

- **Identificación de compuestos volátiles relacionados con el aroma y sabor de la albahaca (*Ocimum basilicum* L.)**

Área: Físico matemáticas y ciencias de la tierra.

- **Eficiencia de las redes neuronales para la toma de decisiones en el sector agrícola análisis exploratorio.**

Área: Físico matemáticas y ciencias de la tierra.

- **La Importancia del Aprendizaje Significativo en el Desarrollo de Proyectos**

Área: Humanidades y ciencias de la Conducta.

- **DMAIC como estrategia para control de dureza en la fabricación de galletas.** Área: Ciencias Sociales y Economía.



INDICE

Artículos

- 1. Identificación de compuestos volátiles relacionados con el aroma y sabor de la albahaca (*Ocimum basilicum* L.)**

Área: Físico matemáticas y ciencias de la tierra

- 2. Eficiencia de las redes neuronales para la toma de decisiones en el sector agrícola análisis exploratorio.**

Área: Físico matemáticas y ciencias de la tierra

- 3. La Importancia del Aprendizaje Significativo en el Desarrollo de Proyectos**

Área: Humanidades y ciencias de la Conducta

- 4. DMAIC como estrategia para control de dureza en la fabricación de galletas.**

Área: Ciencias Sociales y Economía



COMITE EDITORIAL

Liliana González Arredondo

Directora editorial

Laura Margarita Aguilar Cervantes

Corrección Editorial

Daniel Israel Rodríguez Gante

Diseño de imagen e integración web

Arturo Alejandro Arroyo Benavides

Revisión Editorial

J. Guadalupe Santos Gómez

Representante de Área Ingenierías

Adriana López Barberena

Ma. Guadalupe Serrano Torres

Representante de Área Económico Administrativo

Ricardo Miguel Sánchez Durán

Representante de Área Tecnologías de la Información y Comunicación



EDITORIAL

La revista Reaxión presenta en esta décimo cuarta edición, sus reflexiones sobre temas de interés e impacto nacional e internacional no sin antes agradecerles su preferencia e interés a quienes nos leen y a las/los autoras/es por su participación que dan vida a la revista. Reconocemos la colaboración de quienes nos comparten sus investigaciones o artículos, a las personas que arbitran, así como a los miembros del consejo y del comité editorial que con su amable apoyo realizamos exitosamente la publicación de este número. Agradecemos a las/os investigadoras/es su tiempo y dedicación para la realización de este número; esperamos existan muchos más.

En esta edición tenemos el gusto de compartirles artículos relevantes de diferentes disciplinas: en el eje fisicomatemático y Ciencias de la tierra está el artículo *“Redes neuronales para la toma de decisiones en el sector agrícola análisis exploratorio”*; también dentro de este eje de conocimiento se presenta *“Identificación de compuestos volátiles relacionados con el aroma y sabor de la albahaca”*. En el área de Ciencias Sociales y Economía se encuentra *“DMAIC como estrategia para el control de dureza en la fabricación de galletas”*; finalmente, en el eje de Humanidades y Ciencias de la conducta tenemos el artículo *“La importancia del Aprendizaje Significativo en el Desarrollo de Proyectos Multidisciplinarios”*.

El artículo *“Redes neuronales para la toma de decisiones en el sector agrícola análisis exploratorio”* tiene como objetivo una revisión de las técnicas ocupadas en la agricultura de precisión, específicamente, las de análisis lineales de datos y la clasificación de suelos, mediante las redes neuronales para la toma de decisiones. Es una investigación que se focalizó en dos metodologías básicas que fueron los datos históricos y el análisis de imágenes para la realización de las conclusiones que presentan un cuadro comparativo de las redes neuronales empleadas.

La finalidad del artículo *“DMAIC como estrategia para el control de dureza en la fabricación de galletas”*, es mostrar los resultados de la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) para el control del parámetro de este proceso de fabricación. La aportación de este artículo es la mejora de este proceso en la industria por la explicación de este fenómeno y su posible replica en otros procesos.

Del área de Fisicomatemático y Ciencias de la tierra, el artículo *“Identificación de compuestos volátiles relacionados con el aroma y sabor de la albahaca”* tiene como interés principal identificar los compuestos aromáticos más abundantes de albahaca (*Ocimum basilicum L.*) por el método de la micro extracción en su fase sólida y a través de la cromatografía de gases. Se identificaron los compuestos de esta sustancia que aporta al área de conocimiento la divulgación sobre esta planta y sus posibles usos alternativos de sus componentes.



Finalmente, en el área de Humanidades y Ciencias de la conducta, se presenta el artículo sobre el desarrollo de proyectos multidisciplinarios en la educación superior en general y en particular, en el subsistema de Universidades Tecnológicas y Politécnicas, que utiliza la metodología de “*Mapping-Gastronómico*” que consiste en usar el método de proyectos para mejorar las competencias del alumnado llevando a cabo un proceso multidisciplinario con las carreras de Tecnologías de la Información y Comunicación y Gastronomía. La relevancia de este texto es identificar los elementos principales del aprendizaje significativo del estudiantado, lo que aporta conocimiento para la mejora de los procesos de aprendizaje y de la curricular académica.

Agradecemos a todos los participantes publicar con nosotros, apreciamos el esfuerzo y trabajo experto en cada área. Es un privilegio leer sus trabajos y reconocer el tiempo, esfuerzo requeridos en sus artículos y sus investigaciones.

Atentamente

Comité Editorial Revista Reaxión

IDENTIFICACIÓN DE COMPUESTOS VOLÁTILES RELACIONADOS CON EL AROMA Y SABOR DE LA ALBAHACA (*OCIMUM BASILICUM L.*)

Por: Salvador González Palomares, Luis Humberto Rivera Cambero, Luis A. Macedo González, Héctor Manuel González Sánchez, Alejandro Hernández Estrada

RESUMEN

Este proyecto consistió en identificar compuestos volátiles relacionados con el aroma y sabor de albahaca (*Ocimum basilicum L.*), procedente de La Huerta, Jalisco. El objetivo fue Identificar los compuestos aromáticos más abundantes de albahaca (*Ocimum basilicum L.*) de La Huerta, Jalisco por microextracción en fase sólida y cromatografía de gases. Los compuestos volátiles de la albahaca (*Ocimum basilicum L.*) fueron aislados por micro extracción en fase sólida (SPME) y caracterizados por cromatografía de gases – espectrometría de masas (GC-MS). Se evaluaron dos fibras de extracción: polidimetilsiloxano/divinilbenceno (PDMS/DVB, 65 μm) y carbowax/divinilbenceno (CW/DVB, 65 μm). Se identificaron fenilpropanoides, monoterpenos, sesquiterpenos, ésteres y aldehídos. La fibra CW/DVB es mejor con respecto al número de compuestos aislados y considerando la concentración total de compuestos.

Palabras clave: Albahaca, cinamato de metilo, SPME, volátiles.

ABSTRACT

This project consisted of identifying volatile compounds related to the aroma and flavor of basil (*Ocimum basilicum L.*), from La Huerta, Jalisco. The objective was to identify the most abundant basil's aromatics components (*Ocimum basilicum L.*) from La Huerta, Jalisco, by solid phase microextraction and gas chromatography. Volatiles basil's components (*Ocimum basilicum L.*) were isolated by solid phase

microextraction (SPME) and characterized by gas chromatography - mass spectrometry (GC-MS). Two extracted fibers were evaluated: Polydimethylsiloxane/Divinylbenzene (PDMS/DVB, 65 μm) and Carbowax/Divinylbenzene (CW/DVB, 65 μm). Phenylpropanoids, monoterpenes, sesquiterpenes, esters and aldehydes were identified. CW/DVB fiber is apparently superior with respect to the number of isolated components as well as the total concentration of compounds.

Keywords: Basil, methyl cinnamate, SPME, volatile.

INTRODUCCIÓN

La albahaca (*Ocimum basilicum L.*) es una planta aromática anual de la familia Labiaceae que tiene una altura aproximada de 60 cm. Sus hojas son ovaladas y dentadas (Figura 1) y las flores forman un ramillete en colores blanco o rosáceo. Es originaria de Asia, se le han atribuido algunas propiedades medicinales¹.



Figura 1. Albahaca (*Ocimum basilicum L.*) de La Huerta, Jalisco.

Varias de las propiedades medicinales de la albahaca y sus usos alimenticios se deben a la gran cantidad de compuestos volátiles que contiene, y que son responsables principalmente de su aroma y sabor



característico². El aroma y sabor son propiedades sensoriales que tienen un efecto importante en la calidad y aceptación de los alimentos^{3,4,5,6}.

Para la caracterización de compuestos volátiles de la albahaca en este trabajo, se utilizó la Micro extracción en Fase Sólida (SPME) y Cromatografía de Gases – Espectrometría de Masas (GC-MS). Existen varios métodos de extracción de compuestos volátiles como la extracción líquida – líquido, y la extracción – destilación simultánea³. Sin embargo, en este proyecto se utilizó la SPME por la facilidad de uso⁷, y porque es un método que se tuvo disponible en el Laboratorio de Cromatografía del Instituto Tecnológico Superior de Jalisco “Mario Molina”, Campus La Huerta, Jalisco, al momento de llevar a cabo esta investigación.

La Micro extracción en Fase Sólida o SPME (por sus siglas en inglés) es una técnica que se utiliza para extraer compuestos químicos para su posterior identificación en cromatografía de gases. Se desarrolló a principios de los años noventa por el equipo del Dr. Pawliszyn en la Universidad de Waterloo; no requiere uso de solventes, es fácil de implementar y relativamente económica². Por mencionar algunos proyectos de otros autores, la fibra CW/DVB permitió a Costa y colaboradores (2001), la clasificación de los compuestos volátiles del café con base en el origen geográfico⁸. Por su parte, Klimánková y colaboradores (2008)⁹, identificaron perfiles de compuestos volátiles de albahaca muy similares entre las fibras PDMS/DVB y CW/DVB. Con base en lo anterior, se planteó el siguiente objetivo: identificar los compuestos aromáticos de albahaca (*Ocimum basilicum L.*) de La Huerta, Jalisco por micro extracción en fase sólida y cromatografía de gases.

MÉTODO DE TRABAJO

El trabajo de Laboratorio de esta investigación se realizó en el estado de Jalisco, en el Instituto Tecnológico Superior de Jalisco “Mario Molina”, Campus La Huerta y en el Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 127 “Mariano Azuela”.

MATERIA VEGETAL

Se usaron muestras frescas de hojas de albahaca (*Ocimum basilicum L.*), con un contenido de 70% de humedad, procedentes de un campo de producción de La Huerta, Jalisco (Figura 2).



Figura 2. Albahaca (*Ocimum basilicum L.*) utilizada en este proyecto.

FIBRAS Y EQUIPOS UTILIZADOS

Este Se usaron dos fibras de extracción: una de polidimetilsiloxano/divinilbenceno (PDMS/DVB, 65 μm) y otra de carbowax/divinilbenceno (CW/DVB, 65 μm). Se emplearon: una jeringa, dos fibras y 50 viales para SPME de la Compañía Supelco (Bellefonte, P.A., USA), además un termobañero RE52. También se usó un cromatógrafo de gases – espectrómetro de masas Hewlett-Packard 6890/5973 (Agilent Technologies, P.A., USA), equipado con una columna capilar polar Supelcowax⁻¹⁰ (Supelco, Bellefonte, P.A., USA) de 30 m de largo x 0,25 μm de diámetro interno y con fase estacionaria de polietilenglicol. El gas acarreador fue helio grado cromatográfico (INFRA S.A.), con un flujo de 0,8 ml/min.

MICROEXTRACCIÓN EN FASE SÓLIDA (SPME)

Se usó la técnica de SPME para la extracción de compuestos volátiles de la albahaca (Figura 3).



Figura 3. SPME en albahaca (*Ocimum basilicum L.*).

Se evaluaron dos fibras de extracción: PDMS/DVB, 65 μm y CW/DVB, 65 μm , respectivamente; acondicionadas considerando las instrucciones del fabricante: 30 min a 260 $^{\circ}\text{C}$ para PDMS/DVB y 30 min a 250 $^{\circ}\text{C}$ para CW/DVB. Las condiciones de la SPME durante el proceso de extracción de compuestos volátiles de la albahaca fueron: las hojas de albahaca se homogeneizaron a temperatura ambiente por 20 segundos. Se depositaron 8 g del homogenizado de albahaca, 1 g de NaCl y 8 ml de agua desionizada (Barnsted E-pure) a un vial de 40 ml, el cual se selló herméticamente por medio de una septa PTFE-silicón. El vial se incubó a 60 $^{\circ}\text{C}$ en un termobañó con agitación durante 30 min. Posteriormente, la fibra de SPME se insertó en el espacio de cabeza del vial, y se mantuvo la temperatura y la agitación durante 40 min. Enseguida, se retiró del vial la fibra con los compuestos volátiles adsorbidos y se insertó en el puerto de inyección de un cromatógrafo de gases con un tiempo de desorción de 5 min. Se realizaron cinco repeticiones en las mismas condiciones².

CROMATOGRAFÍA DE GASES- ESPECTROMETRÍA DE MASAS (GC-MS)

Una vez que se extrajeron los compuestos volátiles de la albahaca mediante SPME, se caracterizaron en el cromatógrafo de gases – espectrómetro de masas (Figura 4). Se aplicaron las siguientes condiciones: temperatura del inyector y del detector de 190 $^{\circ}\text{C}$ y

240 $^{\circ}\text{C}$, respectivamente. La temperatura inicial del horno fue de 40 $^{\circ}\text{C}$, por 5 min hasta alcanzar una temperatura final de 250 $^{\circ}\text{C}$ con incrementos de 5 $^{\circ}\text{C}$ por minuto.



Figura 4. Cromatografía de gases.

IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE COMPUESTOS VOLÁTILES

Los compuestos volátiles de albahaca relacionados con su aroma y sabor característico se identificaron por comparación espectral de los picos del cromatograma de iones totales de las muestras con los compuestos de referencia de una biblioteca Wiley 275L instalada en el GC-MS. La cuantificación se realizó con base en el porcentaje de área de cada pico del cromatograma correspondiente a cada compuesto volátil de la albahaca².

RESULTADOS

La principal aportación de este proyecto es que se caracterizaron los compuestos volátiles relacionados con el aroma y sabor de la albahaca (*Ocimum basilicum L.*) procedente de La Huerta, Jalisco, México. Por ello, el trabajo realizado puede servir de referencia para futuras investigaciones relacionadas al uso de la Microextracción en Fase Sólida para la extracción de compuestos volátiles en plantas aromáticas.

Entre las dos fibras de extracción durante la SPME y los análisis en cromatografía de gases – espectrometría



de masas, se identificaron y cuantificaron 25 compuestos volátiles en la albahaca (Tabla 1). El cinamato de metilo (fenilpropanoide), fue el compuesto más abundante encontrado en este trabajo en la albahaca, lo que coincide con reportes por otros autores^{10,12,15,16}.

Tabla 1. Compuestos volátiles en albahaca (SPME y GC-MS).

Compuesto:	Área (%):	
	a) Fibra PDMS/DVB	b) Fibra CW/DVB
Cinamato de etilo	2.09	3.11
Cinamato de metilo	9.02	16.00
Linalol	5.00	8.33
Neral	1.01	3.00
α -Pino	--	1.00
β -Pino	--	0.50
β -Mirce	--	1.22
p-Cimeno	--	0.42
α -Terpino	1.00	2.11
β -Cariofileno	1.75	3.33
α -Cadineno	--	0.30
Acetato de isoamilo	0.50	2.31
Acetato de hexilo	0.56	2.21
Acetato de etilo	0.98	2.77
Acetato de octilo	1.30	1.30
Acetato de bencilo	1.11	2.32
2-metilbutirato de etilo	1.40	2.31
Miristato de etilo	2.00	2.11
Benzoato	2.00	2.21
Hexanoato	1.90	2.04
Nonanal	--	2.00
Hexanal	2.00	2.01
Decanal	0.40	0.43
(E)-2-Octenal	0.49	0.59
(E)-2-Nonenal	0.30	1.10

DISCUSIÓN

De acuerdo con la prueba de "t de Student", fue mejor la fibra CW/DVB de acuerdo con el mayor número de extracción y cuantificación de compuestos aromáticos de la albahaca de La Huerta, Jalisco, México. Considerando que las condiciones fueron las mismas para ambas fibras, las diferencias encontradas pudieran explicarse que los compuestos volátiles tuvieron mayor afinidad química con la fibra compuesta de carbowax/divinilbenceno (CW/DVB, 65 μ m), al momento de separar los compuestos.

En este trabajo, los compuestos aromáticos extraídos de la albahaca fueron con base en sus características estructurales, y son fenilpropanoides, monoterpenos, sesquiterpenos, ésteres y aldehídos. Los compuestos aromáticos de los tres primeros grupos coincidieron con los reportados en otros trabajos de investigación de Lachowicz y colaboradores 1996; Özcan y Chalchat, 2002; Viña y Murillo, 2003; Lee y colaboradores, 2005; Chang y colaboradores, 2009; González-Zúñiga y colaboradores, 2011^{2,10,11,12,13,14}.

CONCLUSIÓN

La técnica de SPME/GC-MS es un método apropiado para la extracción de compuestos volátiles de la albahaca. En las condiciones empleadas en este proyecto, la fibra CW/DVB presentó una mejor eficiencia de adsorción de compuestos volátiles de albahaca de La Huerta, Jalisco.

REFERENCIAS

1. GONZÁLEZ-PALOMARES, S., Rivera-Camero, L.H., Sánchez-Zaragoza, G., García-Estrada, J., and González-Sánchez, H.M. "Solid Phase Microextraction of Volatile Compounds in Basil (*Ocimum basilicum* L.)". XXX Congreso Nacional de Bioquímica. Sociedad Mexicana de Bioquímica. Guadalajara, Jalisco, México. 2014.
2. GONZÁLEZ-ZÚÑIGA, J.A., González-Sánchez, H.M., González-Palomares, S., Rosales-Reyes, T., y Andrade-González, I. "Microextracción en fase sólida de compuestos volátiles en albahaca (*Ocimum basilicum* L.)". Revista Acta Universitaria. Universidad de Guanajuato. Guanajuato, México. 2011. 21(1):17-22.
3. GONZÁLEZ-PALOMARES, S., Estarrón-Espinosa, M., Gómez-Leyva, J.F., Flores-Martínez, H., y Andrade-González, I. "Caracterización de compuestos volátiles en un extracto de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) por diferentes métodos de aislamiento y GC-MS". IV Congreso



- Internacional y XV Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica. CMIB. Morelia, Michoacán, México. 2006.
4. GONZÁLEZ, P.S., y Vázquez, G.E.S. "Caracterización de compuestos aromáticos en fruta de noni (*Morinda citrifolia* L.)". Boletín de ConCIENCIA y Tecnología. 2008. 3, 21-26.
 5. GONZÁLEZ-PALOMARES, S. "Determinación de compuestos aromáticos en tamarindo (*Tamarindus indica* L.) mediante dos métodos de extracción". Revista UNACAR Tecnociencia. 2009. 3(2):29-39.
 6. GONZÁLEZ-SÁNCHEZ, H.M., González-Palomares, S., y Rosales-Reyes, T. "Caracterización de compuestos volátiles durante el secado por aspersión de jugo de sandía (*Citrullus lanatus* Thunb.)". Revista Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. 2011. 51:10-15.
 7. HERNÁNDEZ-ESTRADA, A., y González-Palomares, S. "Determinación de compuestos volátiles en noni (*Morinda citrifolia* L.) mediante microextracción en fase sólida (SPME) y cromatografía de gases-espectrometría de masas (GC-MS)". Revista TecnoINTELECTO. 2012. 9(2):10-14.
 8. COSTA, A.M.F., Parreira, C., and Vilas-Boas, L. "Comparison of two SPME fibers for differentiation of coffee by analysis of volatile compounds". Chromatographia. 2001. 54(9-10):647-652.
 9. KLIMÁNKOVÁ, E., Holadová, K., Hajšlová, J., Čajka, T., Poustka, J., and Koudela, M. "Aroma profiles of five basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars grown under conventional and organic conditions". Food Chem. 2008. 107:464-472.
 10. LACHOWICZ, K.J., Jones G.P., Briggs, D.R., Bienvenu, F.E., Palmer, M.V., Ting, S.S.T., and Hunter, M. "Characteristics of essential oil from basil (*Ocimum basilicum* L.) grown in Australia". J. Agric. Food Chem. 1996. 44:877-881.
 11. ÖZCAN, M., and Chalchat, J.C. "Essential oil composition of *Ocimum basilicum* L. and *Ocimum minimum* L. in Turkey". Czech. J. Food Sci. 2002. 20(6):223-228.
 12. VIÑA, A., and Murillo, E. "Essential oil composition from twelve varieties of basil (*Ocimum* spp) grown in Colombia". J. Braz. Chem. Soc. 2003. 14(5):744-749.
 13. LEE, S.J., Umano, K., Shibamoto, T., and Lee, K.G. "Identification of volatile components in basil (*Ocimum basilicum* L.) and thyme leaves (*Thymus vulgaris* L.) and their antioxidant properties". Food Chem. 2005. 91:131-137.
 14. CHANG, X., Alderson, P.G., and Wright, C.J. "Enhanced UV-B radiation alters basil (*Ocimum basilicum* L.) growth and stimulates the synthesis of volatile oils". J. Hortic. For. 2009. 12:27-31.
 15. ACOSTA, M., González, M., Araque, M., Velazco, M., Khourt, N., Rojas, L., y Usubillaga, A. "Composición química de los aceites esenciales de *Ocimum basilicum* L. var *basilicum*, *O. basilicum* L. var *purpurensens*, *O. gratissimum* L., y *O. tenuiflorum* L., y su efecto antimicrobiano sobre bacterias multirresistentes de origen nosocomial". Rev. Fac. Farm. 2003. 45(1):19-24.
 16. REYES, J.A., Patiño, J.G., Martínez, J.R., y Stashenko, E.E. "Caracterización de los metabolitos secundarios de dos especies de *Ocimum* (Fam. Labiatae), en función del método de extracción". Scientia et Technica. 2007. 33:121-123. JIMÉNEZ, Blanca,
- **Fecha de recepción:** 07/06/2017
 - **Fecha de aceptación:** 04/07/2017
 - **Fecha de publicación:** 31/01/2018
 - Año 5, Número 2. Enero - abril, 2018.
 - **Autores:**
 - Salvador González Palomares
 - Luis Humberto Rivera Cambero
 - Luis A. Macedo González
 - Héctor Manuel González Sánchez
 - Alejandro Hernández Estrada



EFICIENCIA DE LAS REDES NEURONALES PARA LA TOMA DE DECISIONES EN EL SECTOR AGRÍCOLA ANÁLISIS EXPLORATORIO

Por: Eduardo Berra Villaseñor

RESUMEN

El presente artículo revisa las técnicas ocupadas en la agricultura de precisión, específicamente las técnicas de análisis lineales de datos y la clasificación de suelos, mediante las redes neuronales para la toma de decisiones. La investigación se focalizó en dos técnicas básicas, análisis de datos históricos y análisis de imágenes para la clasificación por kilogramos y de imágenes, realizando una comparativa de los resultados de las redes neuronales empleadas.

Palabras Clave: Redes neuronales, Actividad Agrícola, Agricultura de precisión, Toma de decisiones, Análisis para la predicción.

ABSTRACT

In the present article, a revision of the techniques occupied in the agriculture of precision is carried out, specifically the techniques of lineal analysis of data and the classification of soils, by means of the neural networks for the taking of decisions, the investigation was focused in two basic techniques, historical data analysis and image analysis, for the classification by Kilo grams and images, making a comparison of the results of the neural networks used.

Keywords: Neural networks, Agricultural Activity, Precision Agriculture, Decision making, Analysis for prediction.

INTRODUCCIÓN

La agricultura mundial viene enfrentando, a lo largo del tiempo, el desafío constante de aumentar la producción agrícola en respuesta a la creciente demanda de la población, en este sentido, una incertidumbre importante que tendrá un impacto de largo alcance en las prácticas de producción y el crecimiento de la productividad es el grado de las

decisiones que se tomen para mejorar la producción¹, así como los efectos del cambio climático sobre el sector con énfasis en América Latina.

Las expectativas de crecimiento poblacional en México para el año 2050 serán de 150,837.517 mexicanos²; por ello, tendrá la tasa de crecimiento poblacional proyectada más alta de los países de la OCDE3. El papel de la agricultura cumple una función de gran importancia, fundamentalmente en países latinoamericanos debido a la demanda de provisiones para la eliminación del hambre y la pobreza, problemas de prioridad significativa, debido a que las economías emergentes latinas tienen que subsanar estos problemas para elevar el desarrollo y calidad de vida.

A lo largo del siglo XXI, los efectos del cambio climático reducirán el crecimiento económico, complicarán los esfuerzos por reducir la pobreza y afectarán la seguridad alimentaria⁴.

De lo anterior se desprende la importancia de la agricultura y el abasto de alimentos para la población, surge la necesidad de seleccionar las herramientas necesarias para obtener mejores resultados, en políticas públicas y los programas de apoyo a los sectores agrícolas, esenciales para el crecimiento de producción requerido⁵.

Las actividades de agricultura y sus comportamientos no lineales, necesitan de tecnologías dinámicas basadas en técnicas que proporcionen exactitud, y una mejor comprensión a la toma de decisiones. Aumentar la productividad, reducir tiempo y errores en el cambio de métodos de producción son objetivos principales para el diseño de sistemas de fabricación y producción de vanguardia⁶.

El uso de técnicas que simulan la inteligencia humana en las computadoras, es una de las más avanzadas, aprovecha las tecnologías de detección y actuadores de vanguardia⁷: las redes neuronales



(RNAs) que han demostrado ser una herramienta eficaz para caracterizar, modelar y predecir una gran cantidad de procesos no lineales⁸ con resultados adecuados en la toma de decisiones requeridas en problemas agrícolas complejos como son: priorizar y clasificar productos, el reconocimiento de patrones, la predicción de las cosechas y de los cambios físicos de sus productos⁹.

APLICACIÓN DE REDES NEURONALES

Las redes de tipo neuronales artificiales (RNA) son sistemas computacionales de adaptación inspirados en el procesamiento de la información realizado por las neuronas biológicas, como las existentes en los organismos inteligentes¹⁰, las cuales tienen una ventaja debido a la disminución del costo de los dispositivos TIC combinada con el bajo peso de los portátiles y el auge de la conectividad inalámbrica¹¹; de igual manera, por la eficacia que los métodos sobre redes tienen en la solución de problemas complejos.

La difusión de estas herramientas para mejorar las decisiones agrícolas en las comunidades científicas son varias; por lo que, la agricultura moderna enfrenta enormes desafíos⁷ con una gran cantidad de actores que deben mantener una relación cada vez más compleja entre factores ecológicos y políticos globales para garantizar la supervivencia económica y producción sostenible¹². Estos desafíos requieren constantemente de la producción de herramientas que minimicen la incertidumbre en la toma de decisiones agrícola.

El presente artículo muestra una exploración a las diferentes técnicas de redes neuronales aplicadas al sector agrícola y los trabajos que se llevan a cabo en esta área. La comprensión de los factores que influyen en la productividad es esencial para el análisis y síntesis de las variables que se correlacionan entre sí, especialmente en los sistemas de producción modernos y de gran escala¹², dado que estos sistemas requieren la adopción de una administración diferente, también conocidas como técnicas de agricultura de precisión para optimizar el uso de los insumos, el aumento de la productividad y el beneficio de mejores producciones.

La agricultura de precisión se define como “un conjunto de técnicas que permiten la gestión localizada, y su éxito depende de tres elementos: información, tecnología y gestión”¹³. Con la creciente adopción de diferentes técnicas de manejo del suelo, tales como fertilizantes a tasas variables y la posibilidad de la adopción de máquinas específicas en la agricultura de precisión, es necesario establecer sitios específicos de gestión diferentes áreas de gestión¹⁴. La gestión eficaz de manejo por sitio específico requiere una comprensión de los suelos y de los factores ambientales que afectan a la variabilidad de la producción agrícola; además de ser necesaria para evaluar las técnicas utilizadas para definir estas relaciones¹⁵.

El origen de las técnicas surge de entender cómo las propiedades del suelo afectan a la producción, así como la posibilidad de utilizar estos en la predicción del rendimiento de la cosecha, con el fin de definir la gestión de sitios específicos¹⁶, planificación de la inversión, la predicción de la productividad y el beneficio.

Estos modelos se pueden basar en redes de sistemas computacionales paralelas, que consisten en unidades de procesamiento simples¹⁷, también llamados neuronas artificiales conectadas entre sí de una manera particular para realizar una tarea¹⁸.

RNAs han demostrado un alto rendimiento debido a factores tales como ser distribuidos o en paralelo y la estructura robusta conocidas como capas¹⁸; la eficiencia en el aprendizaje y la generalización, lo que las hace capaces de resolver problemas complejos; son tolerantes a los valores típicos o "atípicos"¹⁹; pueden modelar diferentes variables y sus relaciones no lineales; y por último, permitir el modelado con variables categóricas²⁰.

Actualmente, estas técnicas se desarrollan en una configuración de idoneidad y de parámetros para diferentes situaciones como: las funciones taper o adelgazamiento del árbol²¹, el modelado diametral²³, el modelo de crecimiento para el corte de eucalipto, los estudios de las características del suelo²⁴; recientemente, para el trigo con la predicción de rendimiento de grano²⁵.



Sin embargo, en la productividad estimada de granos en base a parámetros físicos y químicos del suelo, para establecer la gestión de sitios específicos, el comportamiento de las RNAs no se ha explorado lo suficiente²⁶. No obstante, existe la posibilidad de establecer modelos bioma temáticos capaces de predecir el rendimiento del cultivo en "segunda cosecha" a través de las propiedades del suelo utilizando modelos RNA bioma temáticos o regresión múltiple²⁷.

Un método comúnmente ocupado para evaluar el grado de relación entre las variables involucradas en el proceso de modelado es el análisis de correlación de Pearson²⁸. Secuencialmente, los modelos de diferentes categorías de configuración redes neuronales y regresión múltiple se pueden ajustar para representar estos modelos²⁹. Para estimar la productividad se puede utilizar el método de regresión lineal múltiple de mínimos cuadrados ordinarios:

$$Y = \beta_0 + \beta_1xMO + \beta_2xCTC + \beta_3xV(\%) + \beta_4xTA \quad (1)$$

Donde Y es el rendimiento promedio de la cosecha (kg) en el periodo a evaluar; MO contenido de sólidos, es decir, el suelo orgánico (mg); CTC Capacidad de intercambio Catiónicos (mmol); V (%) es la saturación de base; RT se define como la resistencia de la arcilla (mg); β_i = Estimadores de parámetros a ser ajustados mediante $i = 0,1,2,3$ y 4 ³⁰.

Las redes neuronales consideran las mismas variables³¹; sin embargo, las RANs utilizan la inteligencia artificial para resolver los problemas de ajustes, que se forman por elementos de procesamiento simples, estas se activan mediante una función (función activación), para conseguir una respuesta única²⁰. En estas neuronas artificiales, la información de la unidad de procesamiento consiste en entradas de "n" x_1, x_2, \dots, x_n (Dendritas) y una salida (axón); las entradas se asocian con los pesos W_1, W_2, \dots, W_n representando las sinapsis³². Este modelo lo podemos representar de la siguiente manera:

$$Y_k = \varphi(V_k) \quad (2)$$

Dónde: Y_k = Salida de la neurona artificial; función φ = activación; V_k = Resultado del combinador.

Para utilizar la red, optamos por la técnica de perceptron multicapa donde inicialmente, los pesos de todas las redes se generan al azar. Secuencialmente, esta actualización de valor individual evoluciona durante el proceso de aprendizaje basado en la función del error³³.

Las estimaciones de los rendimientos de cosecha se simularán con las posibles combinaciones de variables de entrada, un total de cuatro combinaciones a la variable de respuesta³⁴. La función de activación utilizada en este método es la sigmoidea ya que es la más común en desarrollo de las redes neuronales artificiales²⁰.

El aprendizaje de la red es de tipo supervisada, y la forma más conveniente para entrenarla es dando conjuntos de valores: el conjunto de los valores de entrada y un conjunto de valores de salida³⁵. Por lo tanto, la formación consiste en un problema de optimización de los parámetros de la red (sus pesos sinápticos) para que pudieran responder a entradas como se espera hasta que el error entre los patrones salida generada por la red alcanza el valor mínimo deseado³⁶. Para esto se utilizó el número total de ciclos o épocas iguales a 3,000 o menos de 1% de error cuadrático medio, como lo sugiere³⁷.

Para demostrar este método de mejora en productividad se tienen los siguientes valores, tomados por los laboratorios de *fertilab* en 2015 como se muestran en la tabla 1:

	Media	Máximo	Mínimo	Desviación estándar	Cv(%)
Pg (kg)	5543,20	8038.62	2056.79	1200.88	21.66
MO(mg)	24.7	26.80	19.66	1.68	6.79
CTC(cmol)	6.60	7.33	5.56	0.48	5.13
V(%)	39.04	44.10	25.28	5.13	13.14
TA(gr)	276.03	375.00	163.97	55.86	20.24

Correlación entre la productividad (variable dependiente) y predictivo

Productividad MO=0.38 CTC=0.53 V(%)=0.45 TA=0.44

Tabla 1: Datos estadísticos

Datos recabados para siembra de precisión 2014, estadísticas elaboración propia.

REDES EN TOMA DE DECISIONES

Tomando en cuenta la tabla anterior, y el método para las redes neuronales del perceptrón, podemos obtener la siguiente tabla que es una adaptación en la fórmula para el manejo de patrones mediante una RNA38.

Tabla 2: Red neuronal.

Modelo de regresión coeficiente ajustado										
Variable	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	Estadísticas				
	-800.23	-100.88	1050.83	16.47	4.61	R ²	ESP	CAIK	CBY	
Redes neuronales						0.51	17.90	1535	1571	
Neuronas por capa										
Red	Entradas	Ocultas	Salidas	Estadísticas						
Variables	4	4	1	0.83	11.58	1130	1163			
Prod. R	MO	CTC	V(%)	TA						

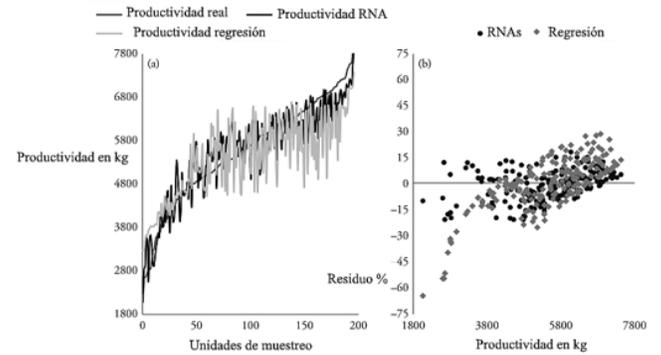
Datos para la creación de modelo de elaboración propia.

Donde R² coeficiente de determinación; ESP (%): el porcentaje de error típico en la evaluación; CAIK: coeficiente de Akaike; CBY: criterios bayesianos: Prod. R: De red ajustado para estimar la productividad de la cosecha.

El comportamiento de las ecuaciones que estiman la productividad, en línea con los errores residuales se muestra en la Figura 1: el ARN puede predecir de forma aceptable la productividad³⁹, el uso de los atributos de la SOM, CTC, V (%) y el contenido de arcilla. Si bien estas mismas variables, cuando se someten a la regresión técnica pierden sus capacidades predictivas¹⁴, las estadísticas de retorno inferiores muestran la resolución de la RNA.

La comparación entre la regresión y la RNA por prueba de chi cuadrado (X²); el error estándar de la estimación en forma de porcentaje (ESP%); diferencia agregada y el error medio en términos absolutos se muestran en la Tabla 3. Valores de c² Calculado enfrentado con los valores tabulados no fueron significativos al 95% de probabilidad para el RNA.

Figura 1. Modelado de datos.



Comportamiento de modelos de regresión / redes neuronales para estimar el rendimiento de productividad mediante las propiedades del suelo, en comparación con los valores reales (a) y el gráfico de distribución residual (b).

Tabla 3. Estadística en red.

Tabla 3. Estadística en red.

Variables	Estadísticas				Chi cuadrado			
	Media	Mínimo	Máximo	ESP	DA	Errm	x ²	x ² tab (64 Gl)
Producción								
Real	5656	2626	7895					46.60
RNAs	5593	3060	7600	14.93	11.05	123	18.55	
Regresión	5524	3450	7500	23.25	21.75	285	39.45	

Diferencia agregada; y el error medio en términos¹⁴

Dónde: ESP (%) Error estándar de la estimación como porcentaje; DA Diferencia agregada en porcentaje; Errm (ABS), el error de la media; c² chi-cuadrado calculado; X² tab chi cuadrado tabulados; Gl el grado de libertad de la muestra; 95% de probabilidad.

Como se puede observar la recesión necesita más estudios en el campo, además de su baja disponibilidad, que representa una alternativa de futuro¹⁴. Mientras, la RNAs tienen que ser factibles, ya que tiene una alta disponibilidad en áreas con alta producción⁴⁰. Además de los estudios regionales, con beneficios probados su adopción en el cultivo³⁷.

El análisis de los atributos de la materia orgánica del suelo, la capacidad de intercambio de cationes, la saturación de base y contenido de arcilla mediante la adopción de las redes neuronales artificiales permite la predicción del rendimiento del cultivo, para la toma de decisiones¹².

En tanto, se observó que, para sitios específicos de diferente manejo del suelo, la técnica de regresión múltiple tiene inferioridad en las estadísticas que miden la exactitud del modelo y tiende a sobreestimar clases⁴¹ de productividad más bajas, así como subestimar a las más grandes.

Tomando en cuenta que las predicciones matemáticas tienen errores de desviación en su propia naturaleza, otras técnicas analizan el problema de la toma de decisiones basados en tratamiento de imágenes mediante redes neuronales.

La incorporación de estadísticas y redes neuronales artificiales puede producir pronósticos altamente satisfactorios del rendimiento del trigo, así como de las consecuencias de la erosión de suelos en las zonas de cosechas⁴².

La evaluación de la erosión suele tomar mucho tiempo debido al trabajo de campo directo requerido en las áreas afectadas. Un solo evento de lluvia puede cambiar drásticamente el paisaje; por tanto, se requiere un método que permita tener resultados en poco tiempo⁴³.

Las coberturas del suelo mediante imágenes presentan diferentes reflectancias y los píxeles se podrían clasificar en puros y mixtos⁴⁴. Para medir el rendimiento de la técnica de clasificación de suelos por imágenes se utilizaron imágenes de zonas erosionadas mediante la delimitación de la fotografía con los datos de campo. Esto permite un conocimiento pleno de la fotografía en concordancia con la realidad. La red para la clasificación de la imagen es conocida como propagación hacia atrás⁴⁵ y se recomienda para la clasificación de patrones mediante la función de transferencia, en su salida de la red mediante la función

sigmoidea, que toma los valores de salida entre cero y uno⁴⁵.

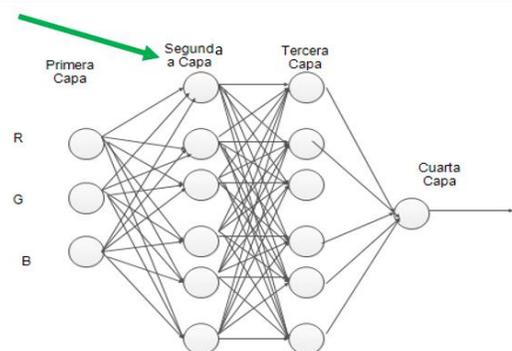
La topología de la red será de cuatro capas; la segunda y tercera capas con seis neuronas, y la cuarta con una (Figura 2).

Los datos de entrada en la primera capa son los valores que tiene un píxel en las bandas R (roja), V (verde) y A (azul), que son los tres colores principales de la composición de la luz (siglas en inglés RGB, de Red, Green, Blue), también conocido como color verdadero de una imagen.

La salida de la red es un vector de tres valores que fluctúan entre cero y uno. Valores de cero o menores de uno, al menos en un elemento del vector, significan que ese píxel no pertenece al patrón o píxel de finido como válido.

Si el valor de los tres elementos del vector es uno, entonces el píxel pertenece al patrón definido. Para que la red reconozca el patrón (píxel deseable) a ser clasificado, se entrena la red con los valores del píxel derivados de la RGB. El entrenamiento de una red neuronal es un proceso interactivo continuo hasta que un conjunto de pesos (valores) es establecido y permite a la red reproducir resultados correctos⁴⁶.

Figura 2. Topología para la red diseñada.

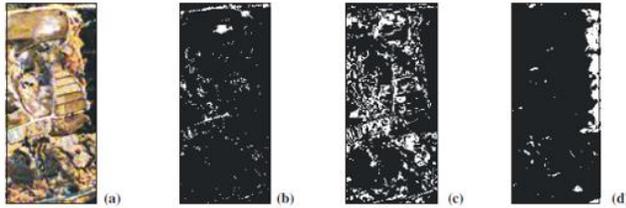


Elaboración propia.

Se digitalizó la imagen para el análisis, así, cada píxel es analizado y clasificado por la red. Con los resultados de la clasificación se crea una imagen binaria, derivada de la clasificación, la cual se forma al asignar un valor de

uno (área blanca en la imagen) si el pixel fue aceptado como semejante al patrón a clasificar; si fue rechazado se le asigna el valor de cero (área negra en la imagen) (Figura 3).

Figura 3. Imágenes binarias.



Tomado de (Crop Yield Forecasting Using Artificial Neural Networks, 2014).

Para evaluar los conflictos que se presentan entre las categorías clasificadas y lo real, se construyó la matriz de confusión, que permite conocer el índice Kappa y la fiabilidad de la clasificación. La muestra usada para construir la matriz de confusión se obtuvo con el método de muestreo de conglomerados.

El tamaño de la muestra fue de 271 píxeles que equivale al 1.3% de la imagen original. Se recomienda que el tamaño de muestra debe ser aproximadamente 1% del total de píxeles⁴⁷. En la matriz de confusión, la diagonal de la matriz expresa el número de puntos de verificación donde hay coincidencia entre las dos fuentes (píxeles clasificados y realidad), mientras que los marginales suponen errores de asignación. La relación entre el número de puntos correctamente asignados y el total expresa la fiabilidad global de píxeles clasificados.

Los residuales en las filas indican tipos de cubierta real que no se incluyó en la clasificación, mientras los residuales en columnas implican cubiertas (píxeles) que no se ajustan a la realidad: en definitiva, representan los errores de omisión y de comisión, respectivamente⁴⁷.

Respecto a la información de la matriz de confusión, el índice Kappa tiene un valor entre 0.724 y 0.782, que indica una concordancia substancial según Abaira⁴⁸; por lo tanto, la clasificación es mejor que la esperada por azar. La fiabilidad real es entre 75.24% y 84.76%,

considerada bastante fiable, la estimación más pesimista de la fiabilidad está muy cercana a 80%.

La tabla 4 muestra el resultado de la clasificación de suelos y la erosión de estos.

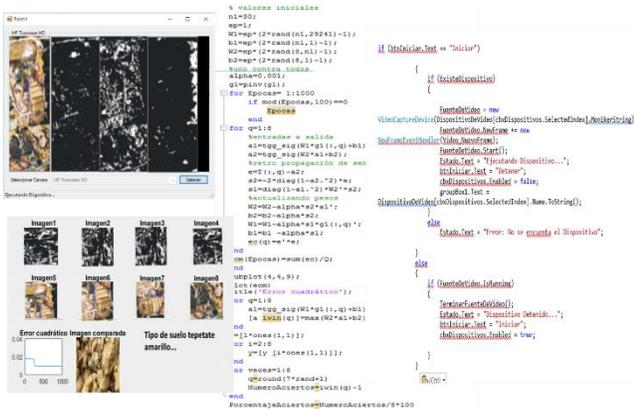
Tabla 4. Valores obtenidos.

Categorías	Valor medio de pixel			Tipo de píxeles	CME	Desempeño de la red
	R	V	A			
Tepetate blanco	255	255	255	Puro	2.4×10^{-12}	1 1 1
Tepetate amarillo	255	210	60	Mixto	3.2×10^{-12}	1 1 1
Árboles	0	65	4	Mixto	2.3×10^{-14}	1 1 1
Vegetación	65	140	135	Mixto	3.0×10^{-11}	1 1 1
Cárcavas < 20 cm	240	150	180	Mixto	6.7×10^{-12}	1 1 1
Cárcavas > 20 cm	40	200	60	Mixto	6.7×10^{-12}	1 1 1
Pedestales	157	115	58	Mixto	1.8×10^{-10}	1 1 1

Valores obtenidos por entrenamiento de la red tomado de (Crop Yield Forecasting Using Artificial Neural Networks, 2014).

La red neuronal empleada clasifica aceptablemente los píxeles puros de una imagen aérea, considerando el alto porcentaje de píxeles clasificados que representan tepetates blancos, árboles y vegetación. La codificación fue realizada en C#, mediante el cual fueron capturadas las imágenes con una Webcam y en comunicación con Matlab desarrollando en este último el algoritmo perceptrón (figura 4). Las clasificaciones son aceptables cuando los píxeles a clasificar tienen reflectancias contrastantes (tepetates blancos, vegetación y árboles). Las clasificaciones de píxeles que representan cárcavas, tepetates amarillos y pedestales no son aceptables porque las reflectancias son similares, esto fue comprobado en el algoritmo codificado realizando pruebas de ejecución del perceptrón.

Figura 4. Software y codificación perceptrón-webcam.



Se considera que la red neuronal realiza clasificaciones aceptables con pixeles puros pero su eficiencia disminuye con pixeles mixtos. La técnica de clasificación de suelos por erosión tiene un nivel aceptable, así como un buen desempeño en cuanto a tiempo de clasificación⁴⁹; de este modo, la toma de decisiones se ve beneficiada tomando en cuenta la importancia que cada suelo agrícola puede tener para la elección de las semillas a plantar. Como se puede observar, las técnicas de rendimiento en el caso de clasificación del suelo tienen factores adecuados para mejorar las operaciones de la agricultura, sin perder de vista que la operación óptima de este modelo está siendo mejorado continuamente por la investigación.

CONCLUSIONES

De los casos anteriormente estudiados de redes perceptrón y *backpropagation* para actividades de clasificación de suelos y productividad de granos, se puede observar con claridad que, en los últimos años, las redes neuronales artificiales han adquirido una poderosa capacidad y eficiencia de mapeo no lineal en la investigación de cultivos; en particular, las basadas en recursos de predicción de material para la toma de decisiones.

Al comparar los resultados que permiten a través de un modelo de referencia aplicado al campo y otros modelos tradicionales contra los obtenidos por métodos basados en redes y otros modelos no tradicionales: la agricultura de precisión, tecnologías de observación y de control están ganando terreno. De

esta manera, el análisis estadístico y la incorporación de la tecnología son opciones, cada vez más rentables, de gestión sobre el terreno agrícola que permiten compensar la demanda de producción que es requerida para satisfacer las necesidades de la población creciente en diversos países.

La implementación de dicha agricultura de precisión requiere de más desarrollos y modelos para la toma activa de decisiones más eficaces. Sin embargo, el desarrollo y la investigación tienen que estar orientados a la generación de modelos más que radicales para tener circunstancias propicias en la toma activa de decisiones, mediante los cuales la implementación de técnicas modernas que sustituyan a modelos que por décadas se han mantenido, y que mediante esta sustitución se generen los resultados de impacto en la producción agraria.

REFERENCIAS

1. OCDE. 2017. Estudios Económicos. OCDE : OCDE, 2017.
2. SEGOB. 2015. SEGOB. DATOS DE PROYECCIONES. [En línea] Gobierno de la Republica, 06 de 12 de 2015. [Citado el: 5 de 03 de 2017.] <http://www.conapo.gob.mx>.
3. OCDE. 2017. Perspectivas Agrícolas. México : OCDE editors, 2017. págs. 97-100. 23434-32.
4. DINSHAW, A., S. Fisher, H. McGray, N. Rai y J. Schaar. Evaluating Climate Change Adaptation. 2014. 12, s.l. : Wiley Periodical, 2014, documento de trabajo del medio ambiente de la OCDE , Vol. 34.
5. J. ARNO, A. Escola, J. Masip, and J. R. Rosell-Polo,. Influence of the Scanned Side of the Row in Terrestrial Laser Sensor Applications in Vineyards: Practical Consequences. 2014.. 89-3, New York : pringer Science+Business Media, 2014., Precis. Agric., Vol. 23, págs. 119–128. 1573-1618.
6. RENZI, C.,Leali, F.,Cavazzuti, M.,Andrisano, A. A review on artificial intelligence applications to the optimal design of dedicated and reconfigurable. 2014. 67-45, Tahoma : Adv Manuf Technol, 2014, International Journal of Advanced Manufacturing Technology. , Vol. 34, págs. 403-418. 0268-3768.
7. INTELL. Künstl. Special Issue on Artificial Intelligence in Agriculture. 2013. 78, Berlin : Springer-Verlag, 2013, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Vol. 43, págs. 309–311. 0933-1875.
8. GONZALO ASTRAY DOPAZO et. al .Artificial neural networks a promising tool to evaluate the authenticity of wine. 2015. 7, Braga : CyTA – Journal of Food, 2015, CyTA: Journal of food, Vol. 8, págs. 73-78. 1947-6337.
9. FIGUEROA ÁVILA, Javier Antonio Ballesteros Ricaurte. Identificación del estado de madurez de las frutas con redes neuronales artificiales, una revisión. 2016. 34, Tunja : Ciencia y Agricultura (Rev Cien Agri), 2016, Revista Ciencia y Agricultura, Vol. 23, págs. 117-132. 0122-8420.
10. SILVEIRA. Soil prediction using artificial neural networks and topographic attributes. Geoderma,. 2013. 2013, IEEE, págs. 192-197.
11. VALIENTE, Óscar. 2013. in Education: Current Practice, International Comparative Research Evidence and Policy Implications. Chicago : OCDE, 2013. págs. 44-52. 133-133234-33.
12. K, ANDRECUT M and Ali M. A Quantum Neural Network model. 2012.



- 2, Pensilvania : Springer US, 2012, International Journal of Modern Physics, Vol. 12, págs. 75-88. . 1573-1332.
13. SRINIVAN, A. Handbook of precision agriculture: principles and applications. 2013. 2013, pág. New York: CRC. 683p.
14. RODRIGUES, M. S., Corá, J. E., & Fernandes, C. Spatial relationships between soil attributes and corn yield in no-tillage System. 2014. 34, Texas : SciELO, 2014, Journal of soil science and plant nutrition, Vol. 1, págs. 367-379. 1806-9657.
15. J ULYETT, Ruben Sakrabani, Mark G. Kibblewhite, M Hann. Impact of biochar addition on water retention nitrification and carbon dioxide evolution from two sandy loam soils. 2014. 6, Brighton : British Society of Soil Science, 2014, European Journal of Soil Science, Vol. 45, págs. 96-104. 12081-28-258.
16. J. TAKAHASHI, T. Fukukawa, and T. Fukuda. Passive Alignment Principle for Robotic Assembly between a Ring and a Shaft with Extremely Narrow Clearance. 2015. 34, Nevada : IEEE, 2015, IEEE/ASME Trans. on Mechatronics, Vol. 78, págs. 201-220. 15786789.
17. CHENG, W., Zhou, J. J., and Wang, X. Design of Structured-light Vision System for Tomato Harvesting Robot. 2014.. 36, Beijing : Research Center of Intelligent Equipment for Agriculture, 2014., International Journal of Agricultural and Biological Engineering, Vol. 7, págs. 19–26., 1003-097.
18. CHEVET, Oliver Le Meur and Jean-Claude. Relevance of a Feed-Forward Model of Visual Attention for Goal-Oriented and Free-Viewing Tasks. 2012. 56, Sn : IEEE, 2012, IEEE Transactions On Image Processing, Vol. 7(12), págs. 2801–2813. 2052262.
19. DING JIALI, Peng Shizhang, Xu Junzeng. Calculation method for reference crop evapotranspiration based on temperature data. 2015. 92, Belgium : the American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2015, Journal of Hohai Natural Sciences,, Vols. 2013-26773, pág. 633 – 637. 1063-13031.
20. HAYKIN. 2014. Redes redes neuronales principios practicas. Portugal : Mc wikk, 2014. 1045-9227.
21. HELIO GARCIA LEITE, Daniel Henrique Breda Binoti. Estimation of inside-bark diameter and heartwood diameter for *Tectona grandis* Linn. 2012. 12, Cordoba : Springer, 2012, Eur J Forest Res, Vol. 56, págs. 34-39. 1612-4669.
22. BINOTI, D. H. B., Binoti, M. L. M. S., & Leite, H.G. ESTIMATION OF FUEL CONSUMPTION IN AGRICULTURAL MECHANIZED OPERATIONS USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS. 2016. 89, sao paulo : SciELO, 2016, Journal of the Brazilian Association of Agricultural , Vol. 15, págs. 236-147. 1809-4430.
23. RODRIGUES M, José E. Corá, Annamaria Castrignanò, Tom G. Mueller, and Eduardo Rienzi. A Spatial and Temporal Prediction Model of Corn Grain Yield as a Function of Soil Attributes. 2013. 2013, Agronomy Journal, págs. 1878-1887.
24. CASTRO, R. V. O., Soares, C. P. B., Leite, H. G., Souza, A. L. Artificial neural networks in whole-stand level modeling of Eucalyptus plants. 2017. 78, Abaiara : CienciaJournals, 2017, African Journal of Agricultural , Vol. 12(7), págs. 524-535. 1991-637X.
25. SILVA, Aldo A. V. da. Estimativa da produtividade de trigo. 2014. 3, SciELO : Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2014, Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Vol. 34, págs. 180–187. 1807-1929.
26. DINSHAW, A., S. Fisher, H. McGray, N. Rai y J. Schaar. Evaluating Climate Change Adaptation. 2014. 12, s.l.: wilwy Pweiodical, 2014, documento de trabajo del medio ambiente de la OCDE, Vol. 34.
27. CHEN XIAOQIAN, Luo Shibin, Wang Zhenguo. Research on preprocessing and postprocessing of the application of BP neural network. 2012. 25, Changsha : Systems Engineering-theory & Practice, 2012, Journal Systems Engineering, Vol. 16, pág. 65 – 70. 1-4244-0604-8.
28. K. HANAWA, T. Yamashita, and Y. Matsuo. Development of a Stereo Vision System to Assist the Operation of Agricultural Tractors. 2012.. 98, Hokkaido : National Agriculture food, 2012., JARQ-JAPAN Agric. Res., Vol. 55, págs. 287–293. 78549-655-585.
29. CHEEIN, F. A. A. and Carelli, R. Agricultural Robotics: Unmanned Robotic Service Units in Agricultural Tasks. 2013.. 21, San Juan : IEEE, 2013., IEEE Industrial Electronics , Vol. 7, págs. Vol. 7, No. 3, pp. 48–58. 1376-9805.
30. KITANO., Hiroaki. Designing Neural Networks Using Genetic Algorithms with Graph Generation System. 2013. 45, Tokyo : Complex Systems, 2013, Complex Systems Journal, Vol. 34, págs. 461–476. CMU-CS-90-100.
31. MIIKKULAINEN., Kenneth O. Stanley and Risto. Competitive coevolution through evolutionary complexification. 2012. 345-56, Texas : Journal of Artificial Intelligence Research, 2012, Journal of Artificial Intelligence Research, Vol. 23, págs. 63–100. 33303–314..
32. MOLLER, J. Computer Vision– A Versatile Technology in Automation of Agricultural Machinery. 2013. 34, Alemania : Bologna, EIMA International,, 2013, Journal of Agricultural Engineering, Vol. 7, págs. 28–36. 13-142010.
33. LIU BINGJUN, Shao Dongguo, Shen Xinping. Reference crop evapotranspiration forecasting model for BP neural networks based on wavelet transform. 2013. 7-5g, Guangzhou : IEEE, 2013, Engineering Journal of Wuhan, Vol. 34, pág. 69 – 73. 5102-2575.
34. N. MOHRI, N. Saito. Some Effects of Ultrasonic Vibration on the Inserting Operation. 2014. 345-d, Nagoya : Toyota Technological Institute,, 2014, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 34, págs. 225– 230. 22259-25-486.
35. JIABING, Liu Yu, Lei Tingwu. Daily reference evapotranspiration estimation from weather forecast messages. CAI 2014. 23, Taijin : Agricultural and Forest Meteorology, 2014, Journal Agricultural Engineering, Vol. 14, pág. 108 – 111. . 1573-1650.
36. ODHIAMBO L O, Yoder R E, Yoder D C., Optimization of fuzzy evapotranspiration model through neural training with input-output. 2015. 23, Nebraska : DigitalCommons, 2015, Trans ASAE , Vol. 45, pág. 1625 – 1633. 0001–2351.
37. CHEN CHONG, Kelin hu, Tusheng Ren. Estimation of Soil Clay Content using Hygroscopic Water Content at an Arbitrary Humidity. 2013. 65, Beijing : Soil Science Society of America, 2013, Soil Science Society of America Journal, Vol. 78. 3006-0247.
38. S. SAKAI, K. Osuka, T. Maekawa, and M. Umeda. Robust Control Systems of a Heavy Material Handling Agricultural Robot: A Case Study for Initial Cost Problem. 2015. 2, Oregon : IEEE, 2015, IEEE Trans. Control Syst. Technol, Vol. 56, págs. 1038–1048. 1063-6536.
39. STUGES, R. H. A Three-Dimensional Assembly Task Quantification with Application to Machine Dexterity,. 2014.. 2, Springfield : IEEE, 2014., International Journal of Robotics Research, Vol. 34, págs. 34– 78. 649880-070-0403.
40. TRAJKOVIC S, Todorovic B, Stankovic M. Forecasting of reference evapotranspiration by artificial neural networks. 2012. 3, Tarjet : IEEE, 2012, Journal of Irrig Drain, Vol. 34, pág. 454 – 457.
41. SILVA, Aldo A.V. da. Estimativa de produtividade de trigo. 2014 3, SciELO: Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2014, Vol. 34, págs. 180-187. 1807-1929.
42. XUE, William W. Guo and Heru. Crop Yield Forecasting Using Artificial Neural Networks. 2014. 2, San Francisco : Cheng Hung, 2014, Hindawi Publishing Corporation, Vol. 34, págs. 30-37. 8578-6665.
43. A. Trueba-Espinosa, José L. Oropeza-Mota, Carlos A. Ortiz-Solorio, Antonio Martínez-Alcántara y Gabriel Ruelas-Ángeles. IDENTIFICACIÓN DE ZONAS EROSIONADAS MEDIANTE EL TRATAMIENTO DE IMÁGENES DIGITALES CON UNA RED NEURONAL. 2014. 34, México : Journal de Ciencia e ingeniería, 2014, AGROCIENCIA, Vol. 3, págs. 573-581. 1405-3195.
44. Artificial Neural Network for Classification and Analysis of Degraded Soils. A. Bonini Neto, C. S. B. Bonini, B. S. Bisi, L. F. S. Coletta AND A. R. dos Reis. 2017. New Jersey : Reserach Gate, 2017, IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS, Vol. 5, págs. 503-509.
45. S. CHATTERJEE, S. Nigam, J. B. Singh, Lakshmi N. Upadhyaya. Software fault prediction using Nonlinear Autoregressive with eXogenous Inputs (NARX) network. 2012. 1, Columbia : Springer Science+Business



- Media, 2012, Applied Intelligence, Vol. 17, págs. 80-86. 0924-669X.
46. EDEN BOJ ORQUEZ, Juan Bojorquez, Sonia E. Ruiz, and Alfredo Reyes-Salazar. Prediction of inelastic response spectra using artificial neural. 2012. 12, s.l. : Hindawi Publishing Corporation, 2012, Hindawi Publishing Corporation, Vol. 2012, págs. 101-106. 383-404.
47. ELIASMITH, C. y Anderson, C. H. 2013. Neural engineering: Computation, representation, and dynamics in neurobiological systems. 56, Chicago : IEEE, 2013, MIT Press, Cambridge, MA., Vol. 67, págs. 125-129. 0-262-05071-4.
48. ABRAIRA. El Índice Kappa. Unidad de Bioestadística Clínica. 2014. 89, Montreal : sf, 2014, SEMERGEN, Vol. 12, págs. 128-130.
49. L, HELIO G, y otros. Estimation of inside-bark diameter and heartwood diameter for *Tectona grandis* Linn. trees using artificial neural networks. 2014. 2014, Eur J Forest Res, págs. 90-94.

- **Fecha de recepción:** 30/06/2017
- **Fecha de aceptación:** 26/10/2017
- **Fecha de publicación:** 31/01/2018
- Año 5, Número 2. Enero - abril, 2018.
- **Autor:**
 - Eduardo Berra Villaseñor



LA IMPORTANCIA DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO EN EL DESARROLLO DE PROYECTOS MULTIDISCIPLINARIOS

Por: Gricelda Rodríguez Robledo, Alma Lilia González Áspera, Leticia Rubicela Rodríguez Ruiz.

RESUMEN

Sin lugar a dudas, el desarrollo de proyectos multidisciplinarios en la educación superior en general y en el subsistema de Universidades Tecnológicas y politécnicas en particular, es la antesala del escenario que los egresados enfrentarán una vez insertos en el campo laboral, pues es un hecho que la transversalidad se encuentra presente en todas y cada una de las diferentes disciplinas. "Mapping-Gastronómico" es un proyecto llevado a cabo con la mancuerna de las carreras de Tecnologías de la Información y Comunicación y Gastronomía, consistente en la elaboración de productos de Mapping de corte cultural y gastronómico por los alumnos de la Universidad Tecnológica de Morelia que cursan la carrera de Tecnologías de la Información y Comunicación, área Multimedia y Comercio Electrónico, siendo uno de los elementos principales el aprendizaje significativo por parte de los alumnos, al evocar saberes aprendidos previamente y plasmarlos en la construcción del producto final.

Palabras clave: Mapping, aprendizaje significativo, proyecto multidisciplinario.

ABSTRACT

Undoubtedly, the development of multidisciplinary projects in higher education in general, and in the subsystem of Technological and Polytechnic Universities in particular, is the prelude to the scenario that the graduates will face once they are inserted in their jobs, since the transversality is present in each and every one of the different disciplines. "Gastronomic- Mapping" is a project carried out with the collaboration of the Information and Communication and Gastronomy careers, consisting in the elaboration of Mapping

products within cultural and gastronomic fields by the students that hold a degree in Information and Communication Technologies within the area of Multimedia and Electronic Commerce in the Technological University of Morelia. One of the main elements for the students is the meaningful learning, when evoking previously learned knowledge and translating it into the construction of the final product.

Key words: Mapping, meaningful learning, multidisciplinary project.

INTRODUCCIÓN

Para todo organismo internacional, las exigencias del siglo XXI y de un mundo globalizado demandan el desarrollo de competencias y habilidades acordes a las necesidades del sector productivo, esto a través del seguimiento a los programas de estudios en la educación a nivel superior, que permitan la formación de recursos humanos competitivos y capaces de atender a las demandas que exige del mundo laboral, siendo de vital importancia promover y desarrollar el gusto por la lectura, "Un cerebro activo no sólo realiza mejor sus funciones, sino que incrementa la rapidez de la respuesta. Mientras leemos, obligamos a nuestro cerebro a pensar, a ordenar ideas, a interrelacionar conceptos, a ejercitar la memoria y a imaginar, lo que permite mejorar nuestra capacidad intelectual estimulando nuestras neuronas"¹. Este argumento permite afirmar que la lectura es indudablemente una puerta al conocimiento, imaginación, innovación y creatividad que fomenta el pensamiento crítico requerido en el ámbito laboral.

El promover el hábito de la lectura de libros científicos por parte de los alumnos es fundamental en el nivel universitario, ya que como menciona Flores "la lectura en todos los niveles académicos es necesaria para el óptimo aprovechamiento de los alumnos, así como para el mejoramiento de su



desempeño intelectual y cognitivo en todos los aspectos de la vida"². Estos argumentos permiten afirmar la importancia que la lectura científica tiene en su formación académica, permitiendo adquirir nuevos conocimientos sobre aspectos que aplicarán al área de su especialidad de Multimedia y Comercio Electrónico en la carrera de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) de la Universidad Tecnológica de Morelia (UTM), en la que el modelo educativo observa un 70% práctica y un 30% teoría, divididas en las áreas de conocimiento de Ciencias Básicas Aplicadas, Formación Tecnológica, Lenguas y Métodos y Habilidades Gerenciales, en la que se ha diagnosticado que los estudiantes no conceptualizan de forma clara la relación entre las asignaturas de su especialidad con conceptos de la física, siendo estas las que sirven como conocimientos previos necesarios, que sustentan otras asignaturas, por lo que es necesario encontrar estrategias que generen un aprendizaje significativo y la recuperación de saberes previos que generen un andamiaje con los nuevos saberes³, permitiendo con ello el impulso de proyectos de carácter multidisciplinar. A su vez, David Ausubel, precursor de la Teoría del Aprendizaje Significativo aseveraba que los educandos contaban con una serie de experiencias y conocimientos que afectaban su aprendizaje y podían ser aprovechados para su beneficio y resumía este hecho en el epígrafe de su obra de la siguiente manera: "Si tuviese que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, enunciaría este: El factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averíguese esto y enséñese consecuentemente"⁴.

Mediante el proyecto denominado "Desarrollo de Mapping-Gastronómico y su Relación con la Ciencia, la Cultura y las TIC", efectuado durante el cuatrimestre Enero-Abril 2016, se buscó beneficiar a alumnos de la Universidad Tecnológica de Morelia que cursan la carrera de TIC al elaborar productos de Mapping, que consisten según Oiz en proyecciones monumentales conocidas por el manejo de la luz de forma artística, que se proyectan sobre arquitectura, cuerpo humano, alimentos, o cualquier otra superficie de proyección, concepto utilizado en este proyecto con fines culturales y gastronómicos, basados en teorías científicas, adoptando una nueva estrategia de

desarrollo de productos con transferencia de tecnología ampliando su visión al recordar las ciencias exactas; y dejarles aprendizajes significativos de diversos tipos: científicos, al retomar y comprobar conceptos teóricos de la física; culturales, al conformar una producción audiovisual con contenidos de cultura michoacana que tuvo que investigar; de innovación y transferencia de tecnología, al implementar su práctica a áreas como la gastronomía y de trabajo en equipo y relaciones interpersonales, al organizarse socialmente en equipos para lograr el objetivo⁵.

La finalidad de esta estrategia fue observar como el alumno por medio de las lecturas realizadas, recuperó conocimientos previos sobre la teoría de la física en la rama de la óptica; valorando la importancia de estos conceptos tales como: características de la luz, reflexión y refracción de la luz, tipos de objetos que la reflejan y absorben, el color, polarización y deformación de la luz. Para posteriormente aplicarlos a proyectos de su especialidad, generando un aprendizaje significativo por medio de la vinculación de la ciencia y la práctica.

Fue así como durante el periodo Enero-Abril 2016 en la asignatura de Animación 3D y Multimedia de la carrera de TIC, se fomentó la lectura de la bibliografía titulada "*La Luz*" de Ana María Cetto⁶, "*La Óptica Tradicional y Moderna*" de Daniel Malacara⁷ y "*El Laser*" de Vicente Aboites⁸, las cuales tuvieron en un inicio la finalidad de recordar y reafirmar "*conocimientos científicos previos*" generados en los niveles de estudio anteriores al actual, tales como: la teoría de la física y la óptica, que siendo aplicada a proyectos de su especialidad le permitieron sustentar y verificar su razón de ser a través de la práctica en un proyecto integrador.

OJETIVO

Objetivo Evidenciar como aprendizajes previos como la lectura científica facilitan la comprensión de conceptos de la física en su rama de la óptica aplicables al desarrollo de proyectos integradores y multidisciplinarios de la especialidad en Multimedia.



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Ante las tecnologías emergentes, las instituciones educativas de nivel superior deben realizar esfuerzos para el fomento de la *aplicación de la ciencia y la tecnología unidos a la especialidad, siendo necesario que los alumnos comprendan la importancia de la aplicación práctica de la ciencia, ya que es esta la que permite sustentar y comprobar que los conocimientos genéricos adquiridos en niveles educativos previos sirven de andamiaje para la creación de nuevos conocimientos*. El modelo de las UTyP privilegia el desarrollo de las habilidades prácticas, sin profundizar en el sustento teórico, pero ¿Será acaso que es momento de olvidar la teoría y empezar desde cero?

Esta reflexión nos conduce a pensar que la ciencia no es efímera, siendo necesario continuar en la búsqueda de desarrollar la práctica a partir de la teoría y de la comprobación de sus supuestos por medio de su aplicación en actividades del alumno de cualquier carrera, por tecnológica o no que esta sea.

MÉTODO DE TRABAJO

El plan de proyecto de Mapping-Gastronómico y su relación con la ciencia, la cultura y las TIC se conformó por una serie de fases y actividades (ver tabla 1) que surgieron a partir de la necesidad de experimentar la creación de proyectos multidisciplinarios en los que se aplicara la especialidad del alumno, confrontándolo a situaciones reales que pueden vivir en el proceso de estadía o en el sector laboral, siendo el aprendizaje basado en proyectos, un modelo de corte constructivista en donde los estudiantes planean, implementan y evalúan proyectos del mundo real⁹.

Tabla 1. Fases del proyecto de Mapping-gastronómico y su relación con la ciencia, la cultura y las TIC. (Fuente: propia)

A) Estrategia de identificación de saberes previos

1. Elaboración de planeación didáctica y revisión de material bibliográfico
2. Generación de cuestionario de diagnóstico de conocimientos previos
3. Aplicación del cuestionario de diagnóstico vía formulario de Google Drive
4. Análisis de resultados de saberes previos
5. Aplicación de estrategias de lectura de la bibliografía
6. Elaboración de ensayos por parte del alumno
7. Sesión de discusión sobre aspectos abordados en las lecturas
8. Actividad de identificación del uso práctico de los conceptos teóricos aprendidos en aplicables a su proyecto de Mapping por parte del alumno
9. Definición de instrumentos para la valoración del aprendizaje adquirido

B) Desarrollo del proyecto de especialidad

1. Reunión con docentes de la Carrera de Gastronomía y TIC, para la definición del contenido temático a ser proyectado en las mesas de alimentos
2. Conformación de equipos de trabajo para el desarrollo del tema asignado
3. Investigación documental y audiovisual del tema asignado por equipo
4. Diseño y fabricación de la estructura de pantalla reflejante a emplear en la proyección
5. Desarrollo de contenidos multimedia en base a las dimensiones y forma de la pantalla reflejante.
6. Definición de la logística a desarrollar para la proyección del Mapping en el evento FEMAG (Festival de Mapping Gastronómico)
 1. Especificación del orden de proyecciones
 2. Consideración del espacio físico
 3. Condiciones de iluminación y su control
 4. Ubicación de los equipos y pantallas de proyección
 5. Ubicación de los espectadores y área de desplazamiento
 6. Selección del menú de alimentos y bebidas a ofrecer en el evento
7. Realización de pruebas de proyección previas al evento.

C) Realización del evento FEMAG

1. Instalación de equipamiento de proyección, cómputo y pirotecnia
2. Instalación de las pantallas de proyección
3. Ejecución sistematizada de las proyecciones de Mapping con pirotecnia
4. Degustación de platillos típicos elaborados por el alumnado de gastronomía

D) Consolidación de conocimientos

1. Realización del cuestionario de diagnóstico conocimientos previos para evidenciar el nuevo conocimiento adquirido
2. Análisis de los resultados obtenidos del cuestionario de diagnóstico, así como de los instrumentos de recolección de información (rubrica y lista de cotejo) por parte del docente
3. Generación de propuesta de estrategia didáctica a la academia en base a los resultados obtenidos.



A) Fase de estrategia de identificación de saberes previos

Durante esta fase, en la actividad de la planeación didáctica se efectuó la revisión bibliográfica de los libros: Óptica Tradicional y Moderna, La luz y El Laser, así mismo se efectuó la aplicación del cuestionario de diagnóstico de saberes previos, consistente en 13 preguntas, elaborado en la herramienta de Formularios de Google Drive a 21 alumnos (ver figura 1), en la que los resultados permitieron observar el nivel de recuperación de saberes previos (ver figura 2), los cuales reflejaron un bajo conocimiento de los aspectos a abordar en la mitad del grupo.

PREGUNTAS RESPUESTAS 21

Este formulario recopila las direcciones de correo electrónico. [Cambiar configuración](#)

Nombre Apellido Paterno Apellido Materno *

Texto de respuesta corta

¿Que es la Luz?

Energía electromagnética

Partículas que viajan por el aire indefinidamente

Efecto foto eléctrico

Ninguna de las anteriores

La luz es emitida en

Forma de onda

Línea recta y en todas direcciones

Línea recta hasta chocar con un objeto.

Ninguna de las anteriores

Se le llama _____ a las partículas de luz que viajan y son reflejadas por objetos

Reflexión

Refracción

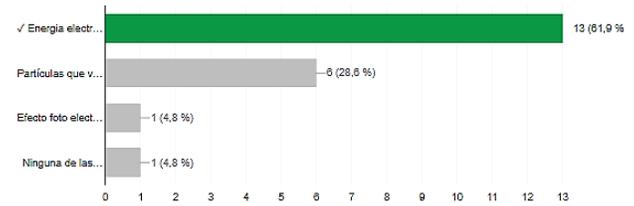
Dispersión

Ninguna de las anteriores

Figura 1. Formulario de Google Drive para determinar saberes previos, aplicado a alumnos. (Fuente: propia)

¿Que es la Luz?

13 de 21 respuestas correctas



Medida de potencia luminosa de foco que percibe el ojo humano

5 de 21 respuestas correctas

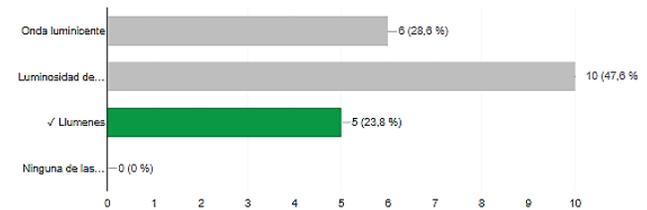


Figura 2. Resultados de saberes previos. (Fuente: propia)

Asimismo, se definieron los instrumentos para la valoración del aprendizaje adquirido a través de la generación de una rúbrica de evaluación como se muestra en la Tabla 2 y lista de cotejo de cotejo de la Tabla 3.

Tabla 2. Rubrica de evaluación de proyecto. (Fuente: propia)

Evidencias de aprendizaje	Indicadores de desempeño			
	Excelente	Bien	Regular	Deficiente
Instaló correctamente equipamiento de proyección	Realizó la revisión de componentes de equipo de proyección, ubico a distancia correcta el equipo, conectó correctamente el equipo, verifíco que el área de proyección fuera la correcta	Realizó la revisión de componentes de equipo de proyección, conectó correctamente el equipo, verifíco que el área de proyección fuera la correcta	Realizó la revisión de componentes de equipo de proyección, conectó correctamente el equipo.	Realizó la revisión de componentes de equipo de proyección,
Realizó pruebas de testeó del proyecto	Asistió a la sesión de pruebas, montó correctamente la pantalla de proyección y proyectó animaciones en el área apropiada.	Asistió a la sesión de pruebas, instalo y probó la proyección	Asistió a la sesión e pruebas sin participación activa	No asistió a la sesión de pruebas
Ejecutó correctamente el Proyecto de mapping (audio/video)	Alinea perfectamente la proyección de mappig y Envío la proyección de salida con todos sus componentes, audio, pirotecna y video.	Alinea perfectamente la proyección de mappig y Envío la proyección de salida	Alineo perfectamente la proyección de mappig	No Alineo perfectamente la proyección de mappig ni logro la proyección correcta.



Los contenidos audiovisuales fueron de calidad y apropiados	Las animaciones videos, imágenes y audios fueron los apropiados al tema asignado y al público destinado y todos funcionaron de manera integrada.	Las animaciones videos, imágenes y audios fueron los apropiados al tema asignado y al público destinado	Las animaciones videos, imágenes y audios fueron los apropiados	Las animaciones videos, imágenes y audios fueron proyectados sin cuidar contenidos y publico destino
	30 puntos	20 puntos	10 puntos	5 puntos

Tabla 3. Lista de cotejo de cumplimiento de aspectos solicitados en el proyecto. (Fuente: propia)

Aspecto a evaluar:	Si	No
1 Aplicó correctamente la teoría de la luz al proyecto presentado		
2 Empleo de imágenes y audiovisuales apropiadas a la temática tratada		
3 Se realizó correctamente la proyección de mapping del proyecto		
4 Seleccione correctamente la pista de audio.		
5 Realizó la entrega del proyecto en tiempo y forma		
6 Evidencio el dominio de la teoría tratada y su aplicación al proyecto.		
7 Evidencio un buen trabajo en equipo.		
8 Se incluye el nombre del producto, autor, asignatura, docente y año en la caratula		
9 La portada es acorde al objetivo del producto		
10 La portada es acorde al nivel educativo al que se dirige		
11 Las imágenes se ven pixeladas		
12 Se tiene buen contraste entre fondos y letras		
13 Los textos son legibles y de buen tamaño		

Como resultado de las últimas actividades de esta etapa, el alumno reflexionó sobre la importancia de los conocimientos adquiridos por lo que, toda vez que se identificaron los conceptos teóricos el alumno realizó la interpretación de estos, haciendo analogías al área tecnológica, siendo analizados desde la perspectiva del uso de sus equipos tecnológicos utilizados para el proyecto integrador, como: su cámara fotográfica, cámara de video y proyector, conformando así la experiencia de aplicación hacia el proyecto objetivo.

B) Fase de desarrollo del proyecto de especialidad

Derivado de las reuniones con docentes de la Carrera de Gastronomía y TIC, se acordó la temática de contenidos del Mapping, delimitando las proyecciones sobre formas definidas, logrando que el reflejo de luz fuese proyectado en algunas áreas y posiciones y en otras no, obteniendo así lo que se le llama mapeo;

asimismo se desarrolló por equipos el diseño y fabricación de las 3 estructuras de pantalla reflejantes de las temáticas: Morelia, Bellas Artes y Pueblos mágicos. Se realizó la investigación documental y audiovisual requerida para la creación de los contenidos del Mapping en la que el alumno estudió la superposición de fuentes de color o adición de color considerando los aspectos ambientales tales como las luces robóticas y la temperatura nocturna, factores que les permitió generar una paleta de color apropiada para su desarrollo en el software After Effects y Kuler de Adobe y Maya 3D. Por último, en esta etapa, se definió la logística y realización de pruebas nocturnas a desarrollar para la proyección en el evento FEMAG. Estas actividades fueron validadas a través de la observación de los elementos que integraron la lista de cotejo y la rúbrica de evaluación por parte de los docentes.



Figura 3. Pruebas en mesa de proyección. (Fuente: propia)

C) Fase de realización del evento FEMAG

En esta fase se instalaron dos equipos de proyección uno de 6000 y de 7000 lúmenes (Unidad para medir el flujo de luz de un equipo proyector) ambos de la marca BenQ, uno de lente no angular y otro de lente de largo alcance denominado "gran angular". En base a lo estudiado en las fuentes documentales, el alumno pudo determinar en base a las fórmulas vistas, la distancia de proyección en la que tenía que colocar los equipos, tomando en consideración también las características del lente del proyector (foco, profundidad y forma) que permiten obtener diversas perspectivas de la imagen; comprobando el resultado obtenido en el Factor de Proyección durante las pruebas de proyección

nocturnas que se realizaron días previos al evento de Mapping Gastronómico. Para dar mayor énfasis a algunos momentos importantes de la proyección audiovisual, se insertó pirotecnia fría activada a distancia, empleando un total de 70 cartuchos, siendo este un completo de alto impacto para el espectador (ver figura 4).



Figura 4. Desarrollo del evento de Mapping Gastronómico en la UTM. (Fuente: propia)

D) Fase de consolidación de conocimientos

En esta última etapa, se buscó indagar la consolidación de los nuevos aprendizajes adquiridos a partir de las estrategias implementadas para este fin. Se logró aumentar el indicador de conocimientos técnicos abordados en el instrumento del cuestionario de diagnóstico, en la figura 5 se muestra la comparativa entre los conocimientos previos y en la figura 6, los resultados de los nuevos conocimientos adquiridos.

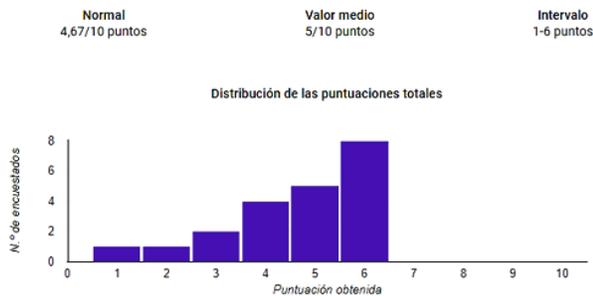


Figura 5. Distribución de las puntuaciones obtenidas en el cuestionario de diagnóstico. (Fuente: propia)

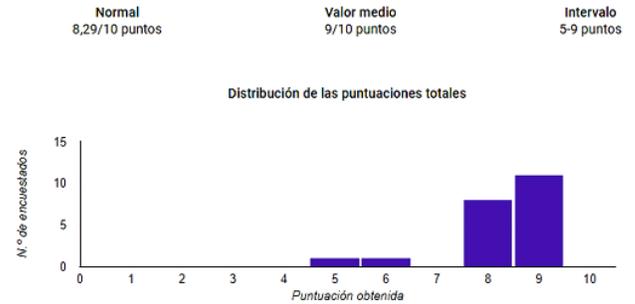


Figura 6. Distribución de las puntuaciones obtenidas en el cuestionario de consolidación de saberes previos. (Fuente: propia)

Asimismo, los resultados arrojados por los indicadores de la lista de cotejo y la rúbrica de evaluación permitieron determinar que el andamiaje de los conocimientos previos y los nuevos saberes fueron consolidados al demostrar su correcta aplicación. Siendo un elemento que permitió evidenciar el desarrollo de las nuevas habilidades generadas por los alumnos tras la experiencia de ejecución de un proyecto desde su concepción hasta su conclusión.

Finalizando esta etapa con la presentación de la propuesta a la academia de Tecnologías de la Información y Comunicación como estrategia didáctica a considerar para futuros proyectos multidisciplinarios.

Esta estrategia educativa permitió articular en un proyecto integrador varias materias y temas de especialidad, en las que se generó producción audiovisual para Mapping que fueron presentados en el evento denominado “Primer festival de Mapping Gastronómico 2016” (FEMAG), en donde la base fundamental, fueron las proyecciones monumentales conocidas como Video-Mapping que es el manejo de la luz con fines artísticos, presentadas sobre mesas de alimentos típicos de la región de Michoacán, cumpliendo con los 4 ejes fundamentales que sustentan el modelo educativo de las Universidades Tecnológicas que son: Saber, Hacer, Ser e Innovar³.

Recordar la teoría básica de muchos años por parte del alumno equivale para él volver a conceptos que considera obsoletos de los cuales no encuentra aplicación real ni relación con su especialidad, en el que la lectura de los libros, las dinámicas de discusión en clase y la elaboración de ensayos, en los que el alumno



reafirmo los conocimientos teóricos aplicables a su proyecto fueron las actividades que permitieron integrar diversas áreas del conocimiento y las ciencias, identificando con ello el valor de la ciencia aplicada su carrera.

CONCLUSIONES

En la experiencia de este ejercicio se conceptualizó un elemento básico del arte visual, “la luz” como un elemento de proyección que concluye en proyecto con una producción audiovisual elaborada por el alumno de la especialidad de TIC, guiando su desarrollo muy de cerca por parte del docente, comprobando por medio de la implementación del proyecto que el alumno comprendió la teoría de la luz y la óptica desde la perspectiva aplicada, utilizando el conocimiento acumulado a lo largo de los años.

Gracias a la tecnología y recursos existentes hoy día, la creación de vídeo y efectos digitales se crean todo tipo de realidades, el Mapping es uno de ellos, y la teoría de la física permitió al alumno aclarar aquellos procesos que no sabe por qué funcionan al desconocer su fondo y sustento científico.

Con el desarrollo de este proyecto, se buscó beneficiar a alumnos de la Universidad Tecnológica de Morelia que cursan la carrera de TIC al elaborar productos de mapping, de corte cultural y gastronómico, basados en teorías científicas, adoptando una nueva estrategia de desarrollo de productos con transferencia de tecnología ampliando su visión al recordar las ciencias exactas; y dejarles aprendizajes significativos de diversos tipos: científicos, al retomar y comprobar conceptos teóricos de la física; culturales, al conformar una producción audiovisual con contenidos de cultura michoacana que tuvo que investigar; de innovación y transferencia de tecnología, al implementar su práctica a áreas como la gastronomía y de trabajo en equipo y relaciones interpersonales, al organizarse socialmente en equipos para lograr el objetivo.

El evento de presentación de los proyectos denominado FEMAG, se llevó a cabo con mucho éxito, con la presencia de 300 personas, que apreciaron las

proyecciones de Mapping resultado de los proyectos sobre mesas gastronómicas. Para el alumno fue una experiencia de comprensión y entendimiento de la ciencia hacia su carrera.

Al ser el Mapping una técnica de proyección de luz sobre superficies se confirman las conclusiones expuestas por Cetto⁶, en las que menciona “que es la materia la que refleja la luz, la refracta, la dispersa, la desvía, la polariza y absorbe; si no interfiriera la materia, la luz viajaría sin ser perturbada en la mismas dirección y a la misma velocidad, sin la materia sería invisible es decir en el vacío no se ve por el ojo humano” ; Si bien Cetto menciona que todas estas teorías han sido comprobadas por varios científicos, son de carácter provisional ya que la experiencia nos ha mostrado que no hay teoría 100% confirmada; solo se van consolidando y comprobando, como lo hicieron los alumnos participantes en el proyecto, siendo las TICS, una manera de proponer nuevos supuestos teóricos por medio de la experimentación y el mundo de proyección digital que se está viviendo⁷.

La transversalidad de este proyecto permitió al alumno valorar la aplicación de las tecnologías de la información en diversos ámbitos, y que conceptualizando de manera creativa su trabajo puede hacer producción audiovisual para diversas especialidades.

REFERENCIAS

1. SEN. Estudio de Conducta y Demencias de la Sociedad Española de Neurología [en línea] 2016. [fecha de consulta 15 de junio de 2017]. Disponible en: http://demencias.sen.es/wp-content/uploads/2013/02/otros_sintomas.pdf
2. FLORES, David. La importancia e impacto de la lectura, redacción y pensamiento crítico en la educación superior. Zona prox 2016, n.24, pp.128-135. ISSN 2145-9444. [en línea] 2017. [fecha de consulta 15 de junio de 2017]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.14482/zp.22.5832>.
3. ROMERO, Miguel Et Al. Universidades Tecnológicas Mexicanas ante el cambio de nivel 5B al 5º. México: SEP 2010. [En línea] 2010. [fecha de consulta 20 de junio de 2017]. Disponible en: <http://www.eumed.net/rev/ced/06/gmca.htm>.
4. AUSUBEL, David. (1969). Adquisición y Retención del Conocimiento, una Perspectiva Cognitiva. 4ª. Ed. Barcelona: Ed. Paidós.1996.185 p. ISBN: 8449312345.



5. OIZ,Iker. (2015), "Mapping, luz y sonido, espacio y percepción", Universidad Politécnica de Valencia, España. [En línea] 2017. [fecha de consulta 18 de junio de 2017]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10251/35050>.
 6. CETTO, Rosa María. La luz. Tercera edición. México: Fondo de Cultura Económica, 2000.132 p. ISBN: 9789681668457
 7. MALACARA, Daniel. Óptica Tradicional y Moderna. 2ª Ed. México: Fondo de Cultura Económica, 1997.126 p. ISBN: 9789681666187. 8. ABOITES, Vicente. El Laser. 2ª Ed. México: Fondo de Cultura Económica, 2003. 96 p.
 8. BLANK, William. Authentic instruction. In W.E. Blank & S. Harwell. 3rd. Edition. Tampa, FL: University of South Florida. 1997. 15–21p.p. ISBN: 9789681669386.
- **Fecha de recepción:** 06/10/2017
 - **Fecha de aceptación:** 22/01/2018
 - **Fecha de publicación:** 31/01/2018
 - Año 5, Número 2. Enero - abril, 2018.
 - **Autores:**
 - Gricelda Rodríguez Robledo
 - Alma Lilia González Áspera
 - Leticia Rubicela Rodríguez Ruiz



DMAIC COMO ESTRATEGIA PARA CONTROL DE DUREZA EN LA FABRICACIÓN DE GALLETAS

Por: Mónica Pérez Castañeda, Lizbeth Patricia León Salazar.

RESUMEN

En el presente artículo se muestran los resultados obtenidos al aplicar la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) para el control del parámetro de dureza en el proceso de fabricación de galletas en una mediana empresa. Aplicando la metodología en la fase de diagnóstico fue posible establecer que la variación de este parámetro estaba relacionada con la cantidad y tipo de proveedor de aditivos agregados a la mezcla. Se realizó una prueba piloto comparando dos aditivos en igual cantidad de diferente proveedor y a partir de los resultados se seleccionó la mezcla que permitió mantener el parámetro dentro de los límites de calidad permitidos. El desarrollo de esta metodología permitió resolver en etapas, un problema general; por lo que podrá ser replicada en otras áreas de este o diferente sector.

Palabras clave: DMAIC, Dureza, Estandarización, Parámetro de control, Especificación de calidad.

ABSTRACT

This article shows the results from applying the DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control) methodology to control the hardness parameter of cookie production process in a medium-sized enterprise. Applying this methodology to the diagnostic phase allowed the establishment of the parameter variation which is related to the amount and provider of the mixture additive. A pilot test was carried out which compared two additives from different providers with the same amount; from the results, the mixture was chosen that kept the parameters of the quality standards. The development of this methodology allowed separating the general issue so it could be

gradually solved and into phase. The appliance of this methodology can be replicated in other areas from the same or different field.

Key words: DMAIC, Hardness, standardization, control parameter, quality specification.

INTRODUCCIÓN

En años recientes, las empresas han empezado a utilizar numerosas herramientas como estrategia para mejorar su calidad e incrementar los niveles de satisfacción con la clientela; además de disminuir sus costos de calidad, que, si bien en empresas a gran escala ha sido un elemento clave en la mejora continua, en la pequeña y mediana empresa (PyME) aún es un reto. En la mayoría de las ocasiones enfrentan una problemática común, mayormente relacionada con su propio tamaño, con lotes de producción variantes, la capacitación proporcionada al personal, además de toparse en muchos casos con la falta de conocimiento o la implementación de las mismas¹.

Uno de los métodos que ha proporcionado resultados exitosos en las empresas es la conocida como DMAIC, acrónimo por sus siglas en inglés de Definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar, que, al ser una metodología estructurada para la solución de problemas, permite a las PyMES obtener resultados más rápidos y más visibles en comparación de las empresas a gran escala^{2,3}.

Tradicionalmente, el uso de esta metodología se asocia a la teoría de Lean Six Sigma y en procesos productivos del ramo automotriz, su aplicación permite la creación de valor agregado en los procesos, reducción de desperdicios, además de eliminar defectos y reducir la variación en los procesos⁴.



La versatilidad de la metodología permite que los beneficios de la implementación se trasladen a diferentes tipos de industrias y servicios; un ejemplo de ello es el caso de la empresa dedicada a la producción de comida regional en Taiwán que al utilizar la técnica DMAIC Seis Sigma, obtuvo una reducción en su tasa de defectos del 70%².

Otro caso de éxito se encuentra en una empresa de producción de concentrado de bebidas que obtuvo la reducción de costos de producción del 30%, a través de utilizar técnicas DMAIC y PDCA en conjunto⁵.

En el contexto de empresas productoras de alimentos, una fábrica de chocolate tenía pérdidas de materia prima en el proceso. Al utilizar la metodología para reducir las pérdidas y mejorar los procesos involucrados en la etapa de fabricación, se identifican las causas potenciales de pérdidas en cada etapa del proceso y al disminuir, se obtuvieron ahorros en los costos de calidad⁶.

La empresa en la cual se aplicó el proyecto se dedica a la fabricación de galleta tipo sándwich para helado, contaba con problemas de calidad en su producto final, ya que no cumplía con el parámetro de dureza establecido, provocando que más del 15% del producto se devolviera por defectuoso. En un acercamiento inicial se observó que el parámetro de calidad del producto terminado no cumplía con la especificación de dureza con un valor de 4.5 lbf con margen de error de ± 0.5 para el producto de galleta tipo sándwich.

La empresa al pertenecer al grupo de las pequeñas y medianas empresas, por su propia naturaleza de trabajo artesanal, no contaba al inicio del estudio con estadísticas previas que permitieran la estandarización de cantidad y calidad de ingredientes en el proceso de producción; por ello y por el tipo de producto manejado, se plantea la hipótesis de que esta falta de análisis en la materia prima y en la estandarización de los ingredientes provoca la variación en la dureza del mismo.

Derivado de esta problemática es que se hace evidente la necesidad de implementar estrategias que permitan identificar los factores que inciden en las

variaciones de dureza, por lo que se propone utilizar la técnica DMAIC como eje conductor para identificar la solución más óptima.

METODOLOGÍA DMAIC

La metodología de Seis Sigma fue desarrollada en los años 80 por la empresa Motorola, esta metodología hace referencia a una estrategia encaminada a la reducción a cero en los defectos en la producción⁷. Es un método de gestión de calidad que se apoya de herramientas estadísticas con el objetivo de mejorar el desempeño de un proceso a base de decisiones acertadas, para lograr que la organización entienda las necesidades de sus clientes⁸. DMAIC es un proceso de mejoramiento que se apoya de la metodología Seis Sigma, modelo que sigue una serie de pasos estructurados y disciplinados, que consiste en cinco fases que se interrelacionan entre sí de manera coherente (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar). Cada una de las fases se apoya de diferentes herramientas que son usadas para dar respuesta a preguntas específicas del proceso de mejora⁹.

La fase Definir: Es la fase de arranque de la metodología, en la que se identifican la mejora de posibles proyectos en una organización. Para llevar apropiadamente esta etapa se deben responder las siguientes preguntas: ¿Por qué es necesario resolver el problema?, ¿Cuál es el flujo de proceso general del sistema? ¿Qué se busca lograr en el proceso?, ¿Qué beneficios de valor contable se espera lograr?⁹.

La fase Medir: consiste en definir las características del proceso identificando los requisitos clave del cliente, producto y parámetros que intervienen en el funcionamiento del proceso, a partir de la identificación se define la capacidad del proceso.

La tercera fase Analizar, su objetivo es analizar los datos obtenidos del proceso y así determinar posibles causas y oportunidades de mejora⁹.

El equipo analiza datos y resultados actuales e históricos, desarrollando y comprobando hipótesis sobre posibles relaciones causa-efecto. En la fase de



Mejora se trata de determinar la relación causa efecto para prevenir, mejorar y optimizar el proceso. En el momento donde se determina que el problema actual es real y no pertenece a un evento aleatorio, se prosigue a identificar posibles soluciones, donde se implementan y validan alternativas para la mejora del proceso⁹.

La última fase, consiste en encontrar cómo asegurar la solución propuesta en un periodo de tiempo, por lo que se debe diseñar, documentar e implementar estrategias de control asegurando los parámetros necesarios para mantener de forma eficiente los objetivos propuestos en el proyecto^{9,10}.

METODOLOGÍA

Al tratarse de una micro empresa con diversas áreas de oportunidad, se aplicará la técnica DMAIC empleando el enfoque Kaizen para la mejora continua. Figura 13.



Figura 1. Ciclo DMAIC

RESULTADOS

Definir:

Como primera parte del estudio se realizó un análisis de proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes, (SIPOC, como lo describe sus siglas en inglés: suppliers, inputs, process, outputs, customers). La información obtenida del análisis SIPOC se presenta con los principales proveedores de lo que definimos como entradas del proceso: harina, azúcar, cajas, plástico, grasa vegetal, manterina, aditivos de alimentos, respectivamente como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Diagrama SIPOC				
S (Proveedores)	I (Entradas)	P (Proceso)	O (Salidas)	C (Clientes)
Proveedor almidón/amonio	Almidón Amonio	Recepción de materia prima		
Proveedor azúcar	Azúcar Glass	Inspección de materia prima		Cliente 1
Proveedor bicarbonato o grasa vegetal	Bicarbonato Grasa vegetal	Transporte materia prima a producción	Galleta para Helado	
Proveedor Harina / jarabe	Harina Jarabe	Pesado de insumos		Cliente 2
Proveedor ingredientes y aditivos	Lecitina Meta Bisulfito	Mezclado		
Proveedor grasas vegetales	Manterina	Amasado		
Proveedor de agua	Agua	Laminado		
Proveedor de cartón	Cartón	Horneado 160C		
		Enfriado		
		Empaquetado		
		Embalaje		
		Transporte Almacén		

Se realiza además el análisis de interesados del proceso (Stakeholders) como se puede observar en la figura 2, el objetivo es considerar quienes intervienen en el proyecto, como los responsables y actores clave en la toma de decisiones y ejecución del proyecto. Con el análisis se obtiene que el gerente de producción y jefe de línea, son los principales interesados en la ejecución del proyecto, así como, partes esenciales en el suministro de la información. Se muestra en la figura 3, la relación poder/interés y en la tabla 2, los criterios para evaluar a las personas interesadas y direccionar el proyecto.



Figura 2. Cuadrante criterio relación Poder/Interés (Stakeholders)

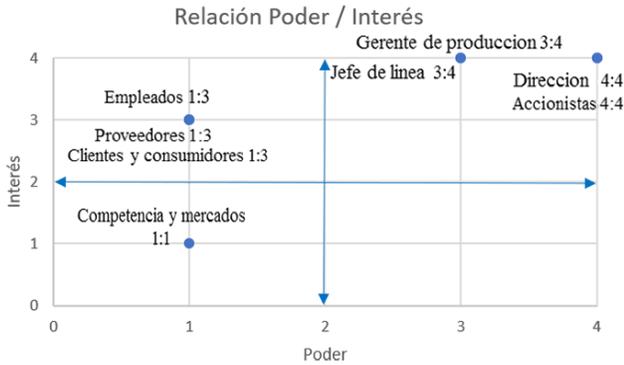


Figura 3. Stakeholders, matriz de interesados

Tabla 2 Criterio de Evaluación (Stakeholders)	
Nota	Criterio
1	Bajo PODER/INTERES
2	Mediano PODER/INTERES
3	Alto PODER/INTERES
4	Urgente PODER/INTERES

Fase Medir:

Se realizó una recopilación de datos de 54 lotes en un día de producción, el muestreo se obtuvo cada hora dando como resultado veinte muestras, sin aplicar ningún cambio a la fórmula original, de acuerdo con lo anterior se obtiene la figura 4.

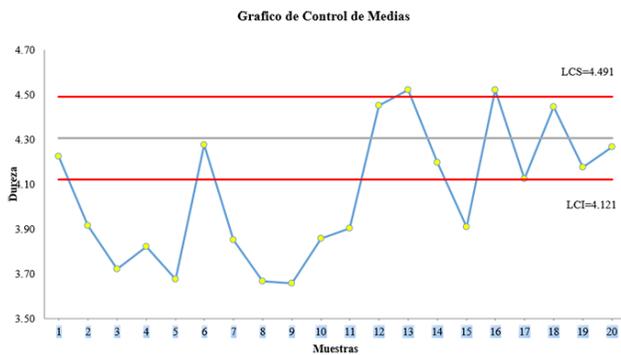


Figura 4. Gráfica de Control de Medias

Se puede observar en la gráfica anterior que la mayoría de los datos están por debajo de las especificaciones del producto además de existir variación.

En la fase analizar:

Como primer paso, se procede a modificar la fórmula actual para lograr el objetivo y así realizar una matriz de datos y obtener un gráfico que nos muestre el comportamiento de los resultados en base a los parámetros. En la tabla 3, se muestra la primera modificación a la fórmula y su respectiva gráfica de control la cual se observó el comportamiento de esta.

Es de notar que se disminuye la cantidad de bicarbonato a 0.3 kg y se agregó un nuevo aditivo de proveedor 1 a un porcentaje de 0.133%. De acuerdo con la figura 5 del control de medias, el proceso se empieza controlar dentro de los parámetros, aunque sigue con muestras fuera de control con las muestras ubicadas en el límite de control inferior.

Tabla 3. Fórmula galleta variación 1	
Materia prima	%
Agua	13,3
Almidón	1,0
Almidón	1,0
Amonio	0,2
Azúcar glas	10,8
Bicarbonato	0,4
Grasa	2,8
Harina	58,8
Jarabe	9,3
Lecitina	0,1
Manterina	1,2
Metabisulfito	0,05
Sal	0,4
Aditivo 1	0,1
TOTAL	100%

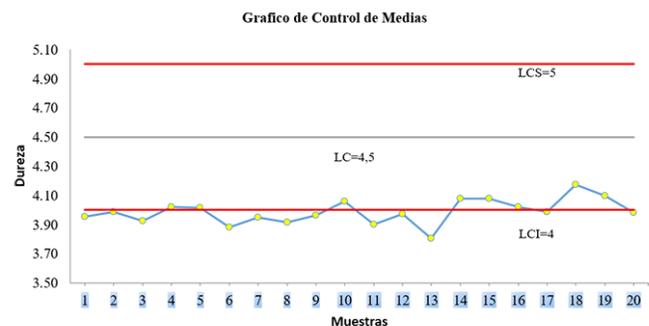


Fig. 5 Control de Medias aditivo 1. En la tabla 4 se muestra la fórmula del producto con una variación en el tipo de aditivo utilizado, manteniendo la misma proporción que la mostrada en la tabla 3.



En la tabla 4 se muestra la fórmula del producto con una variación en el tipo de aditivo utilizado, manteniendo la misma proporción que la mostrada en la tabla 3.

Tabla 4. Fórmula galleta variación 2

Materia prima	%
Agua	13,3
Almidón	1,0
Almidón	1,0
Amonio	0,2
Azúcar Glass	10,8
Bicarbonato	0,4
Grasa	2,8
Harina	58,8
Jarabe	9,3
Lecitina	0,1
Manterina	1,2
Metabisulfito	0,05
Sal	0,4
Aditivo 2	0,1
TOTAL	100%

De igual manera, se realiza una gráfica de control para observar el comportamiento de los resultados obtenidos y así demostrar la eficacia de la mejora en la fórmula. Figura 6.

Gráfico de Control de Medias

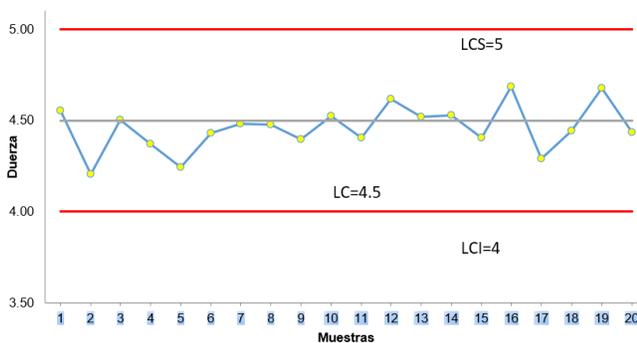


Figura 6. Control de Medias Aditivo 2.

Se puede observar en la figura 6, el comportamiento de los resultados en la última fórmula, los resultados se llegan a mantener por el límite central de los parámetros.

Para sustentar el valor obtenido de la última modificación se realiza una prueba T-Student, con un nivel de significancia α a un valor del 5% (0.05).

Se realiza la prueba de normalidad prueba de Chápiro Wilk (tabla 5) y la prueba de Levene (tabla 6), obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 5. Resultados prueba de normalidad

Identificador	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.
Media Aditivo 1	,989	20	,997
Aditivo 2	,973	20	,818

Tabla 6. Prueba Levene para igualdad de varianzas

Media	F	Sig.
Se han asumido varianzas iguales	2,589	,116

No se han asumido varianzas iguales

Por último, se aplica la prueba t para muestras independientes obteniendo los resultados obtenidos de la tabla 7.

Tabla 7. Prueba t para igualdad de medias

t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típico de la diferencia	95% Intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
-13,844	38	,000	-,47165	,03407	-,54062	-,40268

De lo anterior, se concluye que existen diferencias significativas entre las medias de los dos aditivos por lo que se utiliza el aditivo 2 como ingrediente permanente de la fórmula.

Etapa de mejora:

Dado el análisis de la situación actual de la producción se procede con la implementación de la nueva fórmula, así como las instrucciones al personal de la línea de pesado, de forma tal que permita la familiarización con esta.

Para ello, se coordinó con el jefe de producción y el jefe de línea para la capacitación a fin de que los involucrados del área de pesado conozcan los cambios propuestos.

Se monitorea la fórmula en un plazo de tres días para comprobar la estabilidad de esta y así demostrar la eficacia del producto, de esta forma, se obtienen resultados dentro de los parámetros comprobados en la gráfica de control (Figura 7).

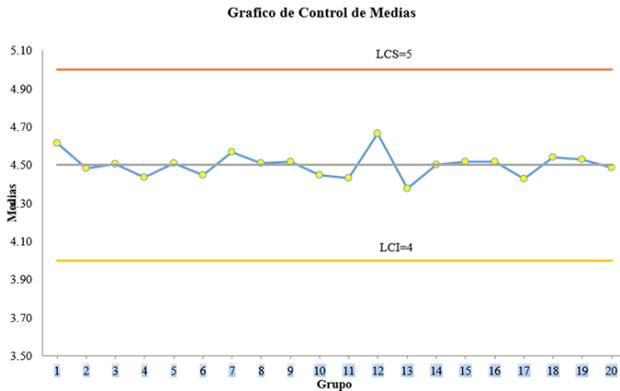


Figura 7. Gráfica control de medias

Fase Control:

Para mantener el parámetro de dureza, se diseñó un plan y se establecieron acciones tales como, implementar un control de calidad de producto terminado cuya función primordial consiste en establecer un muestreo sistemático del producto y análisis de las muestras para detectar anomalías e implementar acciones preventivas-correctivas. Además, como parte de la estrategia se encuentra la capacitación al personal e implementación de ayudas visuales y poka yokes en el área de pesado para estandarizar las métricas de los ingredientes de la fórmula.

Los ejes del plan se muestran en la figura 8.



Figura 8. Ejes del plan de mejora.

DISCUSION

El uso de técnicas de calidad en PyMES representa un gran paso que genera incertidumbre acerca del éxito de los proyectos a emprender, ya que se parte de condiciones iniciales particulares como la falta de datos históricos fiables, falta de estandarización y las variaciones del proceso.

Parte del éxito de la implementación de estas técnicas consiste en la selección de los proyectos prioritarios, tratando de seguir el principio de Pareto de tal forma que a partir de este esfuerzo se obtengan resultados favorables colaterales. En la empresa estudiada se observó que los defectos de calidad debido a la rotura de la galleta estaban generando pérdidas considerables por lo que se convirtió en una necesidad urgente de atender. A partir de la implementación sistemática de la metodología DMAIC se pudo observar que la variación del parámetro de dureza estaba relacionada con el porcentaje y tipo de aditivo utilizado, comprobado además con la prueba t. A partir del muestreo empleado para monitoreo, se observa que existe una tendencia estable en cuanto al comportamiento de dicho parámetro.

CONCLUSIONES

La implementación, así como la estandarización de la fórmula, y el entrenamiento del personal promovió el trabajo grupal y comprensión de los requerimientos de la empresa y de la clientela que se reflejó en la entrega del producto terminado con las especificaciones de calidad correctas. Estas mejoras impactaron en una reducción de devoluciones, así como en un incremento en la cantidad del producto en buen estado que se produce en la línea. Especialmente permitió mayores ingresos a la empresa obteniendo mayor aceptación y disminución de merma en el sistema de producción.

REFERENCIAS

1. Garrido-Vega, Pedro, Sacristán-Díaz, Macarena and Magaña-Ramírez, Luis Miguel. Six Sigma in SMES with low production volumes. A successful experience in aeronautics. Universia Business Review, 2016, pp. 52-71.



2. Hung, Hsiang-Chin and Sung, Ming-Hsien. Applying six sigma to manufacturing processes in the food industry to reduce quality cost. *Quality and Reliability Engineering International*, 2015, pp. 1151-1159.
3. George, Michael L., [et al]. *THE LEAN SIX SIGMA POCKET TOOLBOOK*. London: McGraw-Hill, 2005.
4. Kostic, Nikoli S. and Nikolic, I. Lean Six Sigma in Food Industry. Serbia: *International Journal of Basic & Applied Sciences*, 2013, Vol. 13. 2227-5053.
5. Mourão Júnior, Francisco de Assis; Magalhães, Edílson; Marques and Reyes Carvajal, Tirso Lorenzo. Proposal of Cost Reduction in the Production Process of Soft Drinks Concentrate from Tholor do Brasil based on the Use of Integrated PDCA/DMAIC Tools. *Business Management Dynamics*, 2016, pp. 36-54.
6. Acuña, Cristian Antonio Varas. Universidad de Chile. [en línea] Enero 2010. [Fecha de consulta Mayo 25, 2017.] http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/111645/varas_ca.PDF?sequence=1&isAllowed=y. 75.
7. Pande, Meter, Neuman, Robert P. and Cavanagh, Roland R. *Las claves prácticas de seis sigma*. Madrid : McGraw-Hill, 2004.
8. Herrera Acosta, Roberto José and Fontalvo Herrera, Tomás José. *Seis sigma. Métodos estadísticos y sus aplicaciones*. 2011.
9. R. Ocampo, Jared and E. Pavon, Aldo. "Megaprojects": Building Infrastructure by Fostering Engineering Collaboration, Efficient and Effective Integration and Innovative. Panama: s.n., Julio 23-27, 2012, LACCEI.
10. Pérez López, Esteban and García Cerdas, Minor. Dialnet. [Online] Diciembre 29, 2014. [Fecha de consulta Mayo 1, 2017.] <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4896365.pdf>.

- **Fecha de recepción:** 27/10/2017
- **Fecha de aceptación:** 10/10/2017
- **Fecha de publicación:** 31/01/2018
- Año 5, Número 2. Enero - abril, 2018.
- **Autores:**
 - Mónica Pérez Castañeda
 - Lizbeth Patricia León Salazar