la descripción como la representación de los hechos o eventos por medio del lenguaje, de modo que al leer o escuchar las expresiones verbales, se puede evocar el evento representado o figurado”, el autor hace la acotación sobre las variedades del lenguaje verbal, escrito, gráfico, gestual, etc.

Para algunos autores la importancia de estos estudios radica en que son el primer paso para investigaciones de mayor profundidad. Los censos que realizan los institutos de estadística son investigaciones descriptivas, también lo son los diagnósticos, es importante aclarar que los estudios descriptivos no es sinónimo de diagnóstico.

Los investigadores que realizan este tipo de investigaciones, no se convierten en simples elaboradores de

tablas y gráficos, sino que recogen los datos sobre la base la revisión teórica realizada, respondiendo a las interrogantes elaboradas entorno al objeto de estudio y el problema planteado, de esta forma en estos estudios se presenta, resume y analiza la información de manera cuidadosa y en atención al nivel de aleatorización en la selección de la muestra es posible realizar generalizaciones significativas que contribuyan al conocimiento.

Población

La población está compuesta por 25 estudiantes del primer año de primaria, correspondiente al a una escuela privada de la ciudad de Tepic, Nayarit. Está compuesto por 17 niñas y 8 niños entre los 6 y 7 años de edad, de los cuales fueron involucrados en la investigación los 25 estudiantes. De acuerdo con la muestra o subconjunto representativo del universo se eligió un muestreo sistemático e intencional de 16 estudiantes cuyos padres permitieron hacer la encuesta con sus niños. Los 8 niños restantes no estuvieron en clase en línea cuando se llevó a cabo la entrevista.

Instrumento de recolección de la información

Se aplicó una entrevista, cuyo instrumento fue diseñado en colaboración, por el equipo interdisciplinario, conformado por docentes de la Universidad Pedagógica Nacional, Universidad Autónoma de Nayarit y la Universidad del Valle de México, el cual ha sido validado por la técnica de interjueces.

La encuesta fue aplicada con la finalidad de detectar el gusto por la lectura en los niños de primer año de primaria, además nos permitió saber la existencia de acompañamiento en la practica lectora.

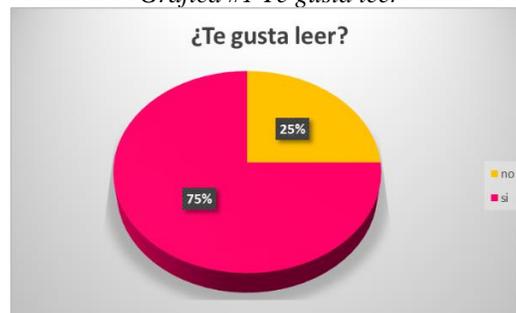
La encuesta constó de 5 ítems.

Presentación de resultados

A continuación, presentamos los resultados obtenidos a partir de los datos arrojados por el instrumento.

A la pregunta ¿te gusta leer? el 76% (12) de los estudiantes entrevistados mencionaron que SÍ les gusta leer, mientras que el 25% (4) de los niños señalan que NO les gusta leer. Los resultados se presentan en la gráfica #1.

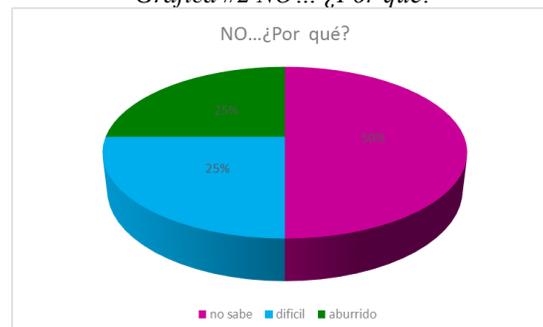
Gráfica #1 Te gusta leer



Fuente: Construcción propia.

El 50% (2) de los estudiantes señalan que no saben porque no les gusta leer, el 25% (1) indica que se le hace difícil, y el otro 25% (1) expone que le hace aburrido leer. Los resultados se exponen en el gráfico #2.

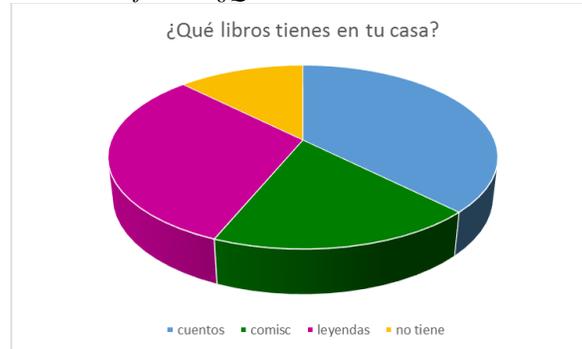
Gráfica #2 NO... ¿Por qué?



Fuente: Construcción propia.

A la pregunta: ¿Qué libros tienes en casa? El 37% (6) de los niños encuestados señalan tener cuentos en casa, mientras el 19% (3) de los estudiantes indican que tienen comics en su casa, el 31% (5) de los niños comentaron que los libros que tienen en casa son leyendas y el 13% (2) mencionaron que no tienen libros en casa. Los resultados se revelan en el gráfico #3.

Gráfica #3 ¿Qué libros tienes en casa?



Fuente: Construcción propia.

El 38% (6) de los niños encuestados señalan que SÍ leen con sus papás, mientras el 62% (10) de los estudiantes mencionaron que NO leen con sus papás. Los resultados se expresan en el gráfico #4.

Gráfica #4 ¿Lees con tus papás?



Fuente: construcción propia.

El 88% (14) de los niños encuestados señalaron que SI leen en la escuela; mientras que el 12% (2) indicaron que NO leen en la escuela. Los resultados se muestran en el gráfico #5.

Gráfica #5 ¿Lees en la escuela?



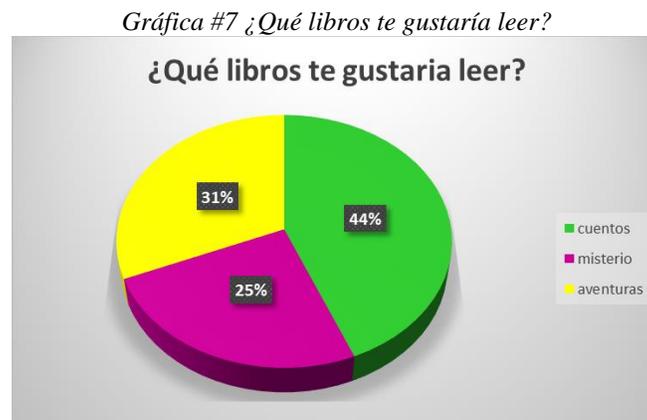
Fuente: construcción propia.

El 86% (12) de los niños entrevistados indicaron que leen en el salón de clase; mientras que el 14% (2) señalaron que leen en la ludoteca, los resultados se muestran en la gráfica #6.



Fuente: construcción propia.

El 44% (7) de los niños encuestados indican que les gustaría leer cuentos, 25% (4) señalan que les gustaría leer libros de misterio y el 31% (5) dicen que les gustaría leer libros de aventuras. Estos resultados los podemos observar en la gráfica #7.



Fuente: construcción propia.

Comentarios Finales

- Se realizaron entrevistas informales a los estudiantes de primero año de primaria vía meet, con la presencia de su maestro y el consentimiento de los padres de familia de dichos estudiantes.
- La primera pregunta hacía referencia al gusto por la lectura, a lo que la mayoría respondió que Sí le gustaba leer (12/16), seguidamente se indagó el por qué, la respuesta general fue que era aburrido y difícil, o que no sabían por qué no les gustaba leer.
- Por otra parte, se pudo determinar que la mayoría de los encuestados tienen cuentos en su casa, pero sólo seis de los dieciséis leen con sus padres en casa.
- Después, se averiguó si leían en la escuela, 14/16 respondieron que sí. De los 14 niños que contestaron afirmativamente, mencionaron leer en el salón de clases 12 y 2 mencionaron leer en la ludoteca de la escuela cuando estaban de manera presencial.
- Posteriormente se investigó por el tipo de libros que a los niños les llamaba la atención, a 7/16 les gustan los cuentos, en cuanto a los otros niños, les gustan las historias de aventuras, dinosaurios, misterio y espías.
- En conclusión, estos niños tienen un contacto favorable con la lectura.

Acervos consultados

- Castañón, L. (2009). Teorías de la personalidad. Mc Graw-Hill, México.
- Castellanos, A. (2005). Artículo La lectura en Guatemala sección Artículos & opinión página de Internet www.gayguatemala.com/articulos/art23.htm país: Guatemala.

- Colomina, M. (2008). En el artículo Leer, comprender, recrear, disponible en <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=744986>.
- Kropp, P. (2004). *Cómo fomentar la lectura en los niños*. (7ma. Edición). México: Editorial Selector.
- León, F. (2006). *Comprensión de lectura de alumnos de segundo grado primaria del Grupo Escolar Centroamericano y la Escuela Justo Rufino Barrios de San Pedro Sacatepéquez*. San Pedro Sacatepéquez.
- Mendoza, A. y Briz, E. (2003). *Didáctica de la Lengua y Literatura para primaria*. (Material didáctico). España; Editorial Pearson Educación.
- Mohammad, P. (2009). *Taller de Lectoescritura en español*. (Libro en línea).
- Molina, A. (2009). *Leer y Escribir con Adriana*. (1ra Edición). Puerto Rico; Editorial de la Universidad de Puerto Rico.
- Ruffinelli, J. (2008). *Comprensión de lectura País; México*. Edit. Trillas.
- Sole, I. (2010). *Revista aula de innovación educativa No 91*. Artículo Leer, escribir y aprender Edit. @grao.com. País: Barcelona, España.

Notas Biográficas

La Dra. Rosario Leticia Villarreal Arcega es docente- investigadora de la Universidad Pedagógica Nacional Unidad 181-Tepic. Coordinadora de la Maestría en Educación. Campo Formativo Intercultural Docente. Mediadora de la Sala de Lectura Itinerante “Mtra. Candelaria Arcega Verdín”. Doctora en Educación egresada de la Escuela Normal Superior de Nayarit.

La Dra. Martha Xolyanetzin Rodríguez Villarreal es docente- investigador de la Universidad Autónoma de Nayarit. Ingeniero Civil por el Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías de la Universidad de Guadalajara; es Licenciada en Educación Media en el Área de Matemáticas egresada de la Escuela Normal Superior de Nayarit; obtuvo su Maestría en Educación Superior en la Universidad Autónoma de Nayarit; egresada del Instituto las Américas de Nayarit con el grado de Doctor en Ciencias de la Educación. Actualmente es reconocida como Perfil PRODEP. Integrante del Cuerpo Académico Tendencias Socioeducativas y Tecnológicas de la UAN.

La Licenciada en Psicología Leticia del Carmen Rodríguez Villarreal es Licenciada en Psicología por el Centro Universitario de Ciencias de la Salud de la Universidad de Guadalajara, Candidata a Master en Educación por Competencias de la Universidad del Valle de México.

Funcionalización de una bebida tipo café elaborada a base de vainas de mezquite (*Prosopis spp*)

I.B.Q Mayra Karina Zamora-García¹, Dr. Rubén Francisco González-Laredo²,
Dra. Verónica Cervantes-Cardoza³, Dra. Martha Rocío Moreno-Jiménez⁴ y Dra. Silvia Marina González-Herrera⁵

Resumen—El mezquite es un recurso que manejado sustentablemente puede permitir su aprovechamiento para la elaboración de productos comestibles. Las vainas de mezquite representan una leguminosa con amplias posibilidades de aprovechamiento mediante su transformación en alimento con características funcionales, esto es con propiedades profilácticas además de nutricias. En este proyecto se utilizó la vaina de mezquite (*Prosopis laevigata*) tostadas a diferentes tiempos y temperaturas empleando un diseño experimental (3X3) y un control (sin tratamiento térmico). El estudio consistió en la preparación, caracterización fisicoquímica, y el nivel de aceptación del producto mediante una evaluación sensorial. Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias (Tukey).

Palabras clave—Mezquite, sustitutos del café, tostado, bebidas funcionales, *Prosopis laevigata*

Introducción

El género *Prosopis* comúnmente llamado mezquite es una planta silvestre de la familia *Leguminosae* (Fabaceae) y subfamilia *Mimosoideae*, es un arbusto de crecimiento rápido, perenne, resistente, adaptable a condiciones extremas de aridez (Burkart, 1976), es nativo de Asia, África y América, comprende 44 especies de las cuales 11 se reportan en México en una superficie aproximada de 4 millones de hectáreas (Andrade-Montemayor *et al.*, 2011). En el estado de Durango, *P. laevigata*, es la especie con mayor potencial de adaptación y la más ampliamente distribuida en la entidad (Flores *et al.*, 2007). El mezquite es un recurso que ha sido aprovechado para la obtención de productos; con él se fabricaban muebles y su madera es usada como combustible y materia prima para carbón vegetal la cocción de algunas partes del mezquite son utilizadas como medicina tradicional para curar catarros, resfriados, diarreas, disenterías, gripe, ronquera, inflamación, sarampión, dolor de garganta, curar heridas, o para algunas afecciones de los ojos (Jeevanagouda *et al.*, 2016). El mezquite produce gran cantidad de fruto (vainas) que es utilizado para alimentación de ganado (Obeidat *et al.*, 2008) y alimentación humana, consumiéndose como fruta fresca, queso de mezquite y piloncillo. Con la harina de las vainas secas y molidas se elabora una variedad de productos como pinole de mezquite, atole, bebidas fermentadas y no fermentadas como aloja, añapa, chicha y sustitutos de café. Las vainas de mezquite poseen un alto contenido de azúcares (13–50%), fibra (27–32%), proteínas (8,1%), cenizas (3,6%), y 1.2% de compuestos fenólicos (Gallegos-Infante *et al.*, 2013). Las vainas han sido reconocidas no solo por su alto valor nutricional, sino también como una buena fuente de compuestos bioactivos, por lo que algunos trabajos se han enfocado a la obtención de harinas de vainas de mezquite para determinar sus propiedades nutricionales y funcionales, reportando actividades antihipertensivas, antiinflamatorias antioxidantes e hipoglucemiantes (Brand *et al.*, 1990; George *et al.*, 2011; Schmeda-Hirschmann *et al.*, 2015). Gallegos-Infante *et al.* (2013) evaluaron el efecto del procesamiento térmico sobre la capacidad antioxidante de pinole a base de vainas de mezquite de *P. laevigata*, Barba *et al.* (2006) evaluaron el efecto de tratamientos térmicos sobre los factores anti nutricos presentes en la harina de vaina de mezquite, reportando una disminución de estos al someter las vainas al calor, incluso el tostado ha mostrado un aumento significativo de compuestos fenólicos en harina de vainas (Andrade-Montemayor *et al.*, 2011; Gallegos *et al.*, 2013). Las vainas de mezquite son una buena fuente de compuestos fenólicos, con capacidad estabilizadora de radicales libres más alta que las semillas de soya y frijol, por lo tanto, las propiedades de la harina de vainas de mezquite respaldan su uso como alimento funcional y como una materia prima óptima para la elaboración de productos dietarios. En este trabajo se elaboró una bebida (sustituta) de café a base de vainas tostadas de mezquite. Los sustitutos de café son productos no derivados de éste, normalmente sin cafeína elaborados de diversos ingredientes tostados y

¹ I.B.Q Mayra Karina Zamora García, estudiante de Maestría en Ciencias y Tecnología de Alimentos Funcionales en el TecNM/Instituto Tecnológico de Durango m_karinaz@hotmail.com

² Dr. Rubén Francisco González-Laredo es docente e investigador del Grupo de Investigación en Alimentos Funcionales y Nutracéuticos, TecNM/Instituto Tecnológico de Durango, México rubenfgl@itdurango.edu.mx

³ Dra. Verónica Cervantes Cardoza es docente e investigador del Grupo de Investigación en Alimentos Funcionales y Nutracéuticos TecNM/Instituto Tecnológico de Durango, México veronica.cervantes@itdurango.edu.mx

⁴ Dra. Martha Rocío Moreno Jiménez es docente e investigador del Grupo de Investigación en Alimentos Funcionales y Nutracéuticos TecNM/Instituto Tecnológico de Durango, México mrmoreno@itdurango.edu.mx

⁵ Dra. Silvia marina Gonzáles Herrera es docente e investigador del Grupo de Investigación en Alimentos Funcionales y Nutracéuticos TecNM/Instituto Tecnológico de Durango, México sgonzalez@itdurango.edu.mx

molidos como: cebada malteada, achicoria, maíz, o leguminosas como la soja y salvado de trigo, lo que suele resultar en alternativas viables al café genuino.

Descripción del Método

Materia prima

Se emplearon vainas de mezquite de la especie *Prosopis laevigata*. Las vainas fueron recolectadas en los meses julio y agosto de la cosecha 2019; la colecta se realizó con el apoyo del Dr. Julio Ríos del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y pecuarias (INIFAP), Valle del Guadiana, la cual se recolectó en San Juan del Rio, Durango, posteriormente se identificó y clasificó en el herbario del CIIDIR-IPN unidad Durango por la Dra. Socorro González-Elizondo.

Elaboración del sustituto de café a base de vainas de mezquite

Las vainas fueron seleccionadas, retirando las que presentaban daño aparente (figura 1), posteriormente se lavaron y se dejaron secar por 24 h. Enseguida las vainas fueron secadas a 60°C en un secador de charolas durante 180 min. Una parte de las vainas secas se almacenaron (control muestra sin tostar) y el resto se sometió al proceso de tostado en un horno de panificación con movimiento rotatorio (marca Iberia) siguiendo un diseño experimental factorial 3X3, tres tiempos de tostado (20, 25 y 30 min) a tres diferentes temperaturas (140, 160, 180°C). Las vainas tostadas y sin tostar fueron sometidas a un proceso de molienda en un molino de martillos (Apex). Las muestras fueron almacenadas a 4°C.

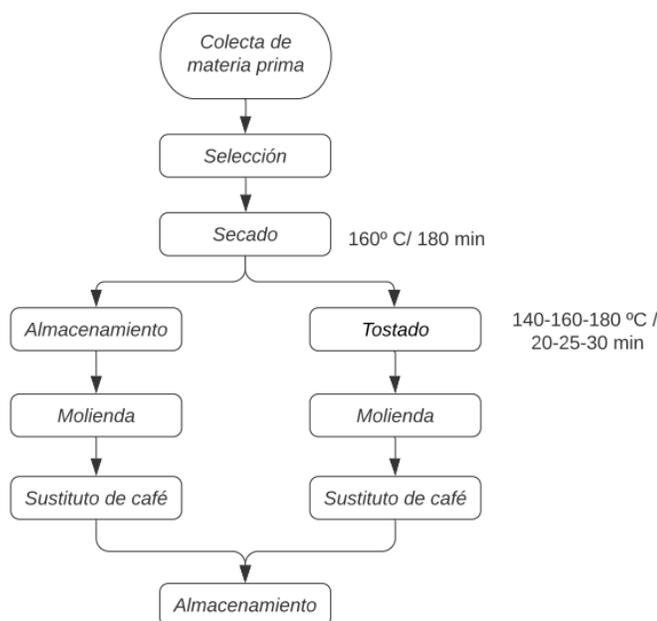


Figura 1. Diagrama de flujo para la elaboración de sustituto de café a base de vainas de mezquite.

Análisis químico proximal

Las muestras de harina de las vainas (tratadas y sin tratar) se evaluaron en su contenido de proteínas, usando el método de micro Kjeldahl, empleando el factor de conversión de 6,25. Se determinó humedad y cenizas (NMX-F-428-1982), fibra cruda (AOAC 1990) y grasa (NMX-F-089-S-1978).

Azúcares Totales

La concentración de azúcares totales en muestras tostadas y sin tostar se determinó a través de una curva de calibración, para la cual se prepararon soluciones de 10-100 mg/L utilizando glucosa como estándar. Se siguió la metodología propuesta por Boublenza *et al.* (2017) (Fenol-Sulfúrico) con algunas modificaciones. Se mezcló 1 mL de muestra con 0.5 mL de fenol al 5% en tubos digestores y se colocaron en una gradilla sumergida en un baño de agua fría. A los tubos se les añadieron 2.5 mL de H₂SO₄, se dejaron reposar por 30 min y se analizaron en un espectrofotómetro (Jenway 6705) a una longitud de onda de 490 nm.

Azúcares Reductores

A las muestras de harina de las vainas (tratadas y sin tratar) se les determinó el contenido de azúcares reductores mediante el método de ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS) según el método Miller G. (1959). Se preparó una solución madre de 2g/L utilizando dextrosa como estándar, a 1mL de muestra se le adicionó 1.5 mL de DNS, se incubaron por 10 min a 99°C, enseguida se enfriaron las muestras y leyó la absorbancia a 640 nm en el espectrofotómetro (Jenway 6705).

pH y acidez titulable

Los valores de pH tanto de las muestras tostadas y sin tostar fueron medidos mediante un potenciómetro (Sens Ion 1 Hach) y la acidez titulable se determinó siguiendo la metodología (AOAC 2005).

Sólidos

El contenido de sólidos de las bebidas elaboradas a base de vainas de mezquite tostadas y sin tostar se determinó siguiendo la metodología de Díaz- Rivas *et al.* (2019).

Sólidos solubles

El contenido de sólidos solubles se realizó tomando 1 mL de muestra, se colocó en el prisma de un refractómetro portátil (Atago, DPH-2), reportándose la lectura como °Brix (Díaz- Rivas *et al.* 2019).

Color

Los datos de color (L^* , a^* y b^*) se obtuvieron mediante un colorímetro (Konica Minolta CR-400).

Grado de molienda

Se determinó en las muestras con y sin tratamiento térmico siguiendo la norma NMX-F-173-1999.

Contenido de fenoles totales

El contenido de polifenoles totales se determinó por el método de Folin-Ciocalteu, descrito por Rosales-Castro *et al.* (2012), se utilizó ácido gálico como estándar. En una microplaca, 25 μ L de muestra se colocaron en cada pozo, se adicionaron 80 μ L de agua destilada y 5 μ L de reactivo de Folin-Ciocalteu, se mantuvo en reposo durante 5 min, posteriormente se adicionaron 80 μ L de Na_2CO_3 (7%), se dejó en reposo por 30 min y se midió absorbancia a 750 nm en un lector de microplacas ELISA SYNERGY HT (Microplate Reader BioTek). Los resultados se expresaron como equivalentes de ácido gálico, mg EAG/g de extracto.

Contenido de flavonoides totales

El contenido de flavonoides totales fue determinado de acuerdo con la metodología propuesta por Ghasemzadeh *et al.* (2010). Se utilizó catequina como estándar. En microplaca fueron colocados 20 μ L del blanco, punto de la curva y muestras, enseguida a cada pozo se agregaron: 7.5 μ L de NaNO_2 al 5%, 15 μ L AlCl_3 al 10%, 50 μ L NaOH 1 M y 157 μ L de agua destilada. Se agitó por un minuto y se dejó reposar en oscuridad por 5 min. Se midió la absorbancia a 570 nm en el lector de microplacas ELISA SYNERGY HT (Microplate Reader BioTek). Los resultados se expresaron como equivalentes de catequina, mg EC/g de extracto.

Evaluación sensorial

La metodología empleada para la caracterización sensorial a los tratamientos del sustituto de café, fue con el fin de evaluar la preferencia o aceptación del producto en los atributos del sabor, color y olor, mediante el método de elección de libre perfil, método analítico descriptivo cuantitativo y de preferencia.

Comentarios Finales

Resumen de resultados

Las determinaciones se realizaron a las muestras crudas y las que se sometieron a tratamiento térmico. Se obtuvieron 11 muestras, incluyendo un control sin tostar, un control comercial y 9 tratamientos sometidos a calor (tostado). En la figura 2 se observan los polvos tostados y sin tostar, se obtuvo un tostado claro, medio y oscuro reportado de acuerdo a la norma mexicana NMX-F-173-1999. Las determinaciones de color mostraron un menor valor de L^* en el caso de las muestras a mayor temperatura y tiempo, indicando que el tostado genera menor luminosidad en las muestras, sin embargo se muestra una diferencia significativa en los tratamientos más tostados (180/25 y 180/30) con respecto a la muestra sin tratamiento térmico; los valores de b^* disminuyen debido a la pérdida de tonalidades

claras, al contrario de los valores de a^* que se incrementaron conforme aumentó el tratamiento térmico, esto debido al pardeamiento de las muestras. Siguiendo las especificaciones de la norma mexicana NMX-F-173-1999, la molienda corresponde a un grado fino debido a que un mayor porcentaje fue retenido en la charola de finos después de pasar por las mallas. Es importante que las bebidas y los sustitutos de café cumplan con estas especificaciones debido a que el grado de finura es importante; si un café es demasiado grueso, el agua se filtra demasiado rápido para captar el sabor; si es demasiado fino, el agua se filtra muy lentamente y retiene las partículas que se depositan en el fondo de la taza.

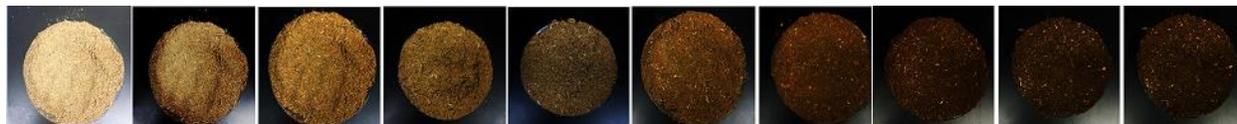


Figura 2. Evaluación del color de los polvos de vaina de mezquite inicial y tostada.

En el análisis proximal (Tabla 1) para el porcentaje de humedad, presenta a las muestras sin tostar con 9% de humedad, mismo que se redujo respecto al tiempo de los otros tratamientos. Estos valores cumplen con la norma mexicana NMX-F-013-2000, que establece especificaciones y métodos de prueba para café y sustitutos de café. Los valores encontrados para proteína se encuentran por encima del porcentaje reportado para otras especies como *Prosopis glandulosa* y *Prosopis alba* (6.8 y 7.17%, respectivamente) (Felker *et al.*, 2013). Gallegos-Infante *et al.* reportaron un contenido mayor de proteínas para la misma especie *Prosopis laevigata* lo cual puede estar relacionado con las condiciones de proceso como temperatura y tiempo. En comparación con otros trabajos sobre sustitutos de café, los valores obtenidos están por encima de un sustituto de café a base de semillas de camu-camu (7.34%) pero por debajo para un sustituto a base de soya (28.53%). El porcentaje de cenizas es similar a lo reportado por Gallegos-Infante *et al.* (2013). En el contenido de grasa no hubo una diferencia significativa en cuanto a las condiciones de temperatura y tiempos aplicados, los valores obtenidos en este trabajo son menores a lo reportado para la misma especie *Prosopis laevigata* donde se reportaron valores de 3.5% en vainas sometidas a 70°C (De la Rosa *et al.*, 2006). Por otro lado, el porcentaje de fibra reportado para diferentes especies de *Prosopis* es de 26.5 a 35.5%, todos los valores obtenidos en esta investigación se encuentran dentro de los valores documentados por Felker *et al.*, (2013), además los tratamientos no muestran diferencia estadísticamente significativa. El contenido de azúcares totales y reductores obtenidos concuerdan con la literatura (Bravo y Calixto, 1987), el proceso de tostado provocó una disminución de azúcares totales que puede estar relacionado con la degradación térmica de los carbohidratos presentes, principalmente sacarosa. Por otra parte, se puede observar un aumento en el contenido de azúcares reductores lo que puede atribuirse a la degradación de los polisacáridos, para formar azúcares mediante reacciones de Maillard (Arya y Rao, 2007). Se encontró que las muestras sometidas a tratamiento térmico (Tabla 2) son menos ácidas que la harina sin tostar, estos valores concuerdan con lo reportado por Rao *et al.* (2020), donde el rango óptimo para una bebida de café es de 4.9 a 5.2, por lo que los valores obtenidos se encuentran dentro de estas especificaciones. En acidez titulable los valores de todas las bebidas disminuyeron a medida que aumentaba el grado de tostado, de acuerdo con estudios previos hay una aparente pérdida de ácidos solubles durante el proceso de tostado (Bilge, 2020). Los valores obtenidos para el contenido de sólidos solubles son expresados como grados Brix (Tabla 2), por lo que se reportan similares por Gareca *et al.* (2014). En la figura 3 se muestran los resultados de fenoles totales y flavonoides en muestras crudas y tratadas; se observa que las muestras sin tostar reportan un contenido de 22.20 mg EAG/g extracto; estos valores son similares a lo reportado por Gallegos-Infante *et al.* (2013) y Díaz-Batalla *et al.* (2018) reportan un contenido menor para la misma especie con solo 8.87 mg EAG/g, incluso para otras especies del género *Prosopis*. En el contenido de flavonoides, los valores se encuentran por encima de los granos de café tostados (4.46 mg EC/g de extracto) comparado con los resultados en este trabajo es de 26.28 mg EC/g extracto (figura 3), por lo que se puede observar que el tratamiento térmico aumenta significativamente el contenido de estos en comparación con las muestras sin tostar, por lo que el tratamiento favorece la liberación de polifenoles y la generación de productos de la reacción de Maillard. En la evaluación de atributos que mostraron mayor frecuencia por parte de los panelistas son: sabores amargo, dulce, amaderado, así como también la percepción de astringencia y una intensidad de color; estos atributos muestran aceptación en las pruebas sensoriales, siendo la bebida más tostada la que mostro preferencia y aceptación por parte de los panelistas.

Tabla 1. Análisis químico proximal de harina de vainas de mezquite tostadas y sin tostar.

Tratamiento (°C/min)	Humedad (%)	Proteínas (%)	Cenizas (%)	Grasas (%)	Fibra (%)
MST	9.20±0.283 ^a	13.4±0.893 ^a	5.33±0.06 ^a	2.38±0.08 ^a	38.365±0.111 ^a
140-20	5.35±0.07 ^d	13.47±0.802 ^a	3.73±0.04 ^a	1.52±0.10 ^a	36.355±0.093 ^a
140-25	4.65±0.07 ^{abcd}	11.69±0.158 ^{ab}	3.90±0.04 ^{ad}	1.21±0.54 ^a	31.91±0.044 ^a
140-30	5.05±0.07 ^{cd}	11.47±0.201 ^{bc}	4.20±0.02 ^{cd}	1.81±0.27 ^a	34.88±0.006 ^a
160-20	4.90±0.56 ^{bcd}	10.21±0.215 ^{bc}	4.28±0.16 ^{bcd}	2.02±0.32 ^a	34.725±0.008 ^a
160-25	4.20±0.11 ^{abc}	10.87±0.495 ^{bc}	4.20±0.05 ^{cd}	1.74±0.23 ^a	33.1±0.025 ^a
160-30	3.90±0.42 ^{ab}	10.9±0.907 ^{bc}	4.51±0.20 ^{bc}	1.96±0.21 ^a	31.375±0.046 ^a
180-20	4.15±0.21 ^{abc}	10.56±0.494 ^{bc}	4.27±0.02 ^{bcd}	2.03±0.45 ^a	31.39±0.014 ^a
180-25	3.90±0.14 ^{ab}	9.69±0.202 ^c	4.19±0.10 ^{cd}	1.74±0.09 ^a	38.665±0.009 ^a
180-30	3.75±0.21 ^a	9.56±0.202 ^c	4.66±0.04 ^b	1.90±0.22 ^a	26.85±0.019 ^a

Valores de la media ± desviación estándar (n = 2). Diferente letra en una columna indica diferencia estadística (Tukey p ≤ 0.05)

Tabla 2. pH, acidez titulable, sólidos solubles, sólidos totales de bebida sustituta de café a base de vainas tostadas de mezquite.

Tratamiento (°C/Tiempo)	pH	Acidez titulable	Sólidos solubles (°Brix)	Sólidos Totales (mg/ml)
MST(Sin tostar)	4.97±0.022 ^c	3.2±0.00 ^a	2.5±0.708 ^{ab}	6.22±0.03 ^d
MT	4.48±0.022 ^d	1.28±0.00 ^a	2±0.00 ^b	5.69±0.19 ^e
140-20	5.02±0.015 ^{bc}	1.92±0.00 ^a	2.55±0.07 ^{ab}	6.5±0.08 ^{cd}
140-25	5.07±0.015 ^{abc}	1.92±0.00 ^a	2.55±0.07 ^{ab}	6.94±0.10 ^b
140-30	5.11±0.128 ^{abc}	1.92±0.007 ^a	2.85±0.07 ^{ab}	6.78±0.10 ^{bc}
160-20	5.12±0.008 ^{abc}	1.92±0.007 ^a	2.7±0.00 ^{ab}	6.55±0.08 ^{bcd}
160-25	5.14±0.022 ^{abc}	1.92±0.007 ^a	2.85±0.07 ^{ab}	6.71±0.06 ^{bc}
160-30	5.18±0.057 ^{ab}	1.92±0.007 ^a	2.95±0.07 ^a	6.79±0.03 ^{bc}
180-20	5.17±0.071 ^{ab}	1.28±0.00 ^a	2.65±0.07 ^{ab}	7.77±0.14 ^a
180-25	5.2±0.029 ^{ab}	1.28±0.00 ^a	2.35±0.21 ^{ab}	7.48±0.14 ^a
180-30	5.25±0.022 ^a	1.28±0.00 ^a	2±0.00 ^b	7.62±0.11 ^a

Valores de la media ± desviación estándar (n = 2). Diferente letra en una columna indica diferencia estadística (Tukey p ≤ 0.05)

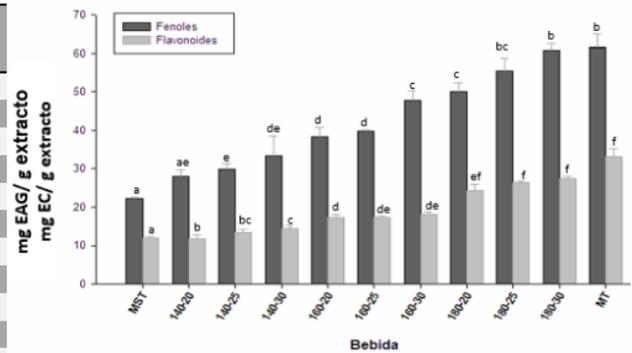


Figura 3. Contenido de fenoles totales y flavonoides en bebida tipo café a base de vainas tostadas de mezquite.

Conclusiones

Las vainas de mezquite presentan características fisicoquímicas que podrían usarse para producir nuevos productos como los sustitutos de café en lo que respecta a su calidad, sabor y usos potenciales. Las muestras que fueron sometidos a tratamientos térmicos podrían equipararse a un sustituto de café, dado que cumplen con las especificaciones aplicables a la normatividad mexicana para este tipo de productos. El tratamiento térmico de las vainas de *P. laevigata* libera su contenido de compuestos fenólicos agregando valor de carácter funcional y potencial nutracéutico.

Referencias

Andrade-Montemayor, H.M., Cordova-Torres, A.V., García-Gasca, T., & Kawas, J.R. (2011). Alternative foods for small ruminants in semiarid zones, the case of Mesquite (*Prosopis laevigata* spp.) and Nopal (*Opuntia* spp.). Small Ruminant Research, 98(1-3), 83–92.

Arya, M., & Rao, L. J. M. (2007). An Impression of Coffee Carbohydrates. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 47(1), 51–67.

Association of Official Analytical Chemists International (AOAC) (1990). Official Methods of Analysis, 15th edn (edited by. K. Helrich) Pp. 1028–1039. Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists Inc

Barba, A.R., Frias, J.H., Olalde, V.P., & Gonza 1ez, J.C. (2006). Processing, nutritional evaluation, and utilization of whole mesquite flour (*Prosopis laevigata*). Journal of Food Science, 71, S315–S320.

Bilge, G. (2020). Investigating the effects of geographical origin, roasting degree, particle size and brewing method on the physicochemical and spectral properties of Arabica coffee by PCA analysis. J Food Sci Technol 57, 3345–3354 (2020).

Boublenza, I., Lazouni, H.A., Ghaffari, L., Ruiz, K., Fabiano-Tixier, A.-S., & Chemat, F. (2017). Influence of roasting on sensory, antioxidant, aromas, and physicochemical properties of carob pod powder (*Ceratonia siliqua* L.). Journal of Food Quality, 2017, 1

Brand, J.C., Snow, B.J., Nabhan, G.P., Truswell, A.S. (1990). Plasma glucose and insulin responses to traditional Pima Indian meals. Am. J. Clin. Nutr. 51, 416–420

Burkart, A. (1976). A monograph of the genus Prosopis (Leguminosae subfam. Mimosoideae). Journal of the Arnold Arboretum, 57, 219–249; 450–525.

- De la Rosa, A. P. B., Frias-Hernández, J. T., Olalde-Portugal, V., & González Castañeda, J. (2006). Processing, nutritional evaluation, and utilization of whole mesquite flour (*Prosopis laevigata*). *Journal of Food Science*, 71(4), S315–S320.
- Díaz-Batalla, L., Hernández-Urbe, J.P., Román-Gutiérrez, A.D., Cariño-Cortés, R., Castro-Rosas, J., Téllez-Jurado, A., & Gómez-Aldapa, C.A. (2018). Chemical and nutritional characterization of raw and thermal-treated flours of Mesquite (*Prosopis laevigata*) pods and their residual brans. *CyTA - Journal of Food*, 16(1), 444–451.
- Díaz-Rivas J.O, Esparza-Carrillo C, Gallegos-Infante J.A, Rocha-Guzmán N.E, González-Laredo R.F, Moreno-Jiménez M. R. (2019) Empleo de un evaporador de película descendente agitada y su efecto sobre el perfil polifenólico de infusiones de salvilla (*Buddleja scordioides*) XXI (2): 106-113.
- Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Robers, P.A., Smith, F. (1956). Colorimetric method for the determination of sugars and related substances. *Anal. Biochem.* 28, 350-356.
- Felker, P., Takeoka, G., & Dao, L. (2013). Pod mesocarp flour of North and South American species of leguminous tree *Prosopis* (Mesquite): Composition and food applications. *Food Reviews International*, 29(1), 49–66.
- Flores, H.A., Trejo, C., Arreola, A.J., García, H.G., Zarate, V.J., & Hernández, H., (2007). Características agroecológicas de la población de mezquite (*Prosopis spp*) en la región de san Juan de Guadalupe, Durango, México. *Rev. Chap. Se. Zonas Áridas*, 6, 211-217
- Gallegos-Infante, J. A., Rocha-Guzmán, N. E., Gonzalez-Laredo, R. F., & García-Casas, M. A. (2013). Efecto del procesamiento térmico sobre la capacidad antioxidante de pinole a base de vainas de mezquite (*Prosopis laevigata*). *CyTA - Journal of Food*, 11(2), 162–170.
- Gareca, O. S , Laurimar, B , Montilla G , Bianco, H y López, A. (2014). Evaluation of the physical and chemical characteristics of quality green and ground coffe. INAPYMI Portuguesa. Venezuela
- George, C., Lochner, A., & Huisamen, B. (2011). The efficacy of *Prosopis glandulosa* as antidiabetic treatment in rat models of diabetes and insulin resistance. *Journal of Ethnopharmacology*, 137(1), 298–304
- Ghasemzadeh, A., Jaafar, H.Z., & Rahmat, A. (2010). Antioxidant activities, total phenolics and flavonoids content in two varieties of Malaysia young ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Molecules* 15(6), 4324-4333.
- Jeevanagouda P., Kuppast I.J, Kishan Kumar M.A., & Kishan K.G. (2016). *Prosopis juliflora*. *Res. J. Pharmacology & Pharmacodynamics*, 8(4), 175-180.
- Miller, G. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal.Chem.* 31, 426-428.
- Obeidat, B.S., Abdullah, A., & Al-Lataifeh, F.A. (2008). The effect of partial replacement of barley grains by *Prosopis juliflora* pods on growth performance, nutrient intake, digestibility, and carcass characteristics of Awassi lambs fed finishing diets. *Animal Feed Science and Technology*, 146, 42–54.
- Rao, N. Z., Fuller, M., & Grim, M. D. (2020). Physiochemical characteristics of hot and cold brew coffee chemistry: The effects of roast level and brewing temperature on compound extraction. *Foods*, 9(7), 902. doi:10.3390/foods9070902
- Rosales-Castro, M., González-Laredo, R.F., Rocha-Guzmán, N.E., Gallegos-Infante, J.A., Rivas-Arreola, M.J., & Karchesy, J.J. (2012). Antioxidant activity of fractions from *Quercus sideroxyla* bark and identification of proanthocyanidins by HPLC-DAD and HPLC-MS. *Holzforchung* 66(5), 577–584.
- Saura-Calixto, F. (1987). Estimation of the chemical composition of the carob (*Ceratonia siliqua*): Sugars, tannins, pectins and amino acids. *Nutrition Abstracts and Reviews (Series A)* 57:6859.
- Schmeda-Hirschmann, G., Quispe, C., Soriano, M. del P.C., Theoduloz, C., Jiménez-Aspee, F., Pérez, M.J., Cuello, A.S., & Isla, M.I. (2015). Chilean *Prosopis* mesocarp flour: phenolic profiling and antioxidant activity. *Molecules*, 20, 7017-7033

Notas Biográficas

I.B.Q. Mayra Karina Zamora-García. Estudiante de Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos Funcionales en el TecNM/Instituto Tecnológico de Durango. UPIDET

Dr. Rubén Francisco González-Laredo. Miembro del SNI: Nivel II. Área de investigación: Química de Productos Naturales (polifenoles, cromatografía, estructuras orgánicas). Estudios: Ph.D. en Oregon State University. Department of Wood Science & Engineering. Productos Forestales (Química de Productos Naturales).

Dra. Verónica Cervantes-Cardoza. Línea de trabajo Tecnologías Ómicas para el estudio de Alimentos Funcionales e ingredientes Bioactivos.

Dra. Martha Rocío Moreno-Jiménez. Miembro del SNI Nivel I. Estudios: Doctorado: Biología. Instituto de Investigación de Biología Experimental. Universidad de Guanajuato.

Dra. Silvia Marina González-Herrera. Miembro del SNI Nivel I. Estudios: Doctorado. Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Autónoma de Coahuila. 2016.

Síntesis y caracterización de semiconductor de TiO_2 dopado con Pr, Nd y Sm para su utilización en celdas solares sensibilizadas por colorante (DSSC)

M.C. Ethiel Zavala Flores¹, Dr. José Constantino González Crisostomo²,
Dr. Gerardo César Díaz Trujillo^{3,4}

Resumen— El dióxido de titanio (TiO_2) es un semiconductor de muy bajo costo con buenas propiedades físicas y químicas, es comúnmente utilizado en celdas solares sensibilizadas con colorante (DSSC) y en procesos de purificación de agua, presenta actividad fotocatalítica en la región UV donde la sensibilidad espectral y la eficiencia de foto conversión pueden ser incrementadas al dopar las partículas de TiO_2 con otros elementos como las tierras raras, el siguiente trabajo presenta los primeros resultados de la síntesis y caracterización del sistema $\text{Ti}_{1-3x}\text{M}_{4x}\text{O}_2$ ($x= 0.01$ y $\text{M}=\text{Pr, Nd y Sm}$) obtenidos por la técnica de Sol-gel, usando isopropóxido de Titanio (IV) como precursor de TiO_2 con nitratos de Pr, Nd y Sm (III) en metanol anhidro, los materiales obtenidos se dejaron envejecer por 4 días a temperatura ambiente, secados 2 horas a 80°C en un horno eléctrico y posteriormente calcinados durante 6 hrs a 600°C con una rampa de calentamiento de $5^\circ\text{C}/\text{min}$, la reacción y los compuestos obtenidos fueron estudiados por espectroscopia de infrarrojo (FTIR) y difracción de rayos X (DRX), obteniendo nanopartículas de TiO_2 fase anatasa dopadas que presentan un tamaño promedio de cristalito 12-15 nm.

Palabras clave— TiO_2 , DSSC, titanio, dopado, tierra rara, celda solar.

Introducción

En la elaboración y funcionamiento de las celdas solares sensibilizadas con colorantes (DSSC) el elemento central es una película delgada de algún compuesto mesoporoso como el óxido de Titanio (TiO_2) la cual una vez sinterizada actúe como iniciador en la conducción de electrones(Grätzel, 2003), se ha utilizado principalmente compuestos como SnO_2 , CeO_2 , Nb_2O_5 , Bi_2O_3 , ZnO y TiO_2 siendo este último preferencial(Grätzel, 2003; Umale et al., 2017).

El TiO_2 presenta principalmente 3 fases cristalinas, anatasa, rutilo y brookita(Hanaor & Sorrell, 2011; Neetu et al., 2020), de las cuales mayoritariamente se utiliza el TiO_2 en fase anatasa como fotocatalizador debido a su alta estabilidad química y térmica(Arulmozhi & Ezhil Arasi, 2020; Ochoa et al., 2010), alto índice de refracción(Hanaor & Sorrell, 2011), capacidad de absorción de UV(Nguyen et al., 2014) y baja corrosión(Galeano et al., 2013), excelentes propiedades ópticas y eléctricas, baja toxicidad(Umale et al., 2017), relativamente de muy bajo costo(Grätzel, 2003), posee una brecha de energía fuera del espectro visible pero cercano a este (≈ 3.2 eV para anatasa 3.0 eV para rutilo)(Hanaor & Sorrell, 2011), se ha logrado obtener TiO_2 mediante diversas técnicas y métodos de síntesis como sol-gel, hidrólisis controlada, microondas, rocío pirolítico, hidrotermal, combustión y reacción en estado sólido por mencionar algunos(Bhogaita et al., 2016; Deepa et al., 2020; Ochoa et al., 2010).

Descripción del Método

Partículas de TiO_2 dopadas fueron sintetizadas vía sol gel, utilizando tetraisopropóxido de titanio (TTIP) como fuente de TiO_2 y nitratos metálicos como dopantes en metanol anhidro como solvente y siguiendo la formulación base de $\text{Ti}_{1-3x}\text{M}_{4x}\text{O}_2$ siendo $x=0.01$ y M : Pr, Nd, Sm en su forma de nitratos hexahidratados,

Primero se disuelve la cantidad estequiometría de la sal metálica (Pr, Nd o Sm) requerida para cada sistema en la cantidad de metanol (MeOH) requerido agitando la solución durante 10 minutos.

Siguiendo la metodología sol-gel y las relaciones molares de 1:10:1:1 TTIP-MeOH- HNO_3 - H_2O de acuerdo a la literatura encontrada, se preparan las disoluciones como lo indica la tabla 1, pero sin agregar fuentes de H_2O , eso incluye al ácido nítrico.

¹ Profesor en la Universidad Autónoma de Baja California, Tijuana, México zavala.ethiel@uabc.edu.mx

² Investigador posdoctoral del centro de nanociencias y nanotecnología de la UNAM, Ensenada y profesor en la Universidad Autónoma de Baja California, Tijuana, México constantino.gonzalez@uabc.edu.mx

³ Profesor investigador de la Universidad Autónoma de Baja California, Tijuana, México diazg@uabc.edu.mx

La relación molar de las soluciones fueron:	TTIP	Metanol	Ácido nítrico	Agua
$Ti_{1-3x}M_{4x}O_2$	1	10	1	1

Tabla 1. Relaciones molares generales para la preparación de TiO_2 mediante la metodología Sol-Gel, algunas metodologías prefieren utilizar i-propanol en lugar de metanol por ser disolvente común del tetraisopropóxido de titanio.

Segundo, a la disolución de metanol se agrega la cantidad estequiométrica del tetraisopropóxido de titanio, evitando la hidrólisis del TTIP mediante un ambiente libre de humedad, utilizando una jeringa nueva, limpia y seca, para el transvase del reactivo, todo dentro de un desecador y depositando el contenido de la jeringa en un tubo de ensayo seco, libre de humedad y puesto previamente en un desecador, ahí mismo se pone el vaso de precipitado que contiene la solución metanol-sal metálica y se le agrega el Isopropóxido de Titanio a goteo rápido en agitación constante durante 30 minutos.

En total se prepararon 3 disoluciones, una para cada metal, eligiendo las relaciones atómicas de M:Ti como 1:24.25 mostradas en la tabla 2, en la tabla 3 se muestran las cantidades calculadas y utilizadas de los reactivos.

Disolución	X	Ti	M	O	Relación M/Ti
Pr	0.01	0.97	0.04	2	1: 24.25
Nd	0.01	0.97	0.04	2	1: 24.25
Sm	0.01	0.97	0.04	2	1: 24.25

Tabla 2. Relaciones molares de M:Ti (siendo M= Pr, Nd y Sm) en la preparación de $Ti_{1-3x}M_{4x}O_2$ mediante la metodología Sol-Gel (siendo $x=0.01$)

Tercero, las disoluciones obtenidas se dejan envejecer durante 4 días, tiempo necesario para la evaporación y gelación de cada sistema según lo requiera, los productos obtenidos se someten posteriormente a un secado de 80 °C durante 2 horas.

Disolución	X	Tetraisopropóxido de titanio (mL)	Nitrato de Metal hexahidratado (gr)	Metanol (mL)
$Ti_{1-3x}Pr_{4x}O_2$	0.01	3.4175	0.2071	4.8685
$Ti_{1-3x}Nd_{4x}O_2$	0.01	3.4108	0.2082	4.8588
$Ti_{1-3x}Sm_{4x}O_2$	0.01	3.4009	0.2105	4.8448

Tabla 3. Cantidad de precursores utilizados en cada ensayo de los sistemas de Pr, Nd y Sm.

Finalmente, el material ya seco es sometido a un proceso de molienda en un mortero de ágata durante 10 min hasta obtener un polvo fino y posteriormente a tratamiento térmico a una temperatura de 600°C utilizando una rampa de calentamiento de 5 °C/min durante 6 hrs para la obtención del material.

Resultados

Inicialmente se obtuvieron disoluciones homogéneas y transparentes en las que podía apreciarse la coloración de la solución característica del nitrato utilizado, durante el proceso de envejecido no se observó hidrólisis y separación parcial o total del isopropóxido de titanio evitando así la precipitación del TiO_2 y separación de fases, se sabe que esta hidrólisis de ocurrir podría solucionarse o controlarse con una adición de una fuente ácida y temperatura, pero se quería obtener los materiales sin otras fuentes de carbono y agua, pH o temperatura diferente al ambiente aun sabiendo que en otras metodologías usan acetil acetona, ácido acético o ácido nítrico para el control de la hidrólisis del sol.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en la caracterización de los semiconductores de TiO_2 dopado con los nitratos metálicos de Pr, Nd, y Sm mediante las técnicas de espectroscopia de infrarrojo (F-TIR) y difracción de rayos X (DRX).

Una vez obtenido el gel ya envejecido y seco, este se caracterizó primeramente por espectroscopia de infrarrojo (F-TIR) a fin de ver la evolución de los grupos funcionales presentes de los precursores utilizadas antes y después del tratamiento térmico.

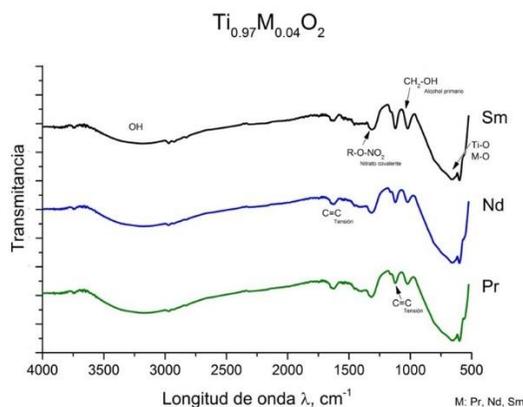


Figura 1. Espectro de infrarrojo de los sistemas obtenidos de TiO_2 sin tratamiento térmico, que muestra los grupos funcionales del solvente y el grupo NO_3 de las sales metálicas de los elementos de la serie de lantano utilizados.

En la figura 1 se puede observar los grupos funcionales del alcohol O-H aun presente del isopropoxido de titanio utilizado o del agua de los nitratos hidratados en la región de los 3250 cm^{-1} , además de los enlaces C-C y CH_2-OH pertenecientes al isopropoxido y al alcohol primario (Metanol) aun presentes antes del tratamiento térmico pero después del secado, aún es posible identificar además el grupo nitrato R-O- NO_2 presente a los 1250 cm^{-1} perteneciente a los nitratos metálicos.

En la tabla 4 siguiente se presentan los principales enlaces y su número de onda calculado que pudiera estar presente o que sirva para descartar su presencia en el espectro infrarrojo de los materiales obtenidos, recordando que la constante de fuerza de enlace k [N/m] se tomó como el valor promedio del rango en el cual pudiese aparecer dicho enlace y considerando al enlace como una vibración de tipo estiramiento(Skoog et al., 2008).

Tipo de enlace	Número de onda $\lambda\text{ cm}^{-1}$	Tipo de Enlace	Número de onda $\lambda\text{ cm}^{-1}$
O-O	796.46	O=O	1454.12
C-O	860.27	C=O	1570.63
N-O	824.41	N=O	1505.16
C-C	919.67	C=C	1679.08
N-C	886.21	N=C	1618.00
N-H	2331.78	C-H	2344.70

Tabla 4. Principales enlaces y numero de onda calculado a partir de la ecuación de frecuencia de vibración clásica (Skoog et al., 2008)

En la figura 2 es posible observar la desaparición de todo grupo orgánico, esto debido al tratamiento térmico de $600\text{ }^\circ\text{C}$ durante 6 horas al que fue sometido el material, además en la región de los 600 cm^{-1} es posible observar la presencia de un par de picos, en esta región solo es posible creer que se debe a los enlaces M-O (metal-oxígeno) o de los enlaces Ti-O (titanio-oxígeno) ya que el número de onda calculado cae en esa región, pero ya que además es la región limite detectable por el infrarrojo, no puede ser posible asegurar dicho argumento, faltaría comprobar la presencia de estos enlaces por otras técnicas espectroscópicas como Raman o XPS, esto con la finalidad de determinar el tipo de enlace y su estado de oxidación.

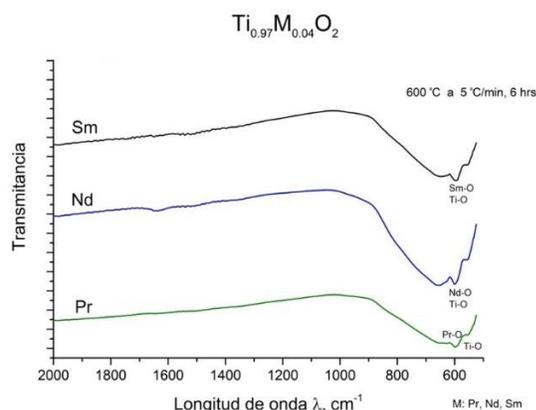


Figura 2. El siguiente espectro infrarrojo de los sistemas obtenidos de TiO_2 dopado muestra la desaparición de los grupos funcionales orgánicos después de haber sido sometido a un tratamiento térmico a $600\text{ }^\circ\text{C}$ a una velocidad de $5\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ durante 6 horas.

Tipo de enlace	Número de onda $\lambda\text{ cm}^{-1}$	Tipo de Enlace	Número de onda $\lambda\text{ cm}^{-1}$
Pr-O	594.29	Pr=O	1085.03
Nd-O	593.59	Nd=O	1083.75
Sm-O	592.39	Sm=O	1081.55
Eu-O	592.09	Eu=O	1081.00
Ti-O	650.47	Ti=O	1187.60
Ti-Pr	376.77	Ti=Pr	687.89
Ti-Nd	375.67	Ti=Nd	685.87

Tabla 5. Principales tipos de enlace y numero de onda calculados a partir de la ecuación de frecuencia de vibración clásica para espectrometría de infrarrojo (Skoog et al., 2008)

Si se observa en los espectros de infrarrojo de los materiales obtenidos en la figura 2, la región que comienza desde los 500 cm^{-1} no es posible asegurar la existencia de los enlaces tipo M-O o Ti-M ya que estos caen en una región muy cercana del límite inferior de detección en el espectro infrarrojo, sin embargo según lo calculado se puede considerar la ausencia de los enlaces tipo M=O ya que estos deberían aparecer en la región de 1000 cm^{-1} , en la tabla 5 se presentan los posibles enlaces metálicos y su número de onda calculado para determinar si es posible observar su presencia o no mediante espectroscopia de infrarrojo.

Posteriormente al tratamiento térmico se obtuvieron los espectros de los semiconductores de TiO_2 dopado mediante difracción de rayos X determinando la fase anatasa como única fase presente, no se logró encontrar señales intensas de difracción para asegurar la presencia de los óxidos metálicos tipo MO_2 o M_2O_3 sin embargo los polvos obtenidos ópticamente presentan el color característico elemental de los dopantes, falta un refinamiento o técnica adicional como la microscopia electrónica de barrido con detector EDS para determinar la presencia de mezcla de fases u óxidos metálicos de Pr, Nd y Sm utilizados como agentes dopantes.

En todos los espectros no fue posible la identificación de fases cristalinas presentes de brookita o rutilo, a pesar de dopar al TiO_2 con diferentes elementos, parece no presentar cambios significativos en la intensidad de las señales o desplazamiento de las mismas, esto se debe tal vez principalmente a la cantidad de agente dopante utilizado y al tratamiento térmico aplicado.

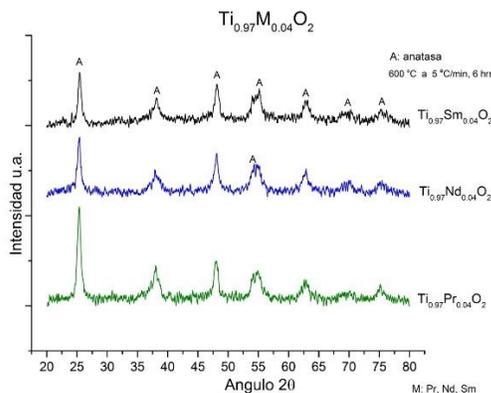


Figura 1. En el siguiente espectro de difracción de rayos X (DRX) se muestran los diversos sistemas de TiO_2 elaborados, tratados térmicamente a $600\text{ }^\circ\text{C}$ con una velocidad de calentamiento de $5\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$, durante 6 hrs, además se observa la presencia predominantemente de TiO_2 fase anatasa.

Para obtener el tamaño de cristalito mediante la ecuación de Scherrer se utilizó una muestra patrón de Si utilizado como referencia para la obtención del error instrumental propia del difractorómetro Bruker advance D8 utilizado en la caracterización. Por la ecuación de Scherrer se obtuvo un tamaño de cristalito promedio para el TiO_2 que contenía praseodimio de 12.32 nm aproximadamente, para los ensayos en los que se utilizó Nd fue de 14.22 nm y en Sm de 13.32 nm en promedio.

Conclusiones

Es posible sintetizar nanopartículas de TiO_2 aplicando la técnica de sol-gel, controlando la hidrólisis en ambiente anhidro, utilizando solo como fuente hídrica la cantidad de agua de cristalización que contienen los materiales precursores (Nitratos metálicos).

De acuerdo a los resultados fue posible obtener semiconductores de TiO_2 dopado con elementos del grupo de lantánidos por la técnica de sol-gel de estequiometría $\text{Ti}_{1-3x}\text{M}_{4x}\text{O}_2$ donde M representa a los elementos de la serie de Lantánidos (Pr, Nd y Sm) y $x=0.01$ las cuales presentan en promedio un tamaño de cristalito 12 a 15 nm determinado por difracción de rayos x mediante la ecuación de Sherrer, siendo TiO_2 de tipo anatasa como la fase cristalina predominante obtenida mediante tratamiento térmico a una temperatura de $600\text{ }^\circ\text{C}$ durante 6 hrs a una rampa de calentamiento de $5\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$.

Mediante el tratamiento térmico aplicado se logró eliminar los grupos orgánicos presentes y obtener materiales de TiO_2 fase anatasa como única fase predominante evitando las fases rutilo y brookita, por lo que son buenos candidatos a ser utilizados en el desarrollo de celdas sensibilizadas por colorantes (DSSC).

Ya que la técnica de espectrometría de infrarrojo se utiliza más en el área de compuestos orgánicos debido a su alta frecuencia de vibración, en este estudio en particular no fue posible asegurar la existencia de los enlaces tipo M-O o Ti-M ya que estos caen en una región muy cercana del límite inferior de detección en el espectro infrarrojo, por lo que se prefiere utilizar otras técnicas espectroscópicas como Raman o XPS, esto para complementar la información sobre el tipo de enlace y su estado de oxidación.

Referencias

- Arulmozhi, S., & Ezhil Arasi, S. (2020). Exploring the effect of neodymium doped titanium dioxide nanoparticles in dye-sensitized solar cell. *Materials Today: Proceedings*, xxx, 8–11. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.08.459>
- Bhogaita, M., Yadav, S., Bhanushali, A. U., Parsola, A. A., & Pratibha Nalini, R. (2016). Synthesis and characterization of TiO_2 thin films for DSSC prototype. *Materials Today: Proceedings*, 3(6), 2052–2061. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2016.04.108>
- Deepa, H. A., Madhu, G. M., & Venkatesham, V. (2020). Performance evaluation of DSSC's fabricated employing TiO_2 and TiO_2 -ZnO nanocomposite as the photoanodes. *Materials Today: Proceedings*, xxx. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.09.711>
- Galeano, L., Navío, J. A., Restrepo, G. M., & Marín, J. M. (2013). Preparación de Sistemas Óxido de Titanio/Óxido de Silicio ($\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$) mediante el Método Solvotérmico para Aplicaciones en Fotocatálisis. *Informacion Tecnologica*, 24(5), 81–92. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642013000500010>

- Grätzel, M. (2003). Dye-sensitized solar cells. *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*, 4(2), 145–153.
[https://doi.org/10.1016/S1389-5567\(03\)00026-1](https://doi.org/10.1016/S1389-5567(03)00026-1)
- Hanaor, D. A. H., & Sorrell, C. C. (2011). Review of the anatase to rutile phase transformation. *Journal of Materials Science*, 46(4), 855–874.
<https://doi.org/10.1007/s10853-010-5113-0>
- Neetu, Singh, S., Srivastava, P., & Bahadur, L. (2020). Hydrothermal synthesized Nd-doped TiO₂ with Anatase and Brookite phases as highly improved photoanode for dye-sensitized solar cell. *Solar Energy*, 208(August), 173–181. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.07.085>
- Nguyen, T. T., Tran, V. N., & Bach, T. C. (2014). Influences of metallic doping on anatase crystalline titanium dioxide: From electronic structure aspects to efficiency of TiO₂-based dye sensitized solar cell (DSSC). *Materials Chemistry and Physics*, 144(1–2), 114–121.
<https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2013.12.025>
- Ochoa, Y., Ortegón, Y., & Páez, J. E. R. (2010). Síntesis de TiO₂, fase anatasa, por el método solgel: Estudio del efecto de la presencia de AcacH en el sistema. *Revista Facultad de Ingeniería*, 52, 29–40.
- Skoog, D., Holler, F., & Crouch, S. (2008). Principios de análisis fundamental. In *Principios de análisis fundamental*.
- Umale, S. V., Tambat, S. N., Sudhakar, V., Sontakke, S. M., & Krishnamoorthy, K. (2017). Fabrication, characterization and comparison of DSSC using anatase TiO₂ synthesized by various methods. *Advanced Powder Technology*, 28(11), 2859–2864.
<https://doi.org/10.1016/j.apt.2017.08.012>

DISEÑO DE CNC MULTIFUNCIONAL

Misael Zavala Silva MC¹, Ing. Luis Antonio Hernández González²,
Lic. Juan Antonio Hernández Cruz³ y Misael Abimael Zavala Rodríguez⁴

Resumen—Este trabajo describe la elaboración de una máquina herramienta que integra tecnología de CAD/CAM. Dicha máquina tiene las características de una máquina CNC y puede emplearse para la fabricación de diversos objetos. Esta máquina ha sido diseñada con los atributos elementales para evitar al operador accidentes, disminuir tiempos de proceso y aumentar la calidad de los productos que con ella se elaboren, así como una diversidad de funciones de manufactura con herramientas diversas, posicionamiento de ejes con apoyo de cámara, joystick, y celular. Su realización comprende diferentes etapas de las cuales se reportan las correspondientes a su diseño, construcción física. El resumen describe de forma concisa el contenido del proyecto, las ideas fundamentales de relevancia, así como los resultados y las conclusiones generales del trabajo reportado.

Palabras clave—Software, CNC, Tarjeta de control, Diseño asistido por computadora, Manufactura asistida por computadora.

Introducción

Los avances tecnológicos en el campo de la microelectrónica están haciendo posible el desarrollo de máquinas CNC de una rapidez y potencia sin precedentes además de económicas, Un número creciente de funciones integradas simplifican incluso los procesos de mecanizado más complejos. Al mismo tiempo, estos productos ofrecen una mayor facilidad de manejo, no solo en lo que respecta a la programación sino también durante otras operaciones como la instalación y el mantenimiento.

Todas las máquinas de cnc tienen dos o más movimientos llamados eje, cada eje o grado de movimiento puede ser lineal o rotacional este concepto está ligado a la complejidad de la máquina, esto es, entre más ejes tiene una maquina más compleja es, o tiene mayor capacidad de maquinar piezas complejas

Los ejes de las máquinas están encargados de los movimientos que tiene que hacer la herramienta para el proceso de manufactura que requiere. En el ejemplo del barrenado, se necesitan tres ejes, dos para el posicionamiento de la pieza (o la herramienta según se vea) y el tercero para el barrenado o desbaste, los ejes llamados con letras, comúnmente los ejes lineales son X, Y, Z, y los ejes rotacionales son A, B, C.

Descripción del Método

Software

Existe una gran cantidad de programas libres como lo son Mach3, KCAM4, EMC2 TurboCNC, LinuxCNC (antes EMC), Nanjing Swansoft, FreeMill, con los cuales podemos editar texto, simular; y además cuentan con consola de control CNC. El editor de textos manda cada una de las líneas por el puerto Paralelo DB25 a la tarjeta de control TB65603V2. El simulador muestra el recorrido en el plano XY, y por medio de la consola podemos ejecutar los desplazamientos de manera manual, Este programa reconoce archivos con coordenadas absolutas o relativas, en milímetros o pulgadas.

Características de la tarjeta de control.

- Controladora para 4 motores bipolares de 4, 6 u 8 hilos los cuales pueden operar simultáneamente.
- Fuente de alimentación de corriente directa de 24 volts.
- Circuitos integrados Toshiba TB6560AHQ 3.5 amperes por eje.
- Micro pasos 1, 1/2, 1/4, 1/16 para mayor precisión.
- Corriente ajustable por eje a 25%,50%,75%,100%
- Protección contra sobre-carga, sobre-corriente y temperatura.
- Interface paralela opto-aislada.

¹ MC. Misael Zavala Silva es Profesor de la Universidad Tecnológica de Torreón y el Instituto Tecnológico de la Laguna, Torreón, Coahuila, México misaelzavala1901@gmail.com

² Ing. Luis Antonio Hernández González es Profesor de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de la laguna en la ciudad de Torreón, Coahuila, México luis.hergon@hotmail.com

³ Lic. Juan Antonio Hernández Cruz es Profesor del Instituto Tecnológico de la laguna en la ciudad de Torreón, Coahuila, México jhdzazul@hotmail.com

⁴ Misael Abimael Zavala Rodríguez alumno de la Universidad Tecnológica de Torreón, en la ciudad de Torreón, Coahuila, México yxmisael@gmail.com

- Relevador mecánico interno para controlar una salida de hasta 10 amperes
- 4 Canales de entrada, limites o Estop.
- Expansión a cuarto eje ya que da acceso a las señales para colocar un Driver Externo

El control es ejecutado por una tarjeta TB65603V2, figura 1, con pines digitales de entrada o salida según la configuración del usuario, lo cual permite una mejor manipulación de los motores, además de que sus pines entrada/salida son suficientes para poder controlar nuestra máquina herramienta, como se muestra en el cuadro 1.

DB 25 Pines del puerto		NOTAS
1	EN	Habilitar todos los ejes
2	STEP X	X señal de paso
3	DIR X	X señal de dirección
4	STEP Y	Y señal de paso
5	DIR Y	Y señal de dirección
6	STEP Z	Z señal de paso
7	DIR Z	Z señal de dirección
8	STEP A	A señal de paso
9	DIR A	A señal de dirección
10	LIMIT-1	Entrada limite 1
11	LIMIT-2	Entrada limite 2
12	LIMIT-3	Entrada limite 3
13	LIMIT-4	Entrada limite 4
14	Relay control	Relevador mecánico
15	Blank	No se usa
16	STEPB-	B (5to eje) señal de paso
17	DIRB-	B (5to eje) señal de dirección
18-25	GND	GND

Cuadro 1. Pines del puerto DB25.

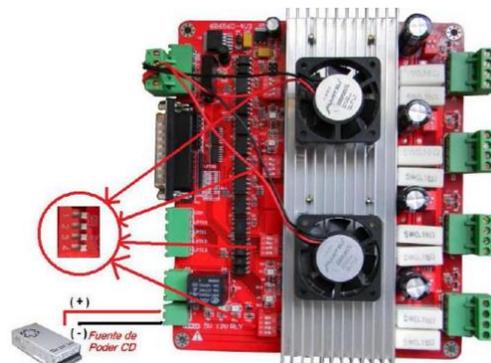


Figura 1. Tarjeta TB65603V2.

Selección de motores

Para la fabricación de nuestro prototipo decidimos se utilizaron motores a pasos bipolares, ya que es fácil el control de posición y velocidad, además de que poseen una característica adicional sobre los motores de corriente continua o directa “el torque de detención”. El motor suministra el torque necesario para crear el movimiento requerido de la carga.

El número total de pulsos para hacer el movimiento es expresado por la siguiente fórmula:

$$P_{\text{total}} = \text{Pulsos totales} = (D_{\text{total}} \div (D_{\text{carga}} \div i)) * \times \Theta_{\text{paso}}$$

D_{total} = Distancia total del movimiento
 D_{carga} = Distancia recorrida con la carga por la rotación del eje (P =paso = $1/l_{carga}$)
 Θ_{paso} = Resolución del paso del accionamiento ($paso/Rev_{motor}$)
 i = razón de la reducción ($rev_{motor} / rev_{eje reductor}$)

Velocidad del motor por Frecuencia de pulsos

Se obtuvo el correcto manejo de velocidad de los motores, manipulando la frecuencia de salidas PWM, por medio del perfil partir-par.

Perfil partir-parar

El tipo más básico de perfil de movimiento es un perfil “partir-parar” donde no existe un periodo de aceleración o uno de desaceleración, figura 2.

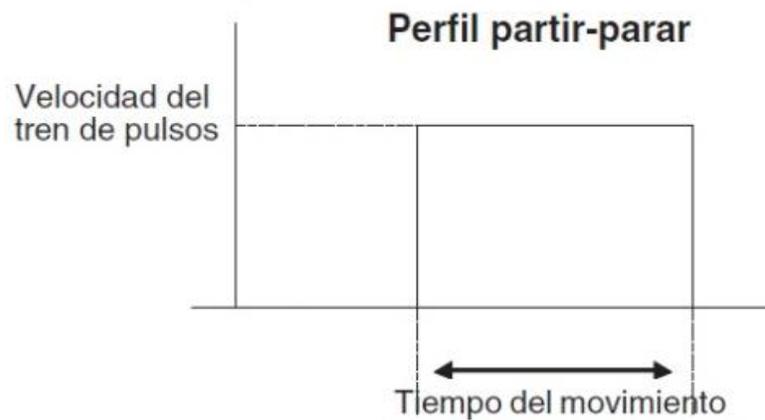


Figura 2. Perfil Partir-parar.

Este tipo de perfil de movimiento se usa solamente para aplicaciones de baja velocidad porque la carga “se mueve De tirón” a partir de una velocidad a otra. La fórmula para encontrar la velocidad del tren de pulsos para el movimiento “partir –parar” es la siguiente:

$$F_{ss} = \text{velocidad de tren de pulsos} = P_{total} \div t_{total} \quad (2)$$

P_{total} = Pulsos totales

T_{total} = Tiempo del movimiento

Calculando el torque resistivo de la carga.

El torque que requiere ser suministrado por el sistema de accionamiento al actuador, debe ser mayor que el torque resistivo a velocidad constante y se recomienda aplicar al motor un factor de seguridad entre 20% a 100%, para evitar que el motor deje de rotar o se pare por cambios de carga.

Se utilizó la siguiente fórmula:

$$T_{motor} = T_{acel} + T_{resist} \quad (3)$$

T_{acel} = El torque que requiere la carga para acelerar y desacelerar la inercia del sistema.

T_{resist} = El torque de carga a velocidad constante para hacer funcionar el mecanismo.

Para la obtención de T_{acel} para acelerar y desacelerar una carga con inercia con un cambio linear de velocidad es:

$$T_{acel}[N - m] = J_{TOTAL} [Kg - m^2] * (\Delta_{velocidad} [RPM] \div \Delta_{teimpo} [s]) * (2\pi \div 60) \quad (4)$$

J_{total} = Inercia del motor más la inercia de la carga (“reflejada al eje del motor”).

(El factor $2\pi \div 60$ es usado para convertir el “cambio de velocidad” expresada en RPM en una velocidad angular (radianes/segundo).

Diseño de estructura

Para la selección del material para la construcción de la maquina multifuncional CNC tomamos en cuenta reducir lo más posible el costo de fabricación. Esto lo conseguimos con un sistema innovador en los movimientos de cada eje. A diferencia de los CNC convencionales que el movimiento lo trasmite una cremallera, nosotros implementamos rodamientos los cuales se deslizan sobre el perfil tubular de 2 pulgadas, figura 3.



Figura 3. Estructura de perfil tubular de 2 pulgadas.

Esto nos da ciertas ventajas y desventajas sobre las cremalleras como se muestra en el cuadro 2.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • El paso es más rápido • Los motores se esfuerzan menos • El material se puede conseguir con facilidad • El precio es más accesible 	<ul style="list-style-type: none"> • El material a perforar no debe de ser muy duro • Puede presentarse deslizamiento en cortes muy profundos

Cuadro 2. Ventajas y desventajas al seleccionar rodamientos para transmitir el movimiento.

Para determinar la masa de todos los componentes en cada eje, nos apoyamos en la herramienta Propiedades Físicas de solidworks. Una vez obtenido el valor de la masa en los distintos ejes, pasamos a realizar los cálculos correspondientes para determinar el comportamiento de los mecanismos, así como del torque requerido en nuestros motores, figura 4.

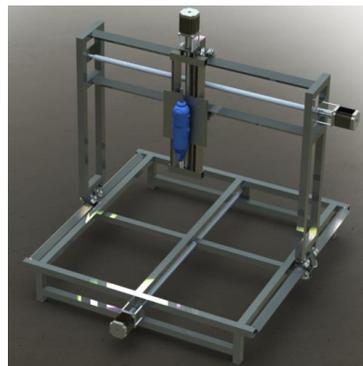


Figura 4. Diseño en Solidworks.

Resumen de resultados

El acabado superficial del maquinado depende en gran medida del material de la pieza de trabajo, bajo un conjunto de condiciones, velocidad de avance, profundidad de corte, dirección del corte, revoluciones por minuto del husillo, La forma en que se monta la pieza, la lubricación o refrigerante y la forma de la herramienta. Todas ellas determinan la rugosidad que son las variaciones de alta frecuencia que se pueden controlar utilizando los parámetros adecuados. Los rodamientos deslizantes nos dan un agarre adecuado que minimizan las variaciones de longitud en un milímetro, además de la fácil maniobrabilidad de los ejes por medio de un control de cámara, joystick o celular debido a la diversidad de parches programáticos que se pueden instalar dentro de los programas libres o demos Mach3, KCAM4, EMC2 TurboCNC, LinuxCNC (antes EMC), Nanjing Swansoft, FreeMill, el costo promedio de una maquina CNC es de sesenta mil pesos moneda nacional, y el costo del maquina CNC propuesta es de diez mil pesos moneda nacional.



Figura 4. Dispositivo de control de ejes para CNC multifuncional.

Conclusiones

Conforme avanza la tecnología electrónica en el campo de sistemas embebidos como micro controladores, la fabricación en máquinas de CNC es más crucial, porque cada vez tienen mayor demanda lo cual exige mayor exactitud y precisión, por lo tanto hace necesario la utilización de diseños asistidos por computadora así como máquinas avanzadas y dispositivos electrónicos como: cámaras web, joystick controles para juegos, y celulares; es por ello que nuestro trabajo se centra tanto en definir como especificar un método más rápido que ahorre tiempo, esfuerzo, capital invertido, que contribuya al cuidado de la naturaleza y el medio ambiente.

Se diseñó y construyó una máquina de CNC multifuncional con los siguientes elementos:

- Un programa editor de texto, simulador y consola de control CNC.
- Tarjeta TB65603V2 con 18-25 pines digitales de entrada o salida
- Fuente de 24 v cd.
- Tres motores paso a paso Nema 24
- Sistema mecánico de sinfín y rodamientos
- Cámara para posicionamiento de digital
- Control de ejes por medio de un celular
- Control de ejes por medio de joystick

Recomendaciones

Esta propuesta abre las puertas a los micros, pequeñas y medianas empresas, para hacerse de manera accesible de una máquina y herramienta multifuncional, que cuenta con las características de control numérico, que permite trabajar de una manera más rápida y segura, reduciendo tiempos y accidentes.

Referencias

- Pymes, eslabón fundamental para el crecimiento en México." *Cómo invertir en México*. N.p., n.d. Web. 22 Oct. 2013. <<http://www.promexico.gob.mx/negocios-internacionales/pymes-eslabon-fundamental-para-elcrecimiento-en-mexico.html>>.
- Movimiento: 4.3 Movimiento Circular." *Academia*. N.p., n.d. Web. 22 Oct. 2013. <http://genesis.uag.mx/edmedia/material>.
- Diseño y construcción de una máquina CNC que realiza el ruteo de pistas." *Scribd*. N.p., n.d. Web. 22 Oct. 2013. <<http://es.scribd.com/doc/126835655/Diseno-y-construccion-de-una-maquina-CNC-que-realiza-el-ruteo-depistas>>

Notas Biográficas

El **MC. Misael Zavala Silva**. Egresado del Instituto tecnológico de la laguna de la carrera Ingeniería Mecánica Industrial, con Maestría en Ciencias de la Ingeniería Mecánica en la Universidad Autónoma de Coahuila, en la ciudad de Torreón Coahuila, México en el año 2011, Actualmente se desempeña como profesor investigador y catedrático en la Universidad Tecnológica de Torreón y el Instituto Tecnológico de la Laguna.

El **Ing. Luis Antonio Hernández González**. Egresado del Instituto Tecnológico de la Laguna de la carrera de Ingeniería Industrial en el año 2010, actualmente se encuentra cursando estudios de Maestría en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de la Laguna ubicado en la ciudad de Torreón Coahuila México.

El **Lic. Juan Antonio Hernández Cruz**. Técnico en máquinas y herramientas, Licenciado con especialidad en matemáticas, egresado de la Normal Superior de la Laguna en 1985, Actualmente Docente del Instituto Tecnológico de la Laguna con antigüedad de 40 Años.

Misael Abimael Zavala Rodríguez Alumno de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica en el área de automatización en la Universidad Tecnológica de Torreón, cuenta con certificación en Mechanical Design at the level of ASSOCIATE de SolidWorks,

Evaluación de protozoarios y bacterias del rumen con la adición de probióticos durante 48h *in vivo*

Zuleika Zelaya Vargas P.M.V.Z¹, Dr. en C. Carlos Meza López², Dr. Rómulo Bañuelos Valenzuela³, Dr en C. Lucia Delgadillo Ruíz⁴, Ph.D. Francisco Guadalupe Echavarría Cháirez⁵ y Dr. en C. Perla Ivonne Gallegos Flores⁶

Resumen—El propósito del estudio fue observar el efecto de bacterias y protozoarios del rumen con adición de probióticos durante 48h *in vivo*. Se utilizaron 21 ovinos de 3 meses de 18-25 Kg, se suplementaron con mantillo de suelo PNC y probiótico comercial Intervet PCI., a diferentes concentraciones T1:100% PNC, T2:66% PNC, T3:33% PNC, T4: testigo, T5:100% PCI, T6:66% PCI, T7:33% PCI, Se cuantificaron los microorganismos en cámara de Neubauer cada 6h. Se presentó mayor cantidad de protozoarios 100%, del PNC a las 24h, seguido 33% del PNC a 18h y finalmente el de 66% PNC a 12 horas. Para probiótico comercial PCI al 66% a 12 horas presenta valores elevados, seguido del 33% del PCI al mismo tiempo, en cuanto a bacterias PNC en concentración 66% a 12 horas presenta valores más elevados, seguido del tratamiento al 33% a 6 horas. En cuanto PCI al 33% a 24 horas, seguida al 66% valores elevados a 30 horas, aunque en esta misma concentración se presentan valores elevados a 6 horas y la concentración al 100% a 30 horas. Por lo que se concluye que los probióticos no comerciales pueden ser una alternativa para complementar la dieta de los ovinos en crecimiento

Palabras clave—Probióticos comercial, forestal, ovinos, bacterias, protozoarios

Introducción

La capacidad de adaptación de los ovinos a un entorno de regiones áridas y semiáridas es una de las principales características de la microbiota del rumen el cual es de un entorno dinámico, y ninguno de los cambios es permanente debido a las diversas especies microbianas que se encuentran en el rumen. Las vías de procesamiento de información son por las redes de transducción de señales que reconocen diversos estímulos físicos y químicos, amplificación, procesamiento de señales y que desencadenan las respuestas de adaptación de las células bacterianas (Galicia *et al.*, 2017). En la producción pecuaria con fines comerciales, es frecuente el uso de aditivos para aumentar la efectividad de los nutrientes presentes en el alimento, su disponibilidad y absorción en el tracto gastrointestinal además de modular la flora intestinal y promover su crecimiento y productividad (Markowiak & Ślizewska, 2018).

Los probióticos son un grupo de aditivos alimenticios como una posible alternativa al uso de antibióticos (Yun *et al.*, 2017). Los probióticos pueden ser definidos como suplementos microbianos vivos los cuales afectan benéficamente al animal hospedero mejorando el balance microbiológico intestinal estos introducen microorganismos benéficos en el intestino donde actúan manteniendo las condiciones óptimas dentro del tracto gastrointestinal e inhibiendo el crecimiento de otras bacterias patógenas no deseadas. Deben cumplir ciertas características para poder sobrevivir en los alimentos. Ejercer su acción correctamente en el aparato digestivo adaptándose al pH bajo del estómago y la secreción de la bilis, generar exclusión competitiva a la flora potencialmente patógena en el aparato digestivo (Dann *et al.*, 2014).

La reducción de la producción de aminas tóxicas la actividad metabólica de la microflora intestinal produce aminas y amoníaco que deben tener efectos negativos sobre la microflora ejemplo las aminas después del destete son irritantes y tóxicos y aumentan el peristaltismo intestinal y esto es remediado con los *Lactobacillus acidófilos* importante al estado de salud del animal (Yun *et al.*, 2017)

En los probióticos en la alimentación de rumiantes tienen efectos positivos sobre la producción de la salud de los animales por lo que constituye una alternativa al uso de antibióticos (El-Tawab *et al.*, 2016).

El mejorar la alimentación de los animales en producción. Salud animal y la seguridad de los alimentos para el consumo humano son los principales objetivos de estudio de la microbiología ruminal. Recientemente se ha

¹ Zuleika Zelaya Vargas PMVZ Alumna de la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia (UAMVZ-UAZ) de la Universidad Autónoma de Zacatecas "Francisco García Salinas" zulzelv@hotmail.com

² Dr. Carlos Meza López Docente Investigador de la UAMVZ-UAZ miembro del UAZ-CA-218 carmezlop@yahoo.com.mx (autor correspondiente)

³ El Dr. Rómulo Bañuelos Valenzuela Investigador de la UAMVZ-UAZ líder del UAZ-CA-218 apozolero@hotmail.com

⁴ La Dra. Lucia Delgadillo Ruíz es Docente Investigador de la Unidad Académica de Biología miembro del UAZ-CA-218 delgadillolucia@gmail.com

⁵ El Ph. D. Francisco Guadalupe Echavarría Cháirez es investigador del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias y colaborador del UAZ-CA-218

⁶ La Dr. Perla Ivonne Gallegos Flores es Docente Investigador de la Unidad Académica de Biología miembro del UAZ-CA-218

demonstrado que la utilización de probióticos en rumiantes a edades tempranas ejerce un efecto positivo sobre la colonización microbiana ruminal. En cuanto al aislamiento de selección y caracterización de cepas de género *Lactobacillus* aisladas en el líquido ruminal, estas cepas presentaron una alta actividad antagónica contra bacterias son uno de los tipos de probióticos patógenas (McGregor, 2020).

Por lo anterior el propósito del trabajo fue: Evaluar el efecto de la adición probiótico forestal (PNC) y comercial (PCI) a diferentes concentraciones durante 48 h *in vivo* sobre la población de protozoarios y bacterias del rumen.

Descripción del Método

Ubicación geográfica El estudio se realizó en la comunidad de el Remolino, del municipio de Juchipila, Zacatecas, México. Se utilizaron 21 ovinos criollos de cruce de Katahdin X Dorper, de edad y peso promedio de 59 ± 5 días y 14.3 ± 1.7 Kg. Se suministró una dieta a base de rastrojo molido de maíz 70%, alfalfa 15%, grano de maíz 5%, melaza 8 %, bicarbonato 1.5%, premezcla de vitaminas y minerales 0.1%, sal común 0.4%. Se suministró el probiótico comercial (PCI) y probiótico no comercial (PNC) a las concentraciones de 100, 66 y 33% para cada tratamiento, con 3 repeticiones, directamente en el agua a cada animal y un control sin probiótico (Kyan *et al.*, 1999).

Manejo y procesamiento de muestras

Las muestras para la cuantificación de bacterias y protozoarios se extrajeron por medio de una sonda orofaríngea de 0.5 pulgadas y 1m de largo unida a una jeringa, para realizar succión de contenido ruminal para cada repetición de cada tratamiento. Este procedimiento se realizó cada 6 horas en ocho intervalos de tiempo (0, 6, 12, 18, 24, 30, 36 y 48 horas)

1. Se tomó una muestra de cada repetición para hacer el conteo con cámara de Neubauer.
2. Con un microscopio Zeiss, con objetivo 40X, con el cual se realizó el conteo de bacterias y protozoarios.

Análisis de información: Para el análisis de la información se utilizó una prueba de chi cuadrada, con la que se analizaron grupos de tres tratamientos por concentración. Para llevar a cabo el análisis, se usó el programa estadístico SAS®.

Resultados y Discusión

Al implementar el uso de probióticos en los rumiantes según (Mirheidari *et al.*, 2020), están relacionados con una mejor actividad del conjunto de enzimas microbianas en el rumen de los ovinos, las cuales favorecen los procesos fermentativos de la dieta fibrosa y un uso más eficiente de la energía generada. Por su parte, Ortiz-Rubio *et al.* (2009), en una evaluación con ovinos en desarrollo, informaron que la incorporación de un probiótico a base de bacterias lácticas en las dietas favoreció una mejor estabilización del pH y el NH_3 a nivel ruminal, con un incremento en los procesos fermentativos.

Las bacterias del rumen anaeróbico, los protozoos y los hongos degradan el material fibroso, lo que permite a los rumiantes utilizar la fibra vegetal para su nutrición. Las bacterias son los microorganismos más numerosos y al igual que las anteriores, juegan un papel importante en la degradación biológica de la fibra dietética Rodríguez *et al.* (2012) plantean que son muchas las bacterias y levaduras que se pueden usar de forma beneficiosa para mantener una flora digestiva sana y en equilibrio; los microorganismos más usados son *Lactobacillus sp.*, *Streptococcus faecium*, *Bacillus subtilis*, *B. cereus*, *B. licheniformis*, *B. stearothermophilus* y *Saccharomyces cerevisiae* (Khattab *et al.*, 2020)

A través de la prueba de chi cuadrada es posible distinguir las diferencias significativas entre tratamientos para cada concentración y tiempos de muestreo. Para la cantidad de protozoarios y su crecimiento evaluado en ocho intervalos de tiempo (0, 6, 12, 18, 24, 30, 36 y 48 horas) con la concentración al 100% de la dosis recomendada, de los tratamientos PNC, PCI y el tratamiento sin probiótico (testigo), indica que las diferencias entre ellos son significativas ($P < 0.05$) El Tratamiento PNC es diferente ($P < 0.05$) mostrando su máximo desarrollo de protozoarios a las 24 horas

En la Figura 1 se presenta de manera gráfica las variaciones de la cantidad de protozoarios a través del tiempo. En la gráfica es posible observar que la cantidad de protozoarios del tratamiento PNC en la concentración al 100% a las 24 horas presenta los valores más elevados, seguido del tratamiento al 33% del PNC a las 18 horas y finalmente el de 66% PNC a las 12 horas. En esta se presenta la cuantificación de protozoarios por mililitro del tratamiento con PNC en las tres concentraciones evaluadas más un testigo y siete muestreos realizados cada seis horas y el último a las 12 horas.

En la Figura 2 presenta la cuantificación de protozoarios por mililitro del tratamiento con probiótico comercial (PCI) en tres concentraciones más un testigo y siete muestreos realizados cada seis horas y el último a las 12 horas. Asimismo, se presenta de manera gráfica las variaciones a través del tiempo. En la gráfica es posible observar que la cantidad de protozoarios del tratamiento PCI en la concentración al 66% a las 12 horas presenta los valores más elevados, seguido del tratamiento al 33% del PCI al mismo tiempo.

Al determinar el efecto de protozoarios y bacterias del rumen de ovinos con el suministro PNC y PCI a diferentes concentraciones durante 48 h *in vivo*. Los probióticos, han sido ampliamente utilizado en rumiantes para mejorar la ingesta de materia seca y, por lo tanto, la productividad especialmente para animales en condiciones estresantes en las dietas de rumiantes se sabe que mejora la utilización de forrajes de baja calidad. (Khattab *et al.*, 2020).

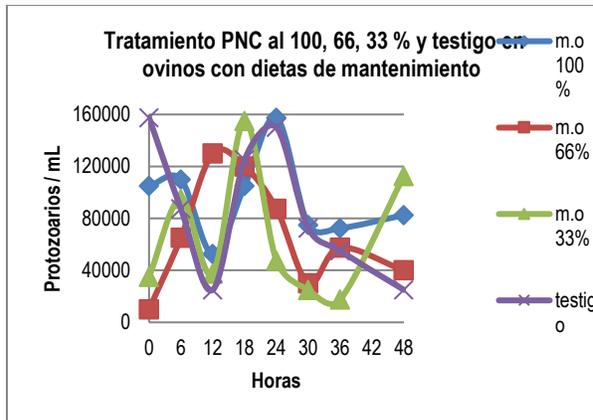


Figura 1. Cuantificación de protozoarios en el líquido ruminal del tratamiento PNC durante 48 horas

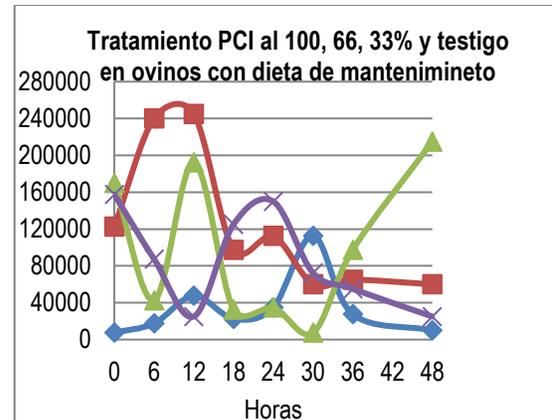


Figura 2. Cuantificación de protozoarios en el líquido ruminal durante 48 horas con Probiótico Comercial

Se observó una diferencia estadísticamente significativa corroborada por chi cuadrada con una ($p < 0.05$) en cuanto a tratamientos de PNC vs PCI y el tiempo en el cual se realizó el conteo de los microorganismos. Esto indicó que el número de protozoarios y bacteria difieren en los tratamientos PNC y PCI, además muestran un comportamiento diferente respecto al tiempo de conteo de los microorganismos por periodos de cada 6 horas y el último a las 12 h hasta completar las 48 h. Se acepta la hipótesis alterna la cual manifiesta que existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos de la suplementación de probióticos PNC y PCI, respecto a los protozoarios y bacterias del rumen de los ovinos lo mismo con respecto al tiempo de cada 6 h, hasta las 48h. Coincidiendo con la técnica de identificación de microorganismos del trabajo de Bruna *et al.* 2021 en el cual identifico los protozoarios mediante microscopía óptica justo antes de la transfaunación de microbiota de fluido de bovino a ovinos. El método de identificación fue similar al que se utilizó en esta investigación para el conteo de protozoarios. Pero respecto a el conteo bacteriano fue diferente, ya que ellos utilizaron una técnica de PCR para la identificación de las bacterias.

Yun *et al.*, (2017) En el trabajo realizado por ha reportado que un sólo protozooario puede tomar hasta 104 bacterias por hora. Estas estimaciones indican que la depredación de los protozoarios puede renovar toda la biomasa bacteriana en el rumen con alta densidad de protozoarios (10^5 a 10^6). Esto explica por qué la concentración de la biomasa bacteriana se eleva en animales defaunados. Los ovinos suplementados con probióticos no comerciales y comerciales se ven beneficiados en las poblaciones de protozoarios y bacterias.

Los resultados del líquido ruminal en los efectos de mejor tratamiento fue el que tuvo mayor cantidad de protozoarios con la concentración óptima al 100%, del probiótico no comercial. En cuanto a las bacterias, se observó que al 100% es más efectivo el PCI en la producción de bacterias, en un tiempo intermedio de 18 horas; en cambio las concentraciones bajas (66 y 33%) del producto no comercial resultaron ser mejores a las 12 y 18 horas respectivamente, lo que indica que el producto PNC parece generar una mejor condición para el desarrollo bacteriano. Según Li, Liu, & Wang, (2017), con la evaluación *in vitro* siembra por agar (MRS), tinción de Gram para la determinación de la pared bacteriana para la producción de Ac láctico, identificación de una bacteria *lactobacillus ssp* de 94%.

La misma prueba usada con las concentraciones del 66% de la dosis recomendada para la cantidad de protozoarios y su crecimiento evaluado en ocho intervalos de tiempo (0, 6, 12, 18, 24, 30, 36 y 48 horas), de los tratamientos PNC, PCI y el tratamiento sin probiótico (testigo), arrojó resultados de que el tratamiento PCI es diferente ($P < 0.05$) y presentó su máximo valor de población de protozoarios ($P < 0.05$) a las 12 horas (Figura 2). De igual forma, para la concentración de 33%, nuevamente el tratamiento PCI fue diferente ($P < 0.05$) y su máximo valor de población se encontró a las 48 horas (Figura 2).

En la Figura 3 se presenta la cuantificación de bacterias por mililitro del tratamiento con probiótico no comercial (PNC) en tres concentraciones más un testigo y siete muestreos realizados cada seis horas y el último a las 12 horas. Asimismo, la Figura 3 presenta de manera gráfica las variaciones del número de bacterias a través del tiempo. En la gráfica es posible observar que la cantidad de bacterias del tratamiento PNC en la concentración al 66% a las 12 horas presenta los valores más elevados, seguido del tratamiento al 33% del PNC a las 6 horas.

Asimismo, la Figura 4 presenta de manera gráfica las variaciones a través del tiempo. En la gráfica es posible observar que la cantidad de bacterias del tratamiento PCI en la concentración al 33% a las 24 horas, seguida de la concentración al 66% que presenta un comportamiento bimodal, mostrando valores elevados a las 30 horas, aunque en esta misma concentración se presentan valores elevados a las 6 horas y la concentración al 100% a las 30 horas.

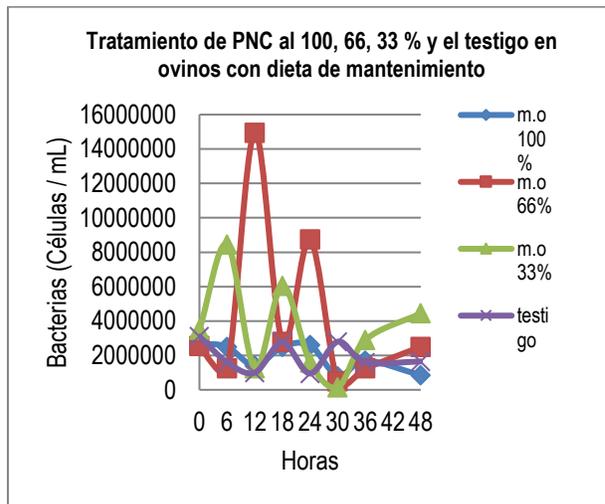


Figura 3. Cuantificación de bacterias en el líquido ruminal del tratamiento PNC durante 48 horas

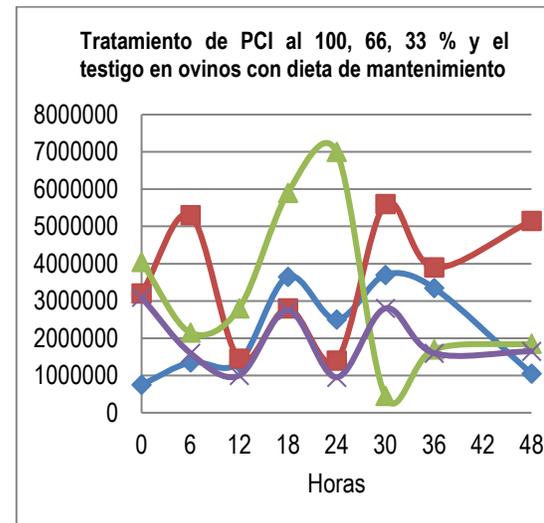


Figura 4. Cuantificación de bacterias en el líquido ruminal durante 48 horas con Probiótico Comercial

La prueba de chi cuadrada para la cantidad de bacterias y su crecimiento evaluado en ocho intervalos de tiempo (0, 6, 12, 18, 24, 30, 36 y 48 horas) con la concentración al 100% de la dosis recomendada, mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) con el tratamiento PCI, con el tiempo máximo de desarrollo de bacterias a las 30 horas ($P < 0.05$).

Asimismo, para la misma prueba, pero con la concentración al 66%, se encontró que el tratamiento PNC es diferente ($P < 0.05$), con predominancia del tiempo a las 12 horas ($P < 0.05$) (Figura 3).

El presente experimento reveló un efecto significativo sobre la fermentación ruminal de una dieta determinada, que es mayor la materia orgánica fermentable, no presenta cambios en la microbiota y en los protozoarios. En los probióticos, en las cantidades adecuadas al 100% se mantiene en equilibrio los protozoarios y microorganismos que coadyuvan a la absorción de nutrientes, logrando su máxima población entre 18 y 24 horas.

Según Williams y Coleman en (1991). Los tiempos de multiplicación para los protozoarios varían de 5-14 horas. Coincidiendo con los tiempos de concentraciones en el probiótico comercial las máximas poblaciones se presentaron a las 12 horas en al 66% y a las 18 horas con el 33%, por su parte Jouany, (1994). Williams y Coleman (1991) encontraron que varias especies de protozoarios ruminales poseen alfa amilasa y uno de los que presentan mayor actividad amilolítica de este tipo es el *Entodinium caudatum*. Asimismo, se encontró alfa y beta amilasa en Holotricos, que promueven el desdoblamiento de las unidades de azúcar de reserva y estructurales de las plantas.

Mirheidari *et al.*, (2020) describieron 32 géneros y 63 especies de bacterias en el rumen. El número de bacterias reportadas hasta antes del uso de las técnicas de PCR es de 10^{10} a 10^{11} células por gramo de contenido ruminal. En cuanto a la técnica de tinción verde brillante solo especifica algunas bacterias la cual no fue posible identificar las bacterias líquido ruminal, muy probablemente las bacterias cuantificadas fueron, bacterias pequeñas de color blanco que corresponden a *Lactobacillus* spp y además colonias de bacterias más grandes y esponjosas son identificadas como del género *bifidobacterium* ya que el medio MRS es un medio de cultivo apropiado para el aislamiento y recuento de *Lactobacillus* y otras bacterias ácido lácticas, de acuerdo con el trabajo de Luna (2019), intitulado Evaluación del efecto de un biopreparado de microorganismos no comercial vs probiótico comercial en la nutrición de ovinos en temporada de estiaje, solo que únicamente identificaron las colonias bacterianas y no se realizó la cuantificación de las mismas, en otro trabajo se identificaron bacterias totales por la técnica de PCR corroborando

que se encontraron bacterias totales. La PCR permitió determinar de forma rápida y específica el efecto de los probióticos en la dieta sobre las poblaciones microbianas ruminales estudiadas (bacterias totales, *Fibrobacter succinogenes* y hongos anaerobios) mediante la identificación de estos Jiménez (2019). También por la misma técnica de PCR tiempo real. La diversidad de bacterias totales en el rumen es importante durante la degradación del alimento y fermentación, ya que esto permite tener una amplia variedad de enzimas, así como reacciones bioquímicas precisas que ayuden a hidrolizar el material vegetal a estructuras más simples y puedan tener mayor disponibilidad para los microorganismos y aumentar los productos de fermentación Hernández (2020).

El PNC puede ser una alternativa para complementar la dieta de ovinos en crecimiento. En la región de Remolino localizado en Juchipila, Zacatecas, es necesario indicar que los probióticos en ovinos no comerciales pudieran ser usados para optimizar la producción en la dieta integral de los animales, sin causar impacto negativo sobre la ecología lo que pueden lograr a través del suministro directo de PNC y la M.O., es una alternativa viable para el desarrollo de la zona al darle margen a la producción agrícola y pecuaria.

Conclusión

Se concluye que el mejor tratamiento fue el que tuvo mayor cantidad de protozoarios con la concentración óptima al 100%, del probiótico no comercial, no así en las concentraciones decrecientes de 66 y 33% mostrándose una mayor cantidad de protozoarios con respecto al probiótico comercial. Sin embargo, mostró diferencias para la producción bacterias a las concentraciones bajas de 66 y 33% y en tiempos intermedios del espacio de tiempo observado. No se observó diferencia respecto a la cantidad de bacterias por mL de contenido ruminal, en la concentración óptima recomendada de 100%.

Se recomiendan hacer estudios de la interacción ruminal con alimento y microorganismos que habitan en el rumen para identificación específica de microorganismos, ya que los probióticos influirán en la nutrición de los ovinos en las siguientes etapas de su desarrollo.

Referencias

- Abd El-Tawab, M. M., Youssef, I. M. I., Bakr, H. A., Fthenakis, G. C., & Giadinis, N. D. (2016). Role of probiotics in nutrition and health of small ruminants. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 19(4), 893–906. <https://doi.org/10.1515/pjvs-2016-0114>
- Dann, H., Cotanch, K. W., S, C., Lock, L., & Yagi, K. (2014). *effect of reducing dietary forage in lower starch diets on performance , ruminal characteristics , and nutrient digestibility in lactating Holstein cows*. 5742–5753.
- Khatab, I. M., Abdel-Wahed, A. M., Khatab, A. S., Anele, U. Y., El-Keredy, A., & Zaher, M. (2020). Effect of dietary probiotics supplementation on intake and production performance of ewes fed Atriplex hay-based diet. *Livestock Science*, 237(April), 104065. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104065>
- Li, B., Liu, H., & Wang, W. (2017). Multiplex real-time PCR assay for detection of Escherichia coli O157:H7 and screening for non-O157 Shiga toxin-producing E. coli. *BMC Microbiology*, 17(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s12866-017-1123-2>
- Markowiak, P., & Ślizewska, K. (2018). The role of probiotics, prebiotics and synbiotics in animal nutrition. *Gut Pathogens*, 10(1), 1–20. <https://doi.org/10.1186/s13099-018-0250-0>
- McGregor, B. A. (2020). Energy requirements for maintenance and growth of young pre-ruminant Angora goats. *Small Ruminant Research*, 188(May), 106140. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2020.106140>
- Mirheidari, A., Torbatinejad, N. M., Shakeri, P., & Mokhtarpour, A. (2020). Effects of biochar produced from different biomass sources on digestibility, ruminal fermentation, microbial protein synthesis and growth performance of male lambs. *Small Ruminant Research*, 183, 106042. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.106042>
- Yun, W., Lee, D. H., Choi, Y. I., Kim, I. H., & Cho, J. H. (2017). Effects of supplementation of probiotics and prebiotics on growth performance, nutrient digestibility, organ weight, fecal microbiota, blood profile, and excreta noxious gas emissions in broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, 26(4), 584–592. <https://doi.org/10.3382/japr/pfx033>
- Galicia, Jiménez, Mónica Marcela, López-Garrido, Serafín Jacobo, Ávila-Serrano, Narciso Ysac, Murialdo, Silvia E., *Sistema de dos componentes: un diálogo molecular entre las bacterias ruminales y partículas de alimento (plantas forrajeras), two-component system: a molecular dialogue between ruminal bacteria and feed particles (forage plants)*, Instituto de Genética, Universidad del Mar, Puerto Escondido, Oaxaca, México, 2017.
- Kyan T, Shintani M, Kanda S, Sakurai M, Ohashi H, Fujisawa A, Pongdit S. 1999. Kyusei nature farming and the technology of effective microorganisms. Atami (Japan), Asian Pacific Natural Agricultural Network
- SAS Institute Inc. 2012. SAS software 9.3. SAS Institute. Cary, NC. USA
- Bruna Parapinski Santos José Antônio Bessegatto Amauri AlcindoAlfieri^aJúlio Augusto NaylorLisbôa^bJ. ScottWeese^dMarcio CarvalhoCosta^e 2021 *Transfaunation of the ruminal fluid from cows alters ruminal microbiota structure but not dominant protozoa in healthy sheep* Small Ruminant Research Volume 194. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2020.106283>

APLICACIÓN DEL MODELO NÚCLEO GERONTOLÓGICO COMO ESTRATEGIA EDUCATIVA EN UNA COMUNIDAD RURAL

Jaqueline Guadalupe Guerrero Ceh¹, Martín Mauricio Bretón de la Loza²,
José Luis Canto Ramírez,³ José Francisco Duarte Méndez⁴ y Ruben Eleazar Poc Ortegón⁵

Resumen— Las personas al tener más edad, van tomando conciencia y apreciando su salud, siendo el ideal a alcanzar, en la tercera edad se evidencia más el declive de su calidad de vida. El estudio tiene como objetivo identificar los beneficios que aporta el Modelo de Núcleo gerontológico en la calidad de vida de una comunidad gerontolescente rural. Metodología: enfoque mixto, alcance descriptivo, diseño no experimental; población de 79 personas del grupo geriátrico del Centro de Salud de Tenabo, Campeche, México, con una muestra de 14 (n = 14) rango de edad entre 60 a 89 años, una media de edad de 72. Patologías: 6 diabéticos, 4 hipertensos, 3 con ambas enfermedades no transmisibles (ENT) y uno sin ENT; provenientes de cinco colonias: Santa Rosa (1), Esperanza (2), Jacinto Canek (4), Centro (6) y Lazareto (1). Debido a la contingencia sanitaria el proyecto se adaptará al nuevo escenario de distanciamiento social.

Palabras clave— Calidad de vida, Núcleo gerontológico, Visibilidad social, Empoderamiento.

Introducción

Las personas al tener más edad, van tomando conciencia y apreciando su calidad de vida, representando con frecuencia su ideal a alcanzar, sobre todo en el ámbito de la salud, dado que en la tercera edad se evidencia más el declive en la salud del ser humano; sin embargo, se observa que las personas en las etapas de viejos jóvenes, viejos viejos, viejos longevos y centenarios, carecen de las oportunidades que les permitan formarse sobre temas de salud, debido a que las instituciones públicas, sobre todo las del sector salud, continúan viendo a los viejos y ancianos, como un sector vulnerable que deben “recibir”, priorizando como tema de agenda pública el asistencialismo social, con más años encima, adquieren más invisibilidad social.

En un estudio realizado en 2015 por la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), se presenta que en el estado de Campeche, tiene una población adulta mayor de 67, 879 que corresponde al 8.2% de la población total, de esta cantidad de personas el 27.3 % son personas mayores indígenas, siendo evidentemente una cifra importante y que va a la alza; en este mismo documento, se describen las propuestas de implementación de políticas públicas, la número 13 ubicada al final, dice: “Existe un elevado porcentaje de adultos mayores indígenas por lo cual se deben impulsar programas para su atención integral, sobre todo en materia de salud, no discriminación y participación socioeconómica respetando sus usos y costumbres.” (pág. 30)

El Municipio de Tenabo es uno de los trece Municipios, se ubica al norte del Estado de Campeche (Figura 1) y es uno de los más cercanos a la capital del Estado (razón por la cual fue seleccionado). De acuerdo a datos de la SEDESOL publicados en el año 2015, Tenabo, es el cuarto Municipio con mayor porcentaje de adultos mayores en el estado de Campeche con el 9.8% de la población total. La población de adultos mayores de 60 años en adelante conservan una dieta libre de dulces y grasas innecesarias (comida chatarra), prefieren los alimentos cultivados y cosechados, criados o cazados por ellos mismos, por ejemplo: el maíz para las tortillas, trigo para el pan, frijoles, hibes, calabaza, sandía, yuca, camote, chaya, sus diferentes carnes como: puerco, pescado de mar, pollo incluyendo sus carnes exóticas que se encuentran en la región como son: venado, puerco de monte, tepezcuinle y el jalé. La enfermedad más común que se les diagnostica es la diabetes mellitus tipo II e hipertensión, resultado de las grasas provenientes de las carnes que consumen. Los habitantes de este lugar son personas independientes, se encargan de sus propias necesidades, trabajan en el campo y venta de sus productos, se ocupan de sus labores domésticas, siempre

¹ Jaqueline Guadalupe Guerrero Ceh, es Profesora de la Facultad de Enfermería de la Universidad Autónoma de Campeche, México. jgguerre@uacam.mx (autor corresponsal)

² Martín Mauricio Bretón de la Loza es Profesor en la Universidad Autónoma de Morelos, México. martin.breton@uaem.mx

³ José Luis Canto Ramírez, es Profesor Investigador de Tiempo Completo en la Unidad 041 Campeche de la Universidad Pedagógica Nacional, México. cantoramirez@yahoo.com.mx

⁴ José Francisco Duarte Méndez, es Profesor en la Universidad Vizcaya de las Américas, Campus Campeche, México. josefranciscoduarte8@gmail.com

⁵ Rubén Eleazar Poc Ortegón, es estudiante de la Licenciatura en Gerontología, en la Universidad Autónoma de Campeche, Campeche, México. al056115@uacam.mx

manteniéndose activos en el transcurso del día, viven en casa con sus hijos y familias cercanas.

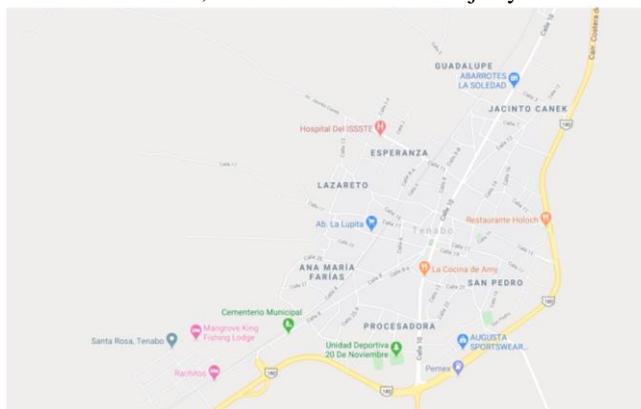


Figura 1. Mapa del sitio.

En este escenario surge la pregunta de investigación: ¿Cuáles son los beneficios que tendrían las personas mayores, con la aplicación del Modelo de Núcleo gerontológico, en un grupo de personas de la ciudad de Tenabo, Campeche, México, en el periodo enero - marzo del año 2020? El objetivo es identificar los beneficios que aporta el Modelo de Núcleo gerontológico en la calidad de vida de una comunidad gerontoescente rural.

Empoderamiento y visibilidad de las personas de edad

Como se sabe, las personas de la tercera edad, o en situación gerontológica, muestran un comportamiento sui generis, que constantemente se ubica en la complejidad para comprender las circunstancias: personales, familiares, económicas y sociales en las que vive, y en el mejor de los casos, sobrevive. Desde la psicología, -aunque hay suficiente literatura y bibliografía para explicar al respecto; existen barreras: psicológicas, sociales, económicas y comportamentales, además de las propias condiciones de salud y alimentación de la población gerontológica, que dificultan de cualquier modo, un mejor bienestar.

Con base en los planteamientos que menciona (Delval, 2005), como en las otras etapas del desarrollo evolutivo del ser humano; los aspectos físicos; es decir las bases genéticas de dicho desarrollo, crecimiento físico, la cuestión motora y de los sentidos, además de la salud, la nutrición, incluso el funcionamiento sexual; son fundamentales para comprender con más precisión la temática que se analiza en la cuestión gerontológica. En este sentido, la cuestión Cognitiva: los procesos intelectuales, aprendizaje, juicios, solución de problemas, son vitales; así como el aspecto Emocional: confianza, seguridad, afectos, vínculos, temperamento, autoconcepto, alteraciones, entre otros. Otro aspecto importante es lo Social: socialización, relaciones entre pares y familia, procesos familiares, vocación; sobre todo porque las personas geriátricas requieren de una atención pormenorizada que fortalezcan su vida en su cotidianidad.

Los elementos mencionados, forman parte de un esquema holístico que deben aplicarse en Autocuidado, cuyo rol con más detalles se aborda en este documento. Sobre todo, porque por las circunstancias que se observan en la población, factores como la Dependencia: resaltan las primeras dificultades del anciano como las visuales y auditivas, en tanto que, en la Salud y nutrición, hasta los ancianos saludables tienen necesidades especiales de nutrición para mantener su peso, masa ósea y muscular en perfecto estado. Y por último y no menos importante es el Bienestar psicológico de los adultos mayores, su relación con la autoestima y la autoeficacia. Todos estos factores se conjugan para comprender la importancia que representa el papel del Autocuidado. Es decir, cuidar a una persona con un enfoque holístico significa atenderla en sus aspectos biológicos, psicológicos, sociales, espirituales, culturales, entre otros, así como en su interrelación con el entorno.

Está por demás mencionar que, en términos de visibilidad social, que hoy día, la población gerontológica, es en gran medida, subestimada y/o discriminada, desde el propio ámbito familiar, hasta el económico, laboral; aspectos que avalan diversos trabajos, destacan los que Ricardo Iacub - Belén Sabatini. (2015), señalan, cuando enfatizan que en el tratamiento gerontológico se debe abarcar aspectos amplios y completos del comportamiento y su relación con la vida diaria. Además de los planteamientos que con sentido humanista hace al respecto Juan Lafarga (2011), sobre todo para tomar en cuenta a este sector de la población y dejar de verlos con una visión cosificada. Dicha afirmación se fortalece cuando hoy día, se relaciona con uno de los grandes problemas que enfrenta la población gerontológica: la presencia de la pandemia, 2020. Destacando los siguientes comentarios: "La pandemia ha extremado una visión

prejuiciosa y cosificada de la vejez" (Robert Pérez, 2020), en donde se enfatiza que, entre otras dificultades, en el mensaje "quédate en casa" no se están evaluando los efectos que se están produciendo en la salud mental.

Acercamiento al modelo Núcleo Gerontológico

Mendoza (2018), nos explica que en la gerontología comunitaria es un campo de estudio y de investigación emergente, donde se tiene que generar estrategias y el desarrollo de programas que logren desarrollar la maximización de la funcionalidad, salud, del bienestar y de la calidad de vida de las personas mayores en su entorno social y comunidad. El énfasis del envejecimiento es individualizado, multidimensional y multifactorial, además de las condiciones biológicas, psíquicas y sociales van cambiando gradualmente por el factor tiempo; por ende, la intervención gerontológica comunitaria debe de agrupar o seccionar de acuerdo las características poblacionales, variables tales como edad, patología y capital con la finalidad de garantizar una atención de calidad.

En la investigación realizada por Soria (2017), en el cual participaron 1,949 sujetos, el estudio está basado en la evaluación de la calidad de vida de los adultos mayores, en la cual se agrupó en: muy baja, baja, regular, alta y muy alta. Del cual los resultados indican que 42.6 por ciento de la población presenta calidad de vida de alta a muy alta, cifra que pareciera muy alentadora; sin embargo, 25 por ciento del total de los adultos mayores en estudio caen en la categoría de nivel medio, niveles bajo 14.2 por ciento y muy bajo 18.4 por ciento, expresando que:

Resulta interesante cuestionarse por qué motivos un amplio porcentaje de los adultos mayores muestra buena calidad de vida, pese a que gran número de ellos también presenta carencias como la falta de servicios médicos, ingresos por concepto de pensión o vivienda digna, pero como se mencionó, en la calidad de vida juegan factores tanto objetivos como subjetivos y variables como el apoyo percibido, redes familiares, recreación o no padecer enfermedades crónicas incapacitantes son elementos aún más relevantes que factores económicos o carencias materiales. (párr. 58)

Se tiene de referencia, que la calidad de vida tiene vinculación con el factor de la preservación de la misma estar viviendo con pareja o cónyuge, otra de las variables que intervienen de manera positiva en la calidad de vida son: nivel académico, profesión u oficio y el ingreso financiero percibido por pensión o jubilación o ingresos recibido de apoyos sociales o familiar (considerándose que un adulto mayor tiene mayor egreso que ingresos por situaciones vinculadas con la salud).

Descripción del Método

El estudio se proyectó en diez sesiones de educación para la salud, sensibilizando para la integración de un núcleo gerontológico, siguiendo el modelo de atención comunitaria de núcleos gerontológicos de Mendoza Núñez, V., integrado en tres dimensiones: Vigilancia de salud gerontológica, que incluye el control del anciano sano y enfermo; Orientación familiar para el cuidado del anciano en el hogar, integrado por cuidados del anciano sano y enfermo; finalizando con Adaptación y desarrollo social gerontológico, integrado por: recreación, desarrollo psicosocial y adaptación ocupacional. El equipo de salud se integró por: fisioterapeuta (1), psicóloga (1), gerontólogos (6) y un médico, bajo la dirección de la responsable del proyecto, un equipo integrado por un total de diez personas, teniendo la posibilidad de integrar tres equipos de trabajo, se asignó una dimensión y una duración de un mes.

Para el desarrollo de las sesiones se contó con el apoyo de la responsable de la oficina de apoyo social municipal. Las sesiones se agendaron el día domingo, cada quince días, en los meses de enero, febrero y marzo del año 2020. El espacio que se destinó para las actividades fue la palapa de las instalaciones del DIF (Desarrollo Integral de la Familia) ubicado en la cabecera municipal de Tenabo.

Estudio con enfoque mixto, alcance descriptivo, diseño no experimental; con una población integrada por 79 personas del grupo geriátrico del Centro de Salud de Tenabo, Campeche, México, con una muestra de 14 ($n = 14$) rango de edad entre 60 a 89 años, y una media de edad de 72. Patologías: 6 diabéticos, 4 hipertensos, 3 con ambas enfermedades no transmisibles (ENT) y uno sin ENT; provenientes de cinco colonias de la ciudad de Tenabo, Campeche, México: Santa Rosa (1), Esperanza (2), Jacinto Canek (4), Centro (6) y Lazareto (1)

Comentarios Finales

Los resultados no pudieron ser obtenidos como se esperaban, el proyecto fue suspendido por la contingencia sanitaria COVID 19, impidiendo la integración de un núcleo gerontológico, solo se logró realizar cuatro sesiones (40%). Fue complicado desarrollar las actividades planeadas, a pesar de contar con el apoyo de las autoridades municipales y un equipo de salud, se observó que las personas mayores están acostumbradas a recibir apoyos económicos y de servicios de salud, acudían porque esperaban consulta médica, medicinas gratis y tratamiento fisioterapéutico gratuito, solo acudió cerca del 18% de la población (14 personas).

Seguidamente describen los resultados por sesión:

- Sesión 1. Se tomó acuerdos sobre los puntos de reunión para la realización de las actividades, acudimos al DIF (Desarrollo Integral de la Familia) del Municipio de Tenabo, en donde nos presentamos con los pobladores que asistieron en la explanada, autoridades y directivos de la institución, acudimos a la comisaría donde se aprovechó para presentarnos y difundir las actividades a realizar, encontrábamos en parques o puestos de alimentos Adultos Mayores, población en general y los invitamos para que asistan los días programados.
- Sesión 2. Antes de estar en el punto de reunión se tomó relación de equipo tecnológico para las actividades, material para la toma de signos vitales, material reciclable para dinámicas y materiales para manualidades. Al llegar al DIF identificamos el lugar para acomodar nuestros equipos de trabajo y conocer a cada uno de los participantes, se realizó toma y registro de signos vitales, se educó y oriento a los participantes sobre la buena alimentación y factores de riesgo que intervienen en patologías por medio de una mala alimentación. (Figura 2) Se aplicó escala de MINI NUTRITIONAL ASSESSMENT y KATZ ya que tuvimos la primera intervención con los participantes.



Figura 2. Sesión de presentación.

- Sesión 3. Nos reunimos en el punto de reunión, acudimos al DIF y realizamos toma y registro de signos vitales (Figura 3), escuchamos a cada uno de los participantes y resolviendo sus dudas, les educamos del correcto uso del lavado de manos, las medidas de higiene en el Adulto mayor sano y enfermo, obtuvimos información sobre el estado socio económico del AM, escuchando también las experiencias de la gente adulta joven en cuanto a enfermedades y estilo de vida. Se aplicó la escala de Lawton y Brody para observar las actividades de la vida diaria que realizan.



Figura 3. Toma de signos vitales

- Sesión 4. Acudimos al DIF, se realizó toma y registro de signos, toma de glucosa, realizamos exposición sobre la salud mental en el AM y la familia (Figura 4), tuvimos la intervención de la psicóloga Mirna Manzano, donde intervino en los temas de desarrollo psicosocial y adaptación ocupacional (Figura 5), interactuamos con los participantes aplicando la escala de mini mental LOBO y escala Pfeiffer.



Figura 4. Explicación de tema



Figura 5. Trabajo psicológico

Conclusiones

Se observó una empatía y participación hacia nosotros, ya que se anunció por medio de voceros en la comunidad.

Mediante los resultados obtenidos en las escalas se observa un alto índice de depresión y mala alimentación en la población o participantes, es relevante actuar por medio de la orientación y educación hacia la familia y adulto mayor como primer nivel de atención, la importancia de este proyecto impacta en la mejora de la calidad de vida de las familias de este municipio.

Recomendaciones

Por la pandemia causada por el SARS-Cov-2, las sesiones de intervención quedaron pospuestas, ya que se consideran población vulnerable. En cuanto la población adulta mayor se encuentre inoculada se adaptará para su atención oportuna, además de que se encuentre con la infraestructura y materiales sanitarios para el control de la prevención del COVID-19. Revelando los resultados en un próximo estudio.

Para garantizar los resultados, se recomienda cambiar la estrategia y determinar sólo un área geográfica, realizar visitas domiciliarias, integración a la comunidad y sensibilizar en temas de autocuidado, para mejorar su salud; para ello se propone la colonia Jacinto Canek, en donde se ubicó a 22 personas con enfermedades no transmisibles (ENT).

Podemos finalizar de manera precisa sobre el nulo conocimiento sobre la gerontología y propiamente de las acciones del gerontólogo en la comunidad, quedando como evidencia que es indispensable que surjan proyectos y modelos de núcleos gerontológicos para garantizar que las personas que se encuentran sanas y con patologías puedan mejorar su calidad de vida, la funcionalidad, redes sociales para darles visibilidad, independencia, autonomía y empoderamiento. Con el aporte de la comunidad estudiantil y egresados de la licenciatura en gerontología con el apoyo de las dependencias públicas y privadas contribuir para la mejora de los adultos mayores de los municipios, localidades y ejidos.

Referencias

Delval, J. (1994). *El desarrollo humano*. Siglo XXI de España Editores, 1 ene. 1994. 626 pp.

Lafarga, J. (2011). *Desarrollo del potencial humano. Aportaciones de una psicología humanista*. México, D.F. Trillas. ISBN: 9789682429842. 2011. 248 pp.

Mendoza-Núñez VM, Vivaldo-Martínez M, Martínez-Maldonado ML. *Modelo comunitario de envejecimiento saludable enmarcado en la resiliencia y la generatividad*. Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social. 2018;56(Suppl 1):S110-S119. Spanish. PMID: 29638288 consultado por Internet el 1 de marzo de 2021. Dirección de internet: <https://www.medigraphic.com/pdfs/imss/im-2018/ims181n.pdf>

Ricardo Iacub - Belén Sabatini. (2015). *Especialización en Gerontología Comunitaria e Institucional Módulo 3 Psicología de la Mediana Edad y Vejez*. <https://www.desarrollosocial.gob.ar/wp-content/uploads/2015/05/Gerontolog--a-Comunitaria-Modulo-31.pdf>

Secretaría de Desarrollo Social - INAPAM (2015) *Perfil Demográfico, Epidemiológico y Social de la Población Adulta Mayor en el País, una Propuesta de Política Pública*. Consultada por internet el 2 de marzo de 2021. Dirección de internet: <http://www.inapam.gob.mx/work/models/INAPAM/Resource/918/1/images/ADULTOS%20MAYORES%20POR%20ESTADO%20CDI.pdf>

Soria-Romero.Z y Montoya-Arce B.J.. (2017). *Envejecimiento y factores asociados a la calidad de vida de los adultos mayores en el Estado de México*. Consultada por Internet el 1 de marzo de 2021. Dirección de internet: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-74252017000300059#aff1

Evaluación del cultivo de *Pectinodesmus pectinatus* y *Limnothrix planctónica* en biorreactor de columna de burbujeo

José René García-Avedaño¹, Arnulfo Rosales-Quintero², Cristina Ventura-Canseco³, Cristina Ventura-Canseco⁴

Resumen— En el presente trabajo se realizaron diferentes cinéticas de crecimiento haciendo uso de fotobiorreactores (FBR) con agitación neumática tipo columna de burbujeo empleando las microalgas *Limnothrix planctónica* y *Pectinodesmus pectinatus*. Se evaluó la producción de biomasa, clorofila y lípidos totales, con un fotoperiodo Luz/Oscuridad 12:12 y una aireación de 0.5 L/min, Se utilizaron diferentes medios de cultivo como son: agua residual, fertilizante triple 18 y medio de cultivo BG-11. En el caso de la microalga *Pectinodesmus pectinatus* se encontró que el uso de fertilizante promueve una alta producción de biomasa y lípidos.

Palabras clave— *Pectinodesmus pectinatus*, *Limnothrix planctónica*, fotobiorreactor, columna de burbujeo

Introducción

Las microalgas son un grupo de microorganismos fotosintéticos con una estructura simple lo que permite un crecimiento celular y producción de biomasa en periodos cortos de tiempo. Por esta razón, las microalgas son llamados microorganismos fotoautótrofos, siendo la luz su principal fuente de energía y el dióxido de carbono su principal fuente de carbono (Posten, 2009).

Con objeto de producir biomasa microalgal se utilizan fotobiorreactores, dentro de estos están los denominados abiertos y cerrados. En el caso de los primeros son los más utilizados a nivel masivo, sin embargo, tienen diversas desventajas como son la evaporación del medio, la fácil contaminación y difícil control de la temperatura, aunque son de bajo costo y relativamente fáciles de construir (Martínez *et al.*, 2005).

Las dificultades en los sistemas de cultivo abierto han favorecido el desarrollo de los sistemas de cultivo cerrado, éstos permiten un mejor control de los parámetros, disminuyendo sustancialmente los problemas presentes en los sistemas abiertos (Posten, 2009). Además, permiten realizar cultivos hiperconcentrados, ya sean mixtos o monoalgales, con valores superiores a 1.5 g/L (Abdel-Raouf, 2012) pudiendo obtener alta densidad celular por arriba de 2 g/L, su desventaja principal es el alto costo de inversión, instalación y operación, así como problemas técnicos como lo es la esterilización o efectos de mezclado imperfecto.

Los reactores de arrastre neumático son ejemplos de FBR tubulares verticales. Se trata de una columna cilíndrica fabricada en un material transparente, normalmente polietileno o vidrio que permiten una buena penetración de luz y son relativamente baratos. La introducción de aireación se lleva a cabo por la parte inferior de la columna y causa una corriente turbulenta que permite optimizar el intercambio de gas. En la actualidad, estos tipos de reactores se construyen con un diámetro máximo de 20 a 30 cm para asegurar el suministro de energía solar. La disponibilidad de luz en este tipo de columnas está influenciada por la velocidad de aireación, las acumulaciones de gas y la velocidad del líquido. Así mismo debido a la agitación arrastra el exceso de oxígeno generado por la actividad fotosintética puede ser retirado simultáneamente.

Por otro lado, es de particular interés cultivar microalgas en FBR que sean aisladas en lugares o regiones donde se pretende llevar a cabo los cultivos. En el caso del estado de Chiapas es conocido la gran riqueza en biodiversidad que existe, de esto modo en nuestra institución (Tecnológico Nacional de México Campus Tuxtla Gutiérrez) nos hemos dado a la tarea de aislar e identificar microalgas del estado y recientemente en el trabajo de Olán-Jimenez *et al.* (2018) aislaron e identificaron dos microalgas del Lago Bosque Azul ubicado en el Parque Nacional Lagunas de Montebello, estas microalgas fueron *Pectinodesmus pectinatus* y *Limnothrix planctónica* ambas primeros reportes en el estado de Chiapas y de los cuales se tiene poca o nula información de su crecimiento en condiciones de

¹ José René García-Avedaño es Estudiante de Ingeniería Bioquímica del *Tecnológico Nacional de México Campus Tuxtla Gutiérrez*, Chiapas, México arnol122@gmail.com.

² Arnulfo Rosales-Quintero es Profesor Investigador del *Tecnológico Nacional de México Campus Tuxtla Gutiérrez*, Chiapas, México arnol122@gmail.com (autor correspondiente)

³ Cristina Ventura-Canseco es Profesora-Investigadora de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica *Tecnológico Nacional de México Campus Tuxtla Gutiérrez*, Chiapas, México

⁴ J. Humberto Castañón González es Profesor-Investigador de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica del *Tecnológico Nacional de México Campus Tuxtla Gutiérrez*, Chiapas, México

laboratorio. De este modo el objetivo de este proyecto es cultivar las microalgas *Pectinodesmus pectinatus* y *Limnothrix planctónica* en FBR de columna de burbujeo con diferentes condiciones de cultivo.

Descripción del Método

Microalgas

Se utilizaron las microalgas las microalgas *Pectinodesmus pectinatus* y *Limnothrix planctónica* que fueron aisladas e identificadas de Lago Bosque Azul que es parte del Parque Nacional Lagunas de Montebello, Chiapas (Olán-Jimenez *et al.*, 2018).

Preparación de inóculos

Se utilizaron monocultivos de *Pectinodesmus pectinatus* en matraces Erlenmeyer de 1 L con el mismo medio que se iba utilizar posteriormente durante la cinética, el volumen de los inóculos empleado de 295 mL con una concentración de 1.95×10^6 cel mL⁻¹. De igual manera, se utilizaron monocultivos de *Limnothrix planctónica*, en matraces Erlenmeyer de 1 L con un volumen de 504 mL con una concentración de 2.48×10^5 cel mL⁻¹.

FBR

Para la realización de las cinéticas de crecimiento de *Pectinodesmus pectinatus*, se utilizó un FBR de columna de burbujeo con un volumen total de 3.68 L, operando al 80% de su capacidad, suministrando una aireación de 0.5 L min⁻¹ con un vvm = 0.169 L L⁻¹ min⁻¹ y con un fotoperiodo 12:12 con lámparas LED. De manera similar, para las cinéticas de *Limnothrix planctónica* se hizo uso de un FBR con un volumen total de 6.3 L.

Medios de cultivo

Se utilizaron tres medios de cultivo diferentes medios sintéticos, fertilizante y agua residual la composición de los medios de cultivo se adjunta en el Apéndice.

Técnicas analíticas

Para la evaluación de los cultivos en ambos FBR usando las microalgas propuestas se utilizaron las siguientes técnicas analíticas:

- Conteo de células mediante cámara de Neubauer
- Peso seco mediante filtración y diferencia de peso.
- Cuantificación de clorofila a y b mediante espectrofotometría UV-VIS.

Resumen de resultados

Cinéticas de crecimiento

Agua residual

Se evaluó el crecimiento de *Pectinodesmus pectinatus* usando agua residual durante 18 días, tiempo en el cual la microalga llegó a la fase de muerte, alcanzando un crecimiento máximo de 1.56×10^6 cel mL⁻¹ en el día 10 y una producción máxima de biomasa de 0.35 g L⁻¹ en el día 14. La producción máxima de clorofila a y b fue 0.779 µg mL⁻¹ y 0.3784 µg mL⁻¹ respectivamente, dichos valores se obtuvieron al final de la fase exponencial del crecimiento celular (Figura 1a).

Fertilizante

Se evaluó el crecimiento de *Pectinodesmus pectinatus* durante 26 días, tiempo en el cual la microalga llegó a la fase de muerte, alcanzando un crecimiento máximo de 1.30×10^7 cel mL⁻¹ y una producción máxima de biomasa de 1.0 g L⁻¹ en el día 22 iniciada la cinética. La producción máxima de clorofila a y b fue 12.1032 µg mL⁻¹ y 5.299 µg mL⁻¹ respectivamente, dichos valores se obtuvieron al final de la fase exponencial del crecimiento celular (Figura 1b).

Medio BG11

Se evaluó el crecimiento de *Pectinodesmus pectinatus* durante 26 días, tiempo en el cual la microalga llegó a la fase de muerte, alcanzando un crecimiento máximo de 1.61×10^7 cel mL⁻¹ en el día 18 y una producción máxima de biomasa de 0.65 g L⁻¹ en el día 20. La producción máxima de clorofila a y b fue 12.533 µg mL⁻¹ y 5.66724 µg mL⁻¹ respectivamente, dichos valores se obtuvieron al final de la fase exponencial del crecimiento celular (Figura 1c).

La figura 2a-c muestran los cultivos de *Pectinodesmus pectinatus* al final de cada cultivo, donde claramente se puede ver las diferencias en el crecimiento y densidad microalgal.

Limnothrix planctónica

Acorde a la Figura 1d no se tuvo éxito en el cultivo de *Limnothrix planctónica*, los resultados obtenidos fueron los mismos en dos repeticiones más, lo que sugiere que a *Limnothrix planctónica* le fue imposible adaptarse a las condiciones del FBR.

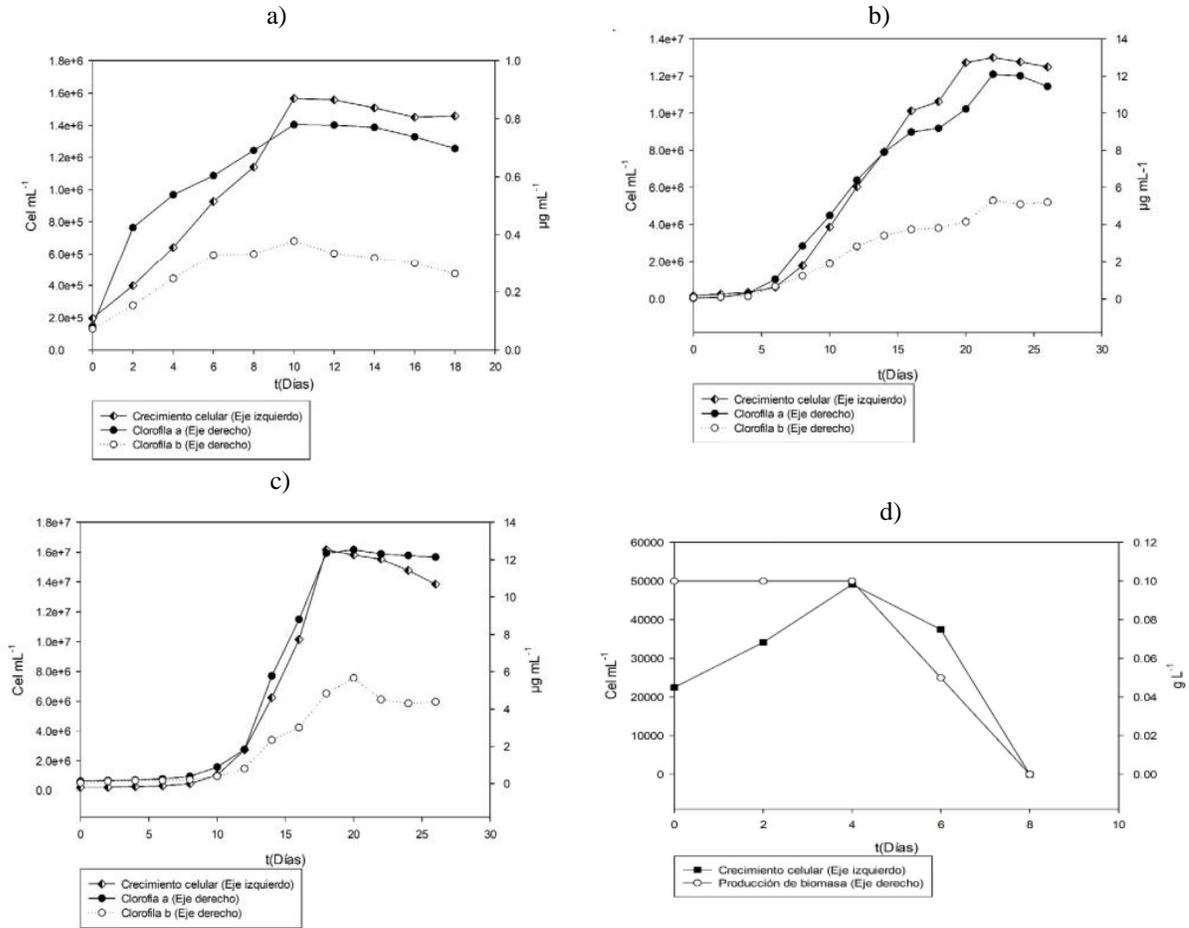


Figura 2. Crecimiento celular y producción de biomasa de *Pectinodesmus Pectinatus* utilizando como medio de cultivo a) agua residual, b) fertilizante 18-18-18, c) medio de cultivo BG-11 y crecimiento celular y producción de biomasa de *Limnothrix Planctónica* utilizando el medio de cultivo BG-11.



Figura 2. Fotos de los biorreactores al finalizar las cinéticas de crecimiento de *Pectinodesmus pectinatus*: a) Fertilizante 18-18-18, b) Medio sintético BG-11, c) Agua residual

Discusión de resultados

Como se observa en los resultados de la producción de biomasa y crecimiento celular de las cinéticas anteriormente expuestas, existen diferencias de proporcionalidad del peso seco con la concentración celular, esta situación puede deberse a que algunas microalgas presentan cambios en su peso unitario, lo cual hace posible un aumento de su peso seco aun cuando la concentración celular se mantiene constante, así como el aumento de la concentración celular y un ligero aumento en el peso seco (Arredondo *et al.*, 2017).

Cultivo de Pectinodesmus pectinatus

Por otra parte, en las cinéticas realizadas de *Pectinodesmus pectinatus*, mostraron un comportamiento similar en el caso de la producción de las clorofilas a y b, ya que la producción de clorofila a y b aumentó proporcionalmente con respecto a la concentración celular, obteniéndose la mayor velocidad de formación de clorofila durante la fase exponencial y deteniéndose al finalizar esta misma. Esto se debe a que las células requieren una mayor concentración de pigmentos para realizar mejor la fotosíntesis necesaria para el proceso de replicación celular, lo cual indica que las clorofilas son metabolitos asociados al crecimiento celular de las microalgas. (Benavente-Valdés *et al.*, 2016).

A pesar que la cinética con medio de cultivo BG-11 alcanzó una mayor concentración celular tuvo un peso celular unitario inferior a la cinética de fertilizante, esto puede deberse a que el fertilizante empleado tiene cantidades similares de N:P:K (1:1:1), de las cuales tiene 1.5 g L⁻¹ de cada uno de los nutrientes antes mencionados. En cuestión del fósforo y el potasio estas concentraciones son mayores a las que tiene el medio de cultivo BG-11, estos nutrientes tienen funciones específicas, por ejemplo, el potasio, que además de tener un papel en la regulación osmótica, participa en la síntesis de proteínas, lo cual puede resultar en la síntesis de proteínas estructurales lo que provoca un incremento en el tamaño celular y por consecuente un mayor peso unitario (Pires, 2015). Por otra parte, el fósforo es incorporado dentro de compuestos orgánicos a través del proceso de fosforilación, en la cual gran parte del PO₄₋₃ es captado para la generación de adenosin trifosfato (ATP) a partir de adenosin difosfato (ADP), obteniendo así el suministro de energía celular (Cai *et al.*, 2013).

Cuadro 1. Comparación de los resultados de las diferentes cinéticas realizadas de *Pectinodesmus pectinatus*.

	Agua residual	Fert. 18-18-18	BG-11
Concentración celular cel mL⁻¹	1.56x10 ⁶	1.30 x10 ⁻⁷	1.61x10 ⁻⁷
Producción de biomasa g L⁻¹	0.35	1.0	0.65
Rendimiento Clorofila a /biomasa g g⁻¹	0.002228	0.01210	0.01928
Rendimiento Clorofila b /biomasa g g⁻¹	0.001081	0.0052	0.00871
Rendimiento Lípidos/biomasa g g⁻¹	0.2608	0.1543	0.1955

En el cuadro 1 se presenta un resumen de los resultados máximos de las cinéticas de *Pectinodesmus pectinatus*. La mayor producción y rendimiento de clorofila a y b se obtuvo en la cinética con medio de cultivo BG-11, esto puede ser debido a que las clorofilas al ser metabolitos intracelulares, su concentración está relacionada con la concentración celular presente al momento de la medición, siempre que no exista un déficit de un nutriente esencial para su formación (Benavente-Valdés *et al.*, 2016).

La mayor producción de lípidos se obtuvo en la cinética de fertilizante, pero el mayor rendimiento de lípidos con respecto a la biomasa lo obtuvo la cinética de agua residual, esto puede deberse a que la síntesis de lípidos comienza una vez que la fuente de nitrógeno se agota, lo cual pudo ser el caso en esta cinética ya que al ser agua residual tratada, ha pasado por varios tratamientos para disminuir su carga orgánica e inorgánica, lo cual puede producir que la cantidad de nitrógeno sea más baja que el fertilizante 18-18-18 y el medio de cultivo BG-11, esto concuerda con lo obtenido por De los Cobos *et al.* (2016), que han indicado que una deficiencia de nitrógeno provoca altas concentraciones de lípidos. Por otra parte, también puede deberse a una deficiencia de micronutrientes metálicos ya que el efecto general se refleja en la composición de la biomasa, encontrando una disminución en la concentración de proteínas y pigmentos fotosintéticos (por ejemplo, clorofila) mientras se presenta un aumento de carbohidratos y lípidos (Rinanti, 2016).

Por otra parte, los resultados de la cinética con agua residual fueron inferiores frente a las otras dos cinéticas realizadas (a excepción del rendimiento de lípidos), esto se debe a la baja cantidad de nutrientes disponibles que probablemente esta presenta, como se observa en la figura 1c su fase exponencial se detuvo en el día 10, a diferencia de las otras cinéticas que su fase exponencial se detuvo posteriormente, alcanzando concentraciones celulares 10 veces mayores a la de la cinética con agua residual.

*Cultivo de *Limnothrix planctónica**

Como se puede observar Figura 1d hubo un decremento en la concentración celular así como en el peso seco, llegando el peso seco a ser menor que en el tiempo 0, en cada muestreo el tamaño de los filamentos de *Limnothrix Planctónica* eran más pequeños lo que implica una ruptura celular, hasta el último muestreo donde ya no se observaron filamentos que se pudieran retener en los filtros de 1.6 micrómetros, lo cual puede indicar que estos se estaban fragmentando y no duplicándose, esta ruptura implica poca resistencia al esfuerzo cortante provocado por el flujo de aire y por ende esta microalga no soporta esfuerzos de corte, esto es de suponerse dado que fue aislada de un lago donde las corrientes de agua no son severas.

Conclusiones

El cultivo de *Pectinodesmus Pectinatus* en los diferentes medios de cultivo propuestos fue exitoso, obteniéndose los mejores resultados en producción de biomasa, clorofila y lípidos en las cinéticas que se empleó fertilizante 18-18-18. Por otra parte, la cinética de agua residual tratada no obtuvo los mejores resultados, pero desde la vista del costo del proceso, es una opción más económica para el cultivo de *Pectinodesmus pectinatus*.

El cultivo de *Limnothrix planctónica* en FBR de columna de burbujeo no fue satisfactorio debido principalmente al esfuerzo de cizalla producido por los flujos de aireación.

Reconocimientos

Se reconoce el financiamiento de este trabajo al Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Chiapas a través del proyecto "Identificación de Microalgas con Potencial Biotecnológico del Lago Bosque Azul, Montebello, Chiapas" con número de registro ID 2019-1042.

Se reconoce el financiamiento de este trabajo al Tecnológico Nacional de México a través del proyecto "Estudio de la suplementación de bicarbonatos sobre el crecimiento de microalgas de las cascadas El Chiflón" con clave 8220.20-P.

Referencias

- Arredondo Vega, B. O., Voltolina, D., Zenteno Savín, T., Arce Montoya, M., y G. A. Gómez Anduro. Método y herramientas analíticas en la evaluación de la biomasa microalgal, La Paz, Baja California Sur, 2017.
- Abdel-Raoufa, N., Al-Homaidanb, A.A. e I.B.M. Ibraheemb, "Microalgae and wastewater treatment", *Saudi Journal of Biological Sciences*, Vol. 19, No. 3, 257-275, 2012.
- Benavente-Valdés, R., Aguilar, C., Contreras-Esquivel, J.C., Méndez-Zavala, A. y J. Montañez, "Strategies to enhance the production of photosynthetic pigments and lipids in chlorophyceae species", *Biotechnology Reports*, Vol. 10, 117-125, 2016
- Cai, T., Park, S., e Y. Li, "Nutrient recovery from wastewater streams by microalgae: Status and prospects", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 19, 360-369, 2013.
- de los Cobos-Vasconcelos, D., García-Cruz, E.L., Franco-Morgado, M. et al. "Short-term evaluation of the photosynthetic activity of an alkaliphilic microalgae consortium in a novel tubular closed photobioreactor". *J Appl Phycol*, Vol. 28, 795-802, 2016.
- Martínez, V., Pellón, A.; Pérez, E., Correa, O., Escobedo, R., Madruga, Y., Oña, A. y R. Arencibia. "Producción de Biomasa de *Scenedesmus Obliquus* en diferentes medios de cultivo". *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, Vol. 36, 2005.
- Posten C. "Design principles of photo-bioreactors for cultivation of microalgae", *Engineering in Life Sciences*, Vol. 9, No. 3, 165-177, 2009.
- Pires, JCM. "Mass production of microalgae", en *Handbook of marine microalgae*, 55-68, 2015.
- Rinanti, S. "Biotechnology Carbon Capture and Storage by Microalgae to Enhance CO₂ Removal Efficiency in Closed-System Photobioreactor", In book: *Algae - Organisms for Imminent Biotechnology*, 2016

Apéndice

- **Agua residual tratada**, como medio de cultivo complejo con un pH de 9.35.
- **Fertilizante 18-18-18**, con un pH de 6 y la siguiente composición: 0.825 g L⁻¹ (NO₃), 0.675 g L⁻¹ (NH₄), 1.50 g L⁻¹ (P₂O₆), 1.50 g L⁻¹ (K₂O), 0.0833 g L⁻¹ (MgO), 0.0833 g L⁻¹ (S), 0.01666 g L⁻¹ (B), 0.01666 g L⁻¹ (Zn), 0.00833 g L⁻¹ (Cu), 0.024999 g L⁻¹ (Fe), 0.00833 g L⁻¹ (Mn), 0.0041 g L⁻¹ (Mo).
- **Blue Green -11**, con un PH de 7.1 y la siguiente composición: 1.5 g L⁻¹ (NO₃), 0.040 g L⁻¹ (K₂HPO₄), 0.075 g L⁻¹ (MgSO₄.7H₂O), 0.036 g L⁻¹ (CaCl₂.2H₂O), 0.006 g L⁻¹ (Ácido Cítrico), 0.006 g L⁻¹ (Citrato Férrico Amoniacal), 0.001 g L⁻¹ (EDTANa₂), 0.002 g L⁻¹ (NaCO₃), 0.0028 g L⁻¹ (H₃BO₃), 0.0018 g L⁻¹ (MnCl₂.4H₂O), 0.0002 g L⁻¹ (ZnSO₄.7H₂O), 0.0004 g L⁻¹ (Na₂MoO₄.2H₂O), 0.00008 g L⁻¹ (CuSO₄.5H₂O), 0.00005 g L⁻¹ (Co(NO₃)₂.6H₂O).

APLICACIÓN DE SIMULACIÓN EN SIMIO A UNA EMPRESA AGROQUÍMICA PARA MEJORAR SU PRODUCTIVIDAD

Andrea García Romero¹, Stephanie Machorro Marin², Constantino Gerardo Moras Sánchez³

Resumen—Una empresa agroquímica, dedicada principalmente a la producción de fertilizantes, está comprometida con la mejora continua de sus procesos, debido a esto se ha optado por utilizar como herramienta de mejora la simulación discreta.

Dentro de la industria, existen diversos softwares de simulación que permiten modelar un sistema real para su futura modificación, entre ellos esta SIMIO, que permite que el comportamiento de los objetos sea personalizable sin necesidad de cambiar el objeto en sí.

Así pues, la línea de envasado fue modelada en SIMIO para realizar modificaciones de acuerdo con las alternativas de solución propuestas dentro del presente trabajo de investigación, en la búsqueda de la obtención de una mejora en las medidas de desempeño a evaluar mencionadas dentro del mismo, logrando un escenario de mejora y optimización del proceso actual, generando un ahorro en costos debido a que todo el proceso se llevó a cabo de manera virtual.

Palabras Clave—Simulación, Simio, Envasado, Optimización, Ruta de mejora.

Introducción

La simulación se define como “El proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y conducir experimentos con este modelo con el propósito de entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias con las cuales se puede operar el sistema” (R., 1975)

Conforme a estos conceptos se puede resumir que la simulación es una herramienta que, por medio del uso de un software en computadora, crea modelos que representan un sistema real bajo estudio y que permitirá evaluar el funcionamiento y los efectos de las variables que intervienen en dicho sistema.

La simulación es pues la imitación de un sistema real para inferir características de éste, sin alterarlo realmente, a través del uso de un software por medio de una computadora.

Ubicada sobre el corredor industrial Apizaco-Huamantla, una empresa agroquímica ha abastecido a reconocidas compañías nacionales y extranjeras, líderes en sus segmentos de mercado, con materias primas y productos químicos de vanguardia y tecnología de punta, por más de 60 años. Tiene equipo instalado para procesos de cloración, cuaternización, etoxilación, propoxilación, alquilación, formulación de herbicidas, adyuvantes, embotellado de herbicidas y síntesis química en general. En este trabajo nos estaremos centrando en el embotellado de herbicidas.

Cuenta con más de 200 productos y diferentes formulaciones dentro del mercado. “Nuestra gente es la diferencia. Ellos hacen posible cumplir nuestros objetivos y satisfacer todas sus expectativas.” (Grupo Polak, 2016)

Debido a la competitividad que se maneja dentro la empresa, es de suma importancia maximizar la eficiencia del proceso productivo en la medida de lo posible, actualmente se están llevando a cabo distintas presentaciones que muestran un promedio de producción por turno de más de 9mil piezas.

Descripción del Método

Formulación del problema.

En esta etapa se llevó a cabo la observación del sistema actual, para poder definir el objetivo a alcanzar, el cual es la creación de un modelo de simulación en el software SIMIO (Simulation Modeling based on Intelligent Objects), con el propósito de llevar a cabo una evaluación de la planta siete y su funcionamiento.

Objetivo general. Desarrollar un modelo de simulación que brinde apoyo a la toma de decisiones en cuanto a la línea de envasado y empaquetado y al traslado y acomodo de producto terminado, para permitir la optimización de estos y así alcanzar una mayor eficiencia en la línea.

Planteamiento del problema. Dentro de la empresa se realizan diferentes análisis y muestras que llevan a la formulación y desarrollo de sus productos, garantizando una entrega puntual.

Ciertas partes del proceso consumen tiempo a sobremanera, generando colas de espera. La línea de envasado suele presentar problemas de este tipo, debido a que varios de los procesos de dicha línea, son manuales.

¹ Andrea García Romero es estudiante en la Maestría de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Orizaba / Tecnológico Nacional de México

² Stephanie Machorro Marin es estudiante en la Maestría de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Orizaba / Tecnológico Nacional de México

³ Constantino Gerardo Moras Sánchez es Profesor de Simulación en el Instituto Tecnológico de Orizaba / Tecnológico Nacional de México

Es por eso por lo que, a través de la simulación, se pretende alterar de diferentes formas el proceso, para así optimizar de la mejor manera posible los tiempos actuales, eliminando retrabajos, procesos innecesarios y proponiendo rutas alternativas para manejar los productos de una manera más eficiente.

Medidas de desempeño a evaluar:

- ✓ Recorrido de patín. La recopilación y análisis de los datos del patín es necesario para optimizar la utilización de la flota de equipo de manejo de materiales y maximizar el ahorro en los costos.
- ✓ Cantidad de material generado. Como parte de la optimización buscada, se evaluó la cantidad de material de uso generado a través de los procesos que se realizan dentro de esta planta.
- ✓ Tiempo de envasado y empaquetado. Se determinó como una medida de desempeño, el tiempo empleado en el envasado y empaquetado de las botellas para su traslado al almacén de materia prima.

Recolección de datos

Se obtienen los datos necesarios para las variables definidas y se realizan las pruebas de bondad de ajuste para conocer la distribución de probabilidad del modelo. Se verificó un plano de la distribución que presenta la planta para facilitar la futura modelación en SIMIO.

Se realizó la toma de tiempos de acuerdo con el tiempo que les toma llegar a su capacidad óptima durante la jornada de trabajo. Recordemos que la planta trabaja tres turnos, y el llenado puede depender de la capacidad de la botella y del tipo de mezcla que se esté utilizando. Los datos que se obtuvieron se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1 Toma de tiempos de llenado para alcanzar capacidad óptima.

Hora	No. Botellas Reactivo A	No. Botellas Reactivo B	No. Botellas Reactivo C	
1	1248	-	-	
2	1248	-	-	
3	Proceso de limpieza			
4	-	1248	-	
5	-	1248	-	
6	Proceso de limpieza			
7	-	-	1248	
8	-	-	1248	
Total de botellas:	2496	2496	2496	7488

Validación del modelo conceptual

Se llevo a cabo un modelo en simio acerca del proceso actual que asemejaba al sistema real y se validó con el jefe de producción de la línea, para así proceder basados en datos acertados.

Construcción del programa

Basados en las medidas de desempeño a evaluar. Se llevo a cabo un modelo que alteraba el sistema con las medidas de mejora propuestas delante de la empresa. Algunos de los objetos utilizados se observan en la Tabla 2.

Tabla 2 Objetos utilizados dentro de SIMIO.

Tipo de objeto	icono	Cantidad	Significado
Combiner		2	Combiner1
			Llenado
Model		1	Model
ModelEntity		6	Botella1
			Botella2
			Botella3
			Caja1
			Carga1
			Pallet
			Path
Path		7	Path1
			Path2
			Path3
			Path4
			Path5
			Path6
			Path7
Server		10	Armado_cajas
			Cabeza_Esteres
			Cabezal_Aminas
			Cabezal_Atrazida
			Codificadora
			Etiquetadora
			Selladora
			Server1
			SETUP
			Taponadora

Realización de corridas piloto

Se llevaron a cabo 10 corridas piloto para validar el modelo, como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 3. Corridas piloto

Replicación	Promedio de tiempo de uso por ciclo (horas).
1	2.7
2	1.5
3	1.98
4	2.67
5	1.76
6	1.54
7	1.96
8	2.8
9	2.12
10	1.76
Promedio	2.079
Varianza	0.2344

Validación del modelo dentro de SIMIO.

Se validaron los resultados obtenidos dentro del modelo de simulación, tomando los resultados más relevantes.

Después la aplicación de las pruebas de bondad de ajuste con ayuda del software Stat::Fit, se hizo uso del software Minitab19 para llevar a cabo la prueba de T-Pareada con los resultados obtenidos.

Al ser el valor P mayor que el valor de alfa, no se rechaza la hipótesis nula. Como se muestra en la Figura 1.

Prueba

Hipótesis nula H_0 : diferencia_μ = 0
 Hipótesis alterna H_1 : diferencia_μ ≠ 0

Valor T Valor p
 -0,27 0,790

Figura 1. Prueba de hipótesis

Cuando el intervalo de confianza incluye al cero no se rechaza la hipótesis nula, por tanto, la media del sistema real es igual a la media del modelo de simulación y el modelo es válido. En la Figura 2 se muestra el resultado.

Media	Desv.Est.	Error estándar	IC de 95% de la media para la diferencia μ
-19,5	899,7	73,0	(-163,7; 124,7)

Figura 2 Estimación de la diferencia pareada

Diseño de experimentos

Se realizaron las pruebas estadísticas correspondientes que aplicaran mejor con los datos obtenidos, siendo las opciones chi cuadrada, Kolmogórov-Smirnov y T-pareada. A través de la fórmula $N \cdot BETA$ se llevaron a cabo 10 corridas piloto, y se determinó el número óptimo de corridas.

Para estimar el tiempo promedio de producción de un tipo de botella, se usó un error absoluto (b) de 0.27 horas. y un nivel de confianza (a) del 95% para la Ecuación 1.

$X = 2.079$ horas

$S^2_n = 0.2344$ horas

$b = 0.27$ horas

$a = 0.05$

Ecuación 1

$$\min \left[i \geq 10: t_{i-1,95} \sqrt{\frac{0.2344}{i}} \leq 0.27 \right]$$

$$i = 15$$

$$2.145 \sqrt{\frac{0.2344}{15}} = 0.2681 \leq 0.27$$

Por tanto, el número de replicaciones óptimo sería: 15 corridas del programa.

Correr el modelo en SIMIO

Fueron establecidas el número de corridas ideal dentro del programa por medio de las pruebas estadísticas previamente mencionadas. En la Figura 3 se observa el modelo funcionando.



Figura 3 Sistema trabajando.

Se analizaron los resultados obtenidos de acuerdo con las propuestas implementadas para seleccionar la mejor opción, los cuales se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4 Resultados obtenidos en SIMIO

NumberCreated - Total			
Object Name	Data Source	Category	Value
Botella1	[Population]	Throughput	2496
Botella2	[Population]	Throughput	2496
Botella3	[Population]	Throughput	2496
Caja1	[Population]	Throughput	1875
Carga1	[Population]	Throughput	10
Pallet	[Population]	Throughput	6
NumberDestroyed - Total			
Object Name	Data Source	Category	Value
Botella1	[Population]	Throughput	2496
Botella2	[Population]	Throughput	2496
Botella3	[Population]	Throughput	2496
Caja1	[Population]	Throughput	624
Carga1	[Population]	Throughput	10
Pallet	[Population]	Throughput	6

Comentarios Finales

Resumen de resultados

Mediante el modelo de simio se analizaron dos alternativas, las cuales se mencionan a continuación.

Alternativa 1. Cambio de ruta del patín

Descripción: Se cambia la ruta del patín de una Z a una L.

En la Tabla5 se muestran los resultados en los que podemos decir que esta alternativa:

1. No genera costo.
2. Disminuye su ruta diaria.
3. Disminuye tiempo de recorrido.

Tabla 5 Resultados alternativa 1

Recorrido del patín en 8 horas			
Simulación	Tiempo de transporte en horas (Ruta Z)	Tiempo de transporte en horas (Ruta L)	Porcentaje de mejora
3 Reactivos con ciclo de limpieza	1.28321	1.2796	0.28%
1 Reactivo sin ciclo de limpieza	1.28321	1.2796	0.28%

Alternativa 2. Incluir una encartonadora.

Descripción: Máquina que automatiza el proceso de armado y llenado de cajas de cartón.

Se agregó esta encartonadora al modelo de simulación. Obteniendo los resultados de la Tabla 6 y los siguientes beneficios:

1. Aumento del 610% en la producción de cajas en 24 horas.
2. Disminución de dos trabajadores.
3. Disminución de sueldos de mano de obra.
4. Disminución en tiempos de entrega con los clientes.

Tabla 6 Botellas y cajas producidas

Cantidad de botellas y cajas producidas						
Simulación	Tiempo de producción (horas)	Cantidad de botellas producidas	Porcentaje de mejora de botellas	Cantidad de cajas producidas	Porcentaje de mejora de cajas	No. de trabajadores
3 Reactivos con ciclo de limpieza	21.25	26,832	-	2,236	-	7
1 Reactivo sin ciclo de limpieza	24	29,952	11.63%	2,496	11.63%	7
Encartonadora sin ciclo de limpieza	24	29,952	11.63%	17,288	610.45%	5

Conclusión

SIMIO ayuda a incrementar la productividad de procesos sin necesidad de alterar el proceso actual, a un costo mucho menor de lo que implicaría experimentar con ellos en la realidad. Es una poderosa herramienta de convencimiento a la alta gerencia debido a su capacidad de generar modelos realistas usando la tercera dimensión.

Recomendaciones

Se recomiendan las dos alternativas simultáneamente dado que la primera no tiene costo. Se esperan obtener los siguientes beneficios:

- 1.- Disminución del tiempo de recorrido del patín.
- 2.- Disminución del tiempo de entrega.
- 3.- Disminución del número de operadores.
- 4.- Incremento significativo en la cantidad de cajas producidas de más del 600%.

Agradecimientos.

Se agradece al Grupo Polak por toda la información y apoyo proporcionados, en especial al ingeniero Carlos Alberto Romero Lara quien fungió como asesor externo dentro de este proyecto.

Referencias.

- Grupo Polak. (2016). *Polaquimia*. Obtenido de <https://polaquimia.polakgrupo.com/nosotros/planta/planta-de-producci%C3%B3n-tlaxcala/>
- Minitab. (2019). *Support Minitab*. Obtenido de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/doe/supporting-topics/factorial-and-screening-designs/factorial-and-fractional-factorial-designs/>
- /
- R., E. S. (1975). *Systems Simulation: The Art and Science*. . Prentice Hall.

Apéndice

Para la realización de la investigación se realizó el siguiente cuestionario:

1. ¿Qué tipo de simulación tiene una línea de envasado?
2. ¿Cuál es la distribución que tiene la línea?
3. ¿Cuáles son las variables y las limitaciones?
4. ¿Cuál es el número óptimo de corridas?
5. ¿Es válido el modelo de simulación?