



La
Ciencia
aplicada **en Chiapas**

Comportamiento
agronómico de lilis

Pág. 32

Diagnóstico del transporte
público en Tuxtla Gutiérrez. **Pág. 16**

Tecnología de la información
como apoyo en la identificación
correcta del paciente. **Pág. 39**

DIRECTORIO

Rutilio Escandón Cadenas

Gobernador Constitucional del Estado de Chiapas

Helmer Ferras Coutiño

Director General del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Chiapas

Mtra. Brenda Jiménez Gordillo

Director de Fortalecimiento Científico y Tecnológico

Lic. Socorro Trejo Trujillo

Directora de Difusión y Divulgación de la Ciencia y Tecnología

Ing. Diana Laura Palomeque Cruz

Directora del Museo Chiapas de Ciencia y Tecnología y Planetario Tuxtla

Ing. Luis Alberto Aguilar Espinosa

Director de Infraestructura Tecnológica y Comunicaciones

Ing. Erick Augusto Archila Moreno

Director de Innovación y Desarrollo Tecnológico

Ing. Alberto Burguete Faviel

Director de Normatividad Tecnológica

C. P. Martín Berlaín González Alvarado

Jefe de la Unidad de Apoyo Administrativo

Lic. Héctor Gildardo Aguilar Villalba

Jefe de la Unidad de Apoyo Jurídico

Ing. Herminio Riyan Moreno Hilerio

Jefe de la Unidad de Planeación

Mtra. Diana Yadira Mellanes Vargas

Coordinación y Recopilación de Artículos

María Fernanda

Serrano Avendaño,

Salvador Ojeda Alegría

Corrección de Estilo, Diseño Editorial y Maquetación



MENSAJE DEL DIRECTOR

Con el objetivo de consolidar nuestra revista *La Ciencia Aplicada en Chiapas* como un vínculo sólido y funcional entre los autores de sus muy interesantes artículos y la sociedad, presentamos con mucha satisfacción la más reciente edición con la que arribamos a su número 9.

En este ejemplar ponemos a la disposición de usted desde temas de la cotidianidad, como un diagnóstico del transporte público en la zona metropolitana de Tuxtla Gutiérrez, con el propósito de plantear mejoras en su funcionamiento, hasta el uso de la tecnología para el manejo seguro de la información clínica de pacientes del Hospital Regional de Alta Especialidad Ciudad Salud de Tapachula, aunado al estudio de tres tratamientos de pasteurización en las propiedades nutricionales del polvo de lactosuero obtenido por liofilización, tan trascendente para el buen aprovechamiento de alimentos principalmente para sectores vulnerables de la población.

Asimismo, se aborda el aspecto agrícola con las técnicas ópticas no invasivas para la determinación de nivel de humedad y de nutrientes en productos agrícolas deshidratados y el comportamiento agronómico de tres variedades de flores conocidas como lilis, en condiciones controladas, lo cual tiene relación directa con una de las actividades económicas más maravillosas con que cuenta nuestra entidad.

Queremos seguir haciendo de este espacio un canal por el cual los investigadores y académicos tengan comunicación directa con los diferentes sectores de nuestra sociedad a fin de transformar los destacados resultados de sus trabajos teóricos en beneficios prácticos para las diversas problemáticas que así lo requieren y en esta tarea a participación de todos es fundamental.

Helmer Ferras Coutiño

ÍNDICE

-
- 04** Aplicación de técnicas ópticas no invasivas para la determinación de nivel de humedad y de nutrientes en productos agrícolas deshidratados
-
- 16** Diagnóstico del transporte público en la zona metropolitana de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas
-
- 32** Comportamiento agronómico de tres variedades de lilis (*lilium sp*) en condiciones controladas en el municipio de Rayón, Chiapas
-
- 39** Tecnología de la Información como apoyo en la primera meta internacional de identificación correcta del paciente en el HRAECS
-
- 50** Efecto de tres tratamientos de pasteurización en las propiedades nutricionales del polvo de lactosuero obtenido por liofilización

La Ciencia Aplicada en Chiapas, vol. 4, no. 9, es una publicación semestral editada y distribuida por el Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Chiapas. Dirección: Calzada Cerro Hueco No. 3000. Col. Cerro Hueco C.P. 29094 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, Tel. (01 961) 69 1 40 20 Ext. 67608. www.icti.chiapas.gob.mx. Editor responsable: Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Chiapas. Número de Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor: 04-2018-112218364400-102. Registro: ISSN 2448-5195

Ciencias agropecuarias

APLICACIÓN DE TÉCNICAS ÓPTICAS NO INVASIVAS PARA LA DETERMINACIÓN DE NIVEL DE HUMEDAD Y DE NUTRIENTES EN PRODUCTOS AGRÍCOLAS DESHIDRATADOS

Guadalupe López-Morales, E. Quevedo y H. Vilchis

Foto: Frutos secos Alhambra

Resumen

La producción agrícola en México significa un ingreso económico para el país. Por tanto, es de importancia implementar alternativas de conservación de alimentos por tiempos prolongados, como lo es la deshidratación. Este trabajo presenta una metodología para evaluar el proceso de secado mediante el análisis de la curva de secado, así como la implementación de técnicas ópticas infrarrojas (IR) no invasivas para monitorear la calidad de productos agrícolas deshidratados. Los resultados evidencian la utilidad de la espectroscopia de absorción IR y la espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) para detectar el nivel de humedad y la preservación de propiedades nutritivas, como azúcares y carbohidratos, contenidos en alimentos deshidratados.

Palabras claves

proceso de deshidratación, espectroscopia infrarroja, preservación de alimentos, humedad, nutrientes.

Abstract

Agricultural production in Mexico means an economic income for the country. Therefore, it is important to implement alternatives for long-term food preservation, such as dehydration. This work presents a methodology to evaluate the drying process through the analysis of the drying curve, as well as the implementation of non-invasive infrared (IR) optical techniques to monitor the quality of dehydrated agricultural products. The results show the usefulness of IR absorption spectroscopy and Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) to detect the moisture level and the preservation of nutritional properties, such as sugars and carbohydrates, contained in dehydrated foods.

Keywords

dehydration process, infrared spectroscopy, food preservation, moisture, nutrients.

Introducción

La producción anual agrícola en México es vasta en cultivos de hortalizas, granos, semillas y frutas que aportan un alto contenido nutricional para el desarrollo del ser humano (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2022). Aunado a esto, el crecimiento de la población y la escasez de recursos alimenticios por el cambio climático ha motivado a buscar alternativas de conservación de alimentos, como lo es la deshidratación de productos agrícolas, garantizando la calidad y las propiedades nutritivas para su posterior comercialización o consumo.

El impacto económico que representa el aprovechamiento total de la poscosecha de productos agrícolas es de importancia para los productores y comerciantes de México. La pérdida de la cosecha, desde el momento de la recolección en el campo hasta su consumo u otros usos finales, puede ser afectada por limitaciones de infraestructura, condiciones de empaque, embalaje, transportación y almacenamiento. Por ejemplo, Chiapas es uno de los mayores productores de mango Ataulfo a nivel mundial, en donde la producción y comercialización de esta fruta perecedera y de temporada representa una fuente de ingreso económico. Sin embargo, el 15% de la producción se pierde por mal manejo de poscosecha e inadecuadas prácticas de secado y limpieza del producto (Iglesias-Díaz et al, 2017).

La deshidratación de alimentos es un método de conservación de productos excedentes de cosecha que garantiza la preservación de sus propiedades nutricionales y organolépticas, como lo son el sabor, la textura, el aroma y color del producto (Mujumdar, 2006). Un secador o deshidratador tiene la función de remover el contenido de humedad del producto mediante la circulación de aire caliente. Durante este proceso se produce una transferencia de calor del aire caliente hacia el producto que permite la vaporización de la humedad y una transferencia de masa desde el producto hasta la circulación de aire que puede incrementar la humedad relativa dentro del secador.

El término de humedad se refiere a la cantidad de agua contenida en un material. En México está establecida la Norma Oficial Mexicana para determinar humedad en alimentos nacionales o de importación, mediante un tratamiento térmico con el método por arena o gasa (NOM-116-SSA1, 1994). Sin embargo, la aplicación de este método requiere el contacto de la muestra con otros materiales y un procedimiento minucioso.

No dudando de la efectividad de los sistemas para la deshidratación de alimentos, es importante garantizar las propiedades nutritivas y organolépticas del producto después del proceso de secado. Durante años se ha usado técnicas ópticas no invasivas útiles en áreas de investigación y de procesos industriales de alimentos como un método de control de calidad. La inspección de calidad de alimentos se ha realizado por la emisión de rayos X, fluorescencia, microondas u ondas Tera-Hertz, las cuales son técnicas que tienen algunas limitaciones al ser equipos costosos, y algunos presentan baja sensibilidad o resolución, complejidad en el procesamiento de datos o pueden emitir radiaciones ionizantes que causan daños al interior de producto (Chen et al, 2013; H-Domínguez et al, 2018; Zhu et al, 2021). Sin embargo, las tecnologías en el infrarrojo tienen la ventaja de ser rápidas y seguras. La espectroscopia de infrarrojo (IR) es una técnica que consiste en el análisis de la luz que es absorbida y/o transmitida por un material dentro del rango espectral infrarrojo comprendido desde 700 nm hasta 3000 nm (Walsh et al, 2020).

En la literatura se ha reportado que las moléculas de agua presentan una mayor absorción de luz en el rango del infrarrojo cercano

(NIR) que va de 800 nm hasta 2500 nm. Por tanto, la espectroscopia de absorción resulta útil para detectar el nivel de humedad en los alimentos (Büning-Pfaue, 2003). Conocer este parámetro permite asegurar que la cantidad de agua contenida en el producto sea mínima o nula, garantizando la conservación del alimento por un largo tiempo, ya que evita la proliferación de bacterias que aceleran su descomposición.

Por otro lado, la concentración de los nutrientes como el agua, los carbohidratos, las proteínas, antioxidantes, lípidos y algunas vitaminas han sido determinados con el uso de la técnica de espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier con reflectancia total atenuada (FTIR-ATR). Este método analítico es una herramienta para la identificación y el análisis de los grupos funcionales que componen a un material como los carbohidratos, lípidos o proteínas dentro del rango de 4000 y 1500 cm^{-1} (Quijano-Ortega et al, 2022).

En este trabajo se presenta una metodología para determinar el nivel de humedad y el contenido de nutrientes mediante la espectroscopia de absorción IR y FTIR en rebanadas de manzana, piña, pera y papa deshidratadas a una temperatura de 55 °C. Estos productos fueron elegidos por presentar un bajo contenido de agua inicial, lo cual minimiza el tiempo de deshidratación, además que son productos que se pueden conseguir en cualquier época del año en el supermercado. De manera paralela, se analiza la curva de secado de cada producto, la cual describe el comportamiento de la pérdida de peso durante el proceso de deshidratación y proporciona información sobre el contenido de agua inicial, así como el tiempo de secado óptimo.

Los resultados evidencian la utilidad de las técnicas ópticas para determinar la preservación de los nutrientes después del proceso de deshidratación. Aunque esta metodología fue empleada para los productos agrícolas antes mencionados, puede adaptarse su uso para otras frutas o vegetales. Por tanto, el procedimiento planteado puede ser aplicado como un método de preservación y de control de calidad de productos agrícolas perecederos con mayor producción en Chiapas, como el mango, plátano y papaya. De esta forma, se podría incrementar el valor de estos alimentos deshidratados, mejorando los ingresos de los campesinos de la región sureste del país.



Desarrollo

La metodología desarrollada para evaluar la óptima deshidratación de productos agrícolas se muestra en el diagrama ilustrado en la Fig. 1. Primero, se describe el procedimiento realizado para la preparación de las rebanadas de frutas, las condiciones de secado y la medición de peso de cada muestra durante el proceso de deshidratación (Sección 2.1). Teniendo el registro de la pérdida de peso en función del tiempo de secado, se obtiene la curva de secado y la razón de humedad (Sección 2.2).

Estas curvas experimentales proporcionan información sobre el contenido de agua inicial de cada producto, así como el tiempo máximo para tener un producto correctamente deshidratado de acuerdo con sus características.

Por último, se implementa técnicas ópticas no invasivas de espectroscopia IR de absorción y FTIR, con el fin de evaluar el contenido de agua y la preservación de nutrientes en los productos deshidratados (Sección 2.3).

Foto: El Confidencial; Cocina Fácil



Fig. 1. Metodología para evaluar la calidad de deshidratación de los productos agrícolas.

> Proceso de deshidratación

La metodología empleada durante el proceso de deshidratación se muestra en la Fig. 2. Después de seleccionar la fruta a deshidratar (paso 1), se procedió a lavar y desinfectar cada producto para después rebanarlo en delgadas láminas usando un cortador de verduras (paso 2). Los frutos seleccionados son manzana, piña, pera y papa, que fueron comprados en un mercado local de Chiapas, México. Las rebanadas tenían un espesor promedio de 1.59 ± 0.18 mm. Algunos productos agrícolas como la manzana, pera y papa sufren un proceso de oxidación al tener contacto con el oxígeno. Por tanto, es necesario realizar un pretratamiento que consiste en sumergir el producto en una solución con compuestos químicos o naturales durante 5 minutos, que es el tiempo necesario para que el ácido cítrico sea absorbido por la muestra y evite la oxidación de la rebanada (paso 3). La solución empleada está compuesta por 500 ml de agua y 50 ml de ácido cítrico (jugo de limón).

Para determinar la cantidad de agua en el producto durante en proceso de secado se empleó el método de termogravimetría, el cual consiste en el monitoreo de la pérdida de masa del producto en función del tiempo de secado. La medición del peso del producto fresco se realizó con una báscula analítica digital (Pioneer PX, OHAUS) con resolución de 0.01 mg y después de cada 15 minutos de secado se midió de nuevo el peso del producto deshidratado (paso 4 y 6).

Este proceso se repitió hasta que el valor del peso no presentó un cambio significativo, es decir, se mantuvo casi constante. En este punto se considera que el producto alcanzó un secado óptimo. La deshidratación del producto se realizó con una cámara de calor por convección natural (Blinder, Mod. ED56) a una temperatura de 55 °C durante un tiempo máximo de 300 minutos (paso 5). La selección de la temperatura de secado se basó en la temperatura recomendada por la literatura para no dañar las propiedades organolépticas en frutas y vegetales (Mujumdar, 2006). Por último, se procede a dejar enfriar el producto deshidratado y luego a

colocarlo dentro de contenedores o bolsas herméticas para su almacenamiento en un lugar higiénico con bajo contenido de humedad y temperatura controlada (paso 7).



Fig. 2. Metodología empleada para el acondicionamiento del producto antes y después del proceso de deshidratación.

> Curva de secado

Durante el proceso de deshidratación es importante monitorear la evolución de la pérdida de la humedad en el producto. Mediante el análisis de la curva de secado se puede conocer el comportamiento y los parámetros de secado óptimo. La cinética de secado es usada para describir la transferencia de calor y masa durante el proceso de deshidratación, y puede ser afectada por las condiciones de secado, los tipos de secador y las características de los materiales a secar.

Considerando que la masa total de un producto es la suma de su masa seca y de su masa de agua, se puede inferir que en un proceso de deshidratación la masa de agua se modifica, pero la masa seca se mantiene constante. El contenido de humedad (g agua g-1 base seca) en base seca (b.s.) se calculó mediante la Ec. (1):

$$MC = (w_t - w_d) / w_d$$

> Caracterización óptica del producto deshidratado

El nivel de humedad y la concentración de nutrientes puede ser determinado mediante el análisis de la radiación de luz infrarroja a través de la muestra. En el caso de detección de nivel de humedad se emplea la técnica de espectroscopía de absorción, la cual monitorea el porcentaje de luz que es absorbida al atravesar el material dentro del rango NIR. Las características del material, como el espesor, la rugosidad y el

en donde w es el peso de la masa actual del producto (g) en el tiempo t y w_d es el peso de la masa del producto deshidratado. Este parámetro compara la relación de la masa de agua en un material y con su masa seca. Por ejemplo, un producto con $MC = 1.5$ indica que la masa de agua presente en el material es 1.5 veces su masa seca.

La curva para predecir el comportamiento de secado se obtiene a partir de la razón de humedad (MR), la cual relaciona el contenido de humedad en cualquier instante de tiempo con el valor inicial de MC (Ertekin y Firat, 2017), y es calculada por la Ec. (2):

$$MR = (M_t - M_e) / (M_0 - M_e)$$

En donde M_t es el valor de MC (g g-1 b.s.) en el tiempo t durante el proceso de secado, M_0 es el valor inicial de MC del producto fresco y M_e es el valor de MC de equilibrio, el cual corresponde al contenido de humedad constante. Debido a que el valor de M_e es muy cercano, entonces la Ec. (2) se reduce a $MR = M_t / M_0$.

La curva de secado experimental, que describe el comportamiento de la pérdida de contenido de agua en función del tiempo de secado, se obtiene mediante la Ec. 1. Teniendo este parámetro, es posible calcular la curva de razón de humedad (Ec. 2) que proporciona información sobre la rapidez con la que un fruto se logra deshidratar.

color son variables que influyen en el espectro medido. El equipo utilizado es un espectrofotómetro UV-VIS-NIR (Shimadzu, Model UV-3600) en el rango espectral de 850 nm hasta 1650 nm con una resolución de 1 nm.

Por otro lado, la concentración de nutrientes en el producto deshidratado se evaluó mediante un espectrofotómetro FTIR con accesorio ATR con punto diamante (Thermo

scientific, Nicolet Is50 FT-IR) en el rango espectral de 540 cm-1- 4000 cm-1 con una resolución de 1 cm-1. Con este método se puede detectar, de manera rápida, confiable y efectiva los componentes mayoritarios presentes en los alimentos, como el agua, carbohidratos, las proteínas o los lípidos.

Resultados

> Curva de secado

El proceso de deshidratación consistió en un tiempo máximo de 300 minutos. En la Fig. 3 se puede observar las rebanadas de los productos antes (fresco) y después de la deshidratación a una temperatura de 55°C. Durante este proceso se monitoreó la pérdida de masa. La Fig. 4a muestra la curva experimental de la pérdida de peso en gramos. La disminución del peso se atribuye a la extracción de cantidad de

agua en la rebanada de fruta. A partir del minuto 250 las disminuciones de peso son más pequeñas, hasta que al minuto 270 se alcanza la humedad de equilibrio y el peso se mantiene constante. De acuerdo con la gráfica del porcentaje de peso mostrada en la Fig. 4b se puede concluir que una gran parte de la masa inicial del producto corresponde al contenido de agua. Para la manzana se tiene humedad inicial del

85.16%, para la piña un 83.68%, para la pera un 85.47% y para la papa un 82.38% de masa de agua. El resto puede considerarse al contenido de la pulpa, como la fibra, azúcares y aminoácidos.



Fig. 3. Fotografía del producto fresco (izquierdo) y deshidratado (derecho) dentro del horno.

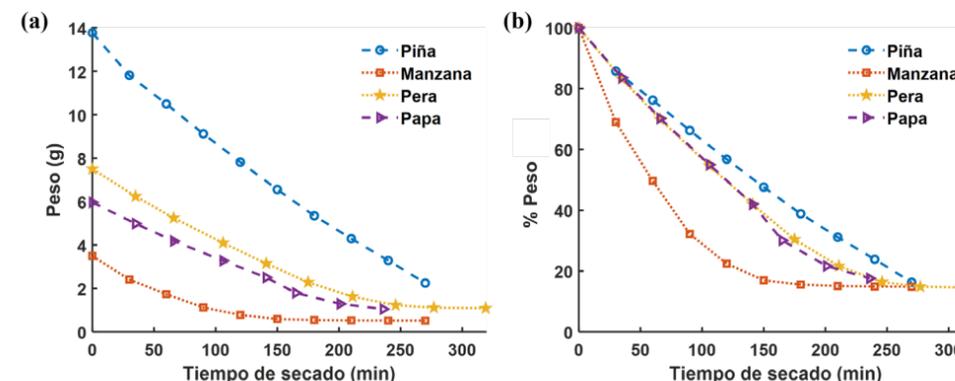


Fig. 4. Curva de la pérdida de peso en gramos (a) y porcentual (b) durante el proceso de deshidratación.

La Fig. 5a ilustra la variación del contenido de humedad (g de agua/g de sólido seco) en base seca para cada producto deshidratado en función el tiempo de secado. Los valores de MC fueron calculados a partir de la Ec. 1.

El valor inicial para la manzana es de $MC = 0.84$ lo que indica que la cantidad de masa seca es mayor que la cantidad de agua en el producto. Para el caso de la piña y pera se tiene $MC = 5.13$ y $MC = 5.89$, respectivamente, es decir el

contenido de agua es alrededor cinco veces su masa seca. La papa es el producto con mayor contenido de agua con $MC = 9.3$ respecto a su masa seca.

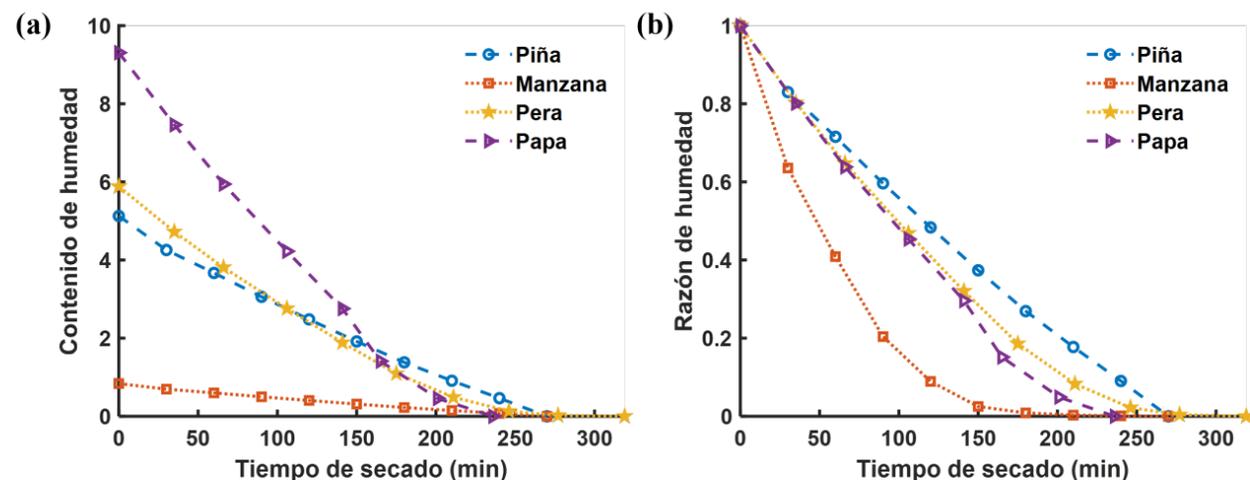


Fig. 5. Contenido de humedad (a) y razón de humedad (a) de los productos agrícolas durante el proceso de deshidratación.

Mediante el uso de la Ec. 2 se obtuvo la relación de humedad experimental en función del tiempo de secado mostrada en la Fig. 5b. El valor de $MR = 1$ corresponde a la fruta fresca con 100% de contenido de agua, $MR = 0$ indica que la fruta ya no tiene agua, es decir está totalmente deshidratada. De acuerdo al valor de MC para cada producto es de esperar que la manzana necesita de un menor tiempo de secado en comparación al resto de los productos que tienen un MC mayor a 1. Esto se confirma con la gráfica de la Fig. 3b, en donde la razón de humedad de la manzana es casi nula después de 180 minutos de secado, mientras que para el resto de los productos se requiere de un tiempo de 270 minutos. Por tanto, la variación de la pendiente de las curvas de secado puede depender de las dimensiones superficiales y del contenido de agua de cada rebanada del producto agrícola, así como del tiempo de rompimiento de las moléculas de agua en función de la temperatura y tiempo de secado.

> Análisis de la caracterización óptica: Espectroscopía de absorción y FTIR

Espectroscopía de absorción: Detección de nivel de humedad

El tiempo de medición de cada espectro fue de 7 minutos. Este tiempo depende de la configuración del espectrofotómetro establecido por el usuario, por ejemplo, el rango de longitud de onda de muestreo, así como el número de datos registrados por segundo. El espectro típico del agua muestra sobretonos centrados en 970 nm, 1190 nm, 1450 nm, 1940 nm y 2950 nm que corresponden a las vibraciones moleculares de los grupos O-H en el rango de excitación de NIR

(Büning-Pfaue, 2003). Los espectros medidos para cada producto agrícola deshidratado se muestran en la Fig. 6. El rango espectral analizado comprende la región del infrarrojo cercano (NIR) del 850 nm hasta 1650 nm.

Observe que todos los espectros presentan un comportamiento similar, pero con relativa variación en la intensidad. Los espectros de absorción de cada rebanada de fruta fresca muestran tres bandas correspondientes a los sobretonos y combinación de las bandas vibracionales del enlace O-H. La primera banda muestra una fuerza de absorción muy fuerte centrado en 1455 nm que corresponde al primer sobretono de estiramiento de O-H.

La segunda, centrada en 1180 nm, corresponde a una combinación del primer sobretono de estiramiento O-H y flexión del enlace O-H. La tercera banda muestra una fuerza de absorción muy débil centrada en 978 nm. Cuando el nivel de humedad contenida en cada muestra disminuye, es posible observar que la intensidad de las bandas de absorción también se minimiza. Cuando el producto está seco, los picos de absorción en el rango

de 915 nm a 1265 nm casi desaparecen totalmente, mientras que el pico en 1455 nm se reduce en promedio un 80% respecto a la intensidad de la fruta fresca. Con estos resultados hemos demostrado de manera cualitativa que la técnica de espectroscopia de absorción en el rango NIR es una herramienta útil para visualizar el nivel de humedad de un producto.

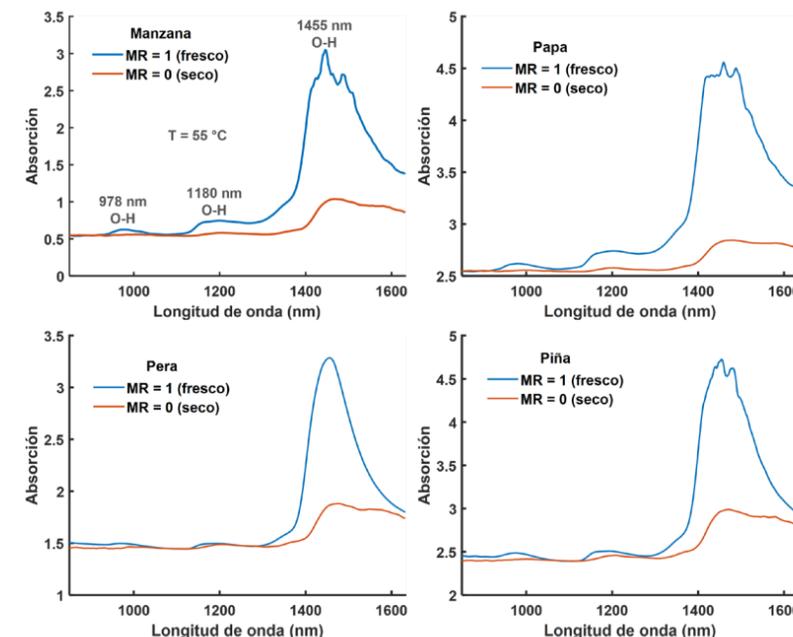


Fig. 6. Espectro de absorción de los productos agrícolas antes y después del proceso de deshidratación a $T = 55^\circ\text{C}$ con tiempo máximo de 270 min. (MR es la razón de humedad).

Espectroscopia FTIR: concentración de nutrientes

Los productos agrícolas pueden estar constituidos por compuestos de agua, azúcares, carbohidratos, ácidos orgánicos y algunas vitaminas. El resultado de la interacción de los productos deshidratados con la energía en infrarrojos se observa en los espectros FTIR de la Fig. 7, en donde se puede identificar los grupos funcionales de las moléculas

orgánicas de cada muestra. El tiempo de captura de cada espectro FTIR fue de 5 minutos. En la región del 4000 al 2500 cm^{-1} se encuentran los enlaces de estiramiento de O-H, C-H y N-H. En nuestro caso, es de interés el enlace de O-H correspondiente al agua. El espectro FTIR del agua presenta vibraciones en dos bandas de absorción, una muy intensa en la región de 2800 a 3600 cm^{-1} que

corresponde al enlace de estiramiento simétrico de O-H y otra un poco menos intensa en el enlace H-O-H. Estas bandas de absorción pueden visualizarse en la Fig. 7 centradas en 3290 cm^{-1} y en 1645 cm^{-1} . El pico en 3290 cm^{-1} muestra una absorción muy pequeña en el rango de 0.2 para la manzana y 0.04 para la papa. Entre 3000 y 2800 cm^{-1} aparecen bandas ligadas al enlace de estiramiento CH_3 y CH_2 .

Los carbohidratos son un grupo de moléculas formadas principalmente por átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno, que están dentro de la clasificación de los azúcares, almidones, pectinas, celulosas, etc. Dentro del espectro IR se puede notar la presencia de carbohidratos en el rango entre 1500 cm⁻¹ a 600 cm⁻¹. En la familia de

los carbohidratos aparece un pico muy alto entre los 1100 y 1000 cm⁻¹, el cual cambia de posición en función del tipo específico de carbohidrato ensayado. Dentro del grupo funcional de los carbohidratos se observa la presencia de compuestos de celulosa en el rango de 1200 cm⁻¹ a 1028 cm⁻¹. De acuerdo al espectro mostrado en la Fig. 7, se

tiene un pico de absorción en el rango de 1028 cm⁻¹ (-C-OH), 1050 cm⁻¹ (-C-O) y 1100 cm⁻¹ (-C-O) que corresponde a las moléculas de β-glucosa (celulosa), la cual tienen mayor concentración para la manzana, pera y piña.

Típicamente en un producto agrícola fresco se espera que la intensidad de la banda de absorción del enlace de OH sea mayor que la de -C-OH debido a que el producto tiene un mayor contenido de agua que de glucosa. En los productos deshidratados se observa que la intensidad del enlace del agua es menor, pero el grupo funcional correspondiente a los carbohidratos se mantiene. Con este resultado evidenciamos la preservación de nutrientes como la glucosa de cada producto agrícola después del proceso de deshidratación.

La información obtenida a partir de la curva de secado ayuda a mejorar los procesos de deshidratación mediante la reducción del consumo de energía, aumentar la eficiencia del proceso de secado y proporcionar productos de alta calidad. Establecer un control de calidad rápida y eficiente para productos agrícolas deshidratados beneficiará la comercialización de estos productos durante todo el año. Por tanto, se propone aplicar la metodología propuesta para el aprovechamiento de los productos agrícolas de Chiapas, lo cual incrementará el valor de estos alimentos deshidratados mejorando los ingresos de los campesinos de la región sureste del país.

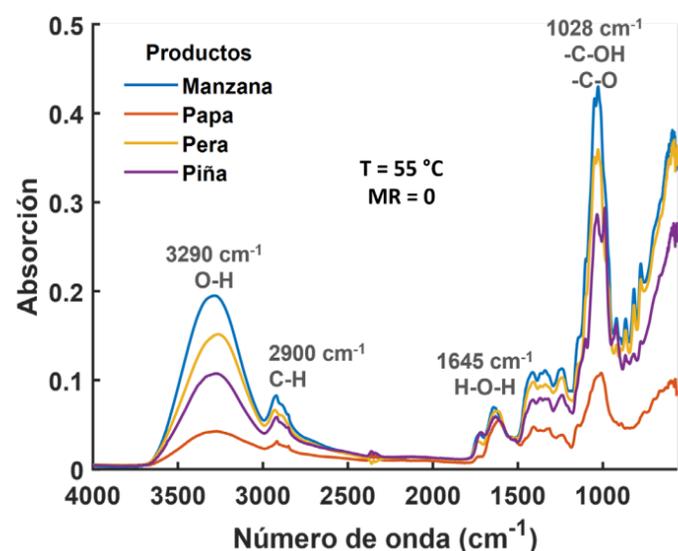


Fig. 7. Espectro FTIR de productos agrícolas después del proceso de deshidratación a T = 55°C con tiempo máximo de 270 min.

Conclusiones

Es posible que durante el proceso de secado de alimentos se produzcan cambios que pueden ser estructurales o químicos que afectan las propiedades nutritivas u organolépticas del producto. La aplicación de técnicas ópticas IR no invasivas para la determinación del nivel de humedad y la concentración de los nutrientes en productos agrícolas deshidratados mostraron resultados consistentes, ya que son métodos rápidos en el estudio de parámetros de control de calidad en alimentos.

Los espectros de absorción del producto deshidratado mostraron una variación evidente en la intensidad del pico centrado en 1158 nm y 1455 nm, correspondiente al enlace OH, que depende del tiempo de secado. Por otro lado, los resultados obtenidos mediante la técnica espectroscopia FTIR-ATR demostraron que el cambio de intensidad más notorio recae en los enlaces relacionados con el agua. Los demás nutrientes como carbohidratos y azúcares mantienen su misma concentración.

Lista de referencias

- Büning-Pfaue, H. (2003). Analysis of water in food by near infrared spectroscopy. *Food Chemistry*, 82(1), 107-115. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00583-6](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00583-6)
- Chen, Q., Zhang, C., Zhao, J., & Ouyang, Q. (2013). Recent advances in emerging imaging techniques for non-destructive detection of food quality and safety. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 52, 261-274. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2013.09.007>
- Ertekin, C., & Firat, M. Z. (2017). A comprehensive review of thin-layer drying models used in agricultural products. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 57, 701-717. doi.org/10.1080/10408398.2014.910493.
- H-Domínguez, E., Cruz-Lopez, E., Reyes-Nava, J. A., Conde, J., Briones, E., & Vilchis, H. (2018, September). First principles for evaluation of the moisture content in mango slice by tera-hertz pulses. In 2018, 15th International Conference on Electrical Engineering, Computing Science and Automatic Control (CCE) (pp. 1-4). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICEEE.2018.8533906>
- Iglesias-Díaz, R., Jose Gómez, R. A., Lastres Danguillecourt, O., López de Paz, P., Farrera Vázquez, N., & Ibáñez Duharte, G. R. (2017). Diseño, construcción y evaluación de un secador solar para mango Ataulfo. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(8), 1719-1732.
- Mujumdar, A. S. (2006). *Handbook of industrial drying* (3^o ed.). CRC press. <https://doi.org/10.1201/9781420017618>.
- Norma Oficial Mexicana NOM-116-SSA1. (1994) *Bienes y servicios. Determinación de humedad en alimentos por tratamiento térmico. Método por arena o gasa*. Distrito Federal México: Diario Oficial de la Federación 15 de agosto de 1994. <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/086ssa14.html>
- Quijano-Ortega, N., Fuenmayor, C. A., Zuluaga-Dominguez, C., Diaz-Moreno, C., Ortiz-Grisales, S., García-Mahecha, M., & Grassi, S. (2020). FTIR-ATR Spectroscopy Combined with Multivariate Regression Modeling as a Preliminary Approach for Carotenoids Determination in Cucurbita spp. *Applied Sciences*, 10(11), 3722. <https://doi.org/10.3390/app10113722>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2022). *Producción Agrícola*. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>
- Walsh, K. B., Blasco, J., Zude-Sasse, M., & Sun, X. (2020). Visible-NIR 'point' spectroscopy in postharvest fruit and vegetable assessment: the science behind three decades of commercial use. *Postharvest Biol Technol*, 168, 111-246. doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111246.
- Zhu, L., Spachos, P., Pensini, E., & Plataniotis, K. N. (2021). Deep learning and machine vision for food processing: A survey. *Current Research in Food Science*, 4, 233-249. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.03.009>

Ciencias de la tierra

DIAGNÓSTICO DEL TRANSPORTE PÚBLICO EN LA ZONA METROPOLITANA DE TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS

Mtro. Gabriel Alejandro Ballinas Salazar,
Mtro. Ricardo Gabriel Suárez Gómez,
Dr. José Luis Pérez Díaz, Dr. Jesús Alejandro Cabrera Madrid
y Dr. Alexander López González

Foto: Cuarto Poder

Resumen

El sistema de transporte público de la zona metropolitana de Tuxtla Gutiérrez es el principal eje de movilidad entre los municipios que integran la región. El flujo vehicular que se ocasiona afecta directa e indirectamente a la población, y justifica la necesidad de realizar un estudio que permita plantear mejorar el funcionamiento del sistema de transporte a corto, mediano y largo plazo, con el objetivo de beneficiar a los usuarios que continuamente utilizan el transporte público. En esta investigación se presenta un diagnóstico del sistema de

transporte de una zona metropolitana. La metodología se estructura en dos fases: en primera, la caracterización de variables de estudio, como son el flujo vehicular y velocidad de viaje; y en la segunda, la recopilación de información mediante mediciones en puntos de control y obtención de resultados con base en la correlación lineal que presentan dichas variables.

Palabras claves

flujo vehicular, velocidad, transporte público, zona metropolitana

Abstract

The public transport system of the metropolitan area of Tuxtla Gutiérrez is the main axis of mobility between the municipalities that make up the region. The vehicular flow that is caused directly and indirectly affects the population, and justifies the need to carry out a study that allows us to propose improving the operation of the transport system in the short, medium and long term, with the aim of benefiting users who continuously use public transportation. In this research, a diagnosis of the transport system of a metropolitan area is presented.

The methodology is structured in two phases: in the first, the characterization of study variables such as vehicular flow and travel speed; and in the second, the compilation of information through measurements at control points and obtaining results based on the linear correlation presented by said variables.

Keywords

vehicular flow, speed, public transport, metropolitan area

Introducción

Una de las cualidades que se observa durante la evolución de las sociedades es el desarrollo de la capacidad de movilidad, además que es un factor que repercute directamente en el crecimiento tanto económico como social, hecho que incide en la calidad de vida de la población. De acuerdo a la Ley General de Movilidad y Seguridad Vial, publicada el 17 de mayo de 2022, se define como “movilidad” al:

[...] derecho de toda persona a trasladarse y a disponer de un sistema integral de movilidad de calidad, suficiente y accesible que, en condiciones de igualdad y sostenibilidad, permita el desplazamiento de personas, bienes y mercancías, el cual deberá contribuir al ejercicio de los derechos humanos, por lo que las personas serán el centro del diseño y del desarrollo de los planes, programas, estrategias y acciones en la materia (Diario Oficial de la Federación, 2022, Art. 9).

La movilidad urbana es definida como un “factor determinante tanto para la productividad económica de la ciudad como para la calidad de vida de sus ciudadanos y el acceso a servicios básicos de salud y educación” (Aguirre, 2017, p. 8). Es decir, esta acción permite acercar a las personas de forma práctica a centros de servicios.

Esta problemática se acentúa cuando las condiciones del sistema de transporte urbano no están planificadas o en muchos casos no se cuenta con alguna medición que permita mejorar las condiciones de servicio, sumado a que los procesos migratorios generaron tasas de crecimiento poblacional muy altas en las ciudades.

Este fenómeno se ha reflejado, igualmente, en un inadecuado desarrollo del sistema de transporte urbano. La noción de red, asociada a una visión de la ciudad como un sistema estable de actividades relacionadas entre sí en la forma en que su comportamiento global dependa de esas relaciones, ha sido una constante en el planeamiento y dimensionado

de las redes de infraestructuras; aunque, durante un largo periodo de tiempo, el enfoque se ha puesto en las actividades como demandadoras de relaciones y, por tanto, como variable que predetermina la forma y nivel de servicio que debería alcanzar la red de infraestructuras para mantener la eficacia del sistema (Herce, 2004).

La congestión del tránsito vehicular se ha convertido actualmente en un serio problema en las urbes, que ha sido ocasionado por diversos factores, el cual destaca un mal funcionamiento de los sistemas de transporte público; las sociedades modernas requieren contar con sistemas eficientes de transporte que permitan llegar a los destinos deseados en tiempo y de forma segura.

Cuando se habla de transporte público, nos referimos al término aplicado al transporte colectivo de pasajeros en donde los usuarios tienen que adaptarse a los horarios y a las rutas que ofrezca el operador y dependen en mayor o menor medida de la intervención regulatoria del gobierno, por lo que es importante

que el sistema de transporte sea eficiente (Ballinas et al, 2021).

El análisis y medición de las variables que inciden dentro de las condiciones de funcionamiento de un sistema de transporte permite realizar un proceso constante mediante el cual se puede entender las características y el comportamiento del sistema. Estos son requisitos básicos para el planteamiento de acciones con el objetivo de mejorar el sistema de transporte, además de identificar los problemas que se presentan de manera específica, lo que permite determinar el nivel de eficiencia de la operación. De acuerdo a la bibliografía consultada, las variables principales de estudio en un sistema de transporte son: a) Velocidad promedio de viaje y b) Flujo vehicular.

Los retos que enfrenta el desarrollo urbano de México en el nuevo siglo están relacionados con los cambios que a escala mundial dan forma y contenido al proceso de globalización. La apertura comercial y la reestructuración económica están teniendo como resultado una



localización más diversificada de las actividades productivas en el territorio nacional, con la consecuente emergencia de nuevas tendencias en la distribución poblacional y en la expansión e interacción de las ciudades (SEDESOL, 2008).

La extensión territorial incluye a la unidad político-administrativa, que contiene a la ciudad central, y a las unidades político-administrativas contiguas a ésta, que tienen características urbanas, tales como sitios de trabajo o lugares de residencia de trabajadores dedicados a actividades no agrícolas, y que mantienen una interrelación socioeconómica directa, constante e intensa con la ciudad central y viceversa” (Unikel, 1978).

Las zonas metropolitanas son los elementos de mayor jerarquía del sistema urbano nacional, tienen el potencial de incidir favorablemente en el desarrollo económico y social de sus respectivas regiones. Sin embargo, su aprovechamiento como elementos articuladores del desarrollo requiere de la participación de los diferentes sectores y órdenes

de gobierno en instancias de coordinación que propicien la toma de decisiones concertada sobre una base común. El acuerdo en la identificación y delimitación territorial de las propias metrópolis constituye un paso fundamental para avanzar en esta dirección (SEDESOL, 2008).

En el sector académico existe una definición más general sobre cómo se conforman las zonas metropolitanas:

ocurre cuando una ciudad, independientemente de su tamaño, rebasa su límite territorial político administrativo para conformar un área urbana ubicada en dos o más municipios; en otras palabras, la metropolización de una ciudad tiene lugar cuando, en un proceso de expansión, utiliza para el desarrollo urbano suelo que pertenece a uno o más municipios en los cuales se ubica la ciudad central (Sobrino, 2000, p. 461).

En la figura 1 se observa las distintas zonas metropolitanas constituidas en México,

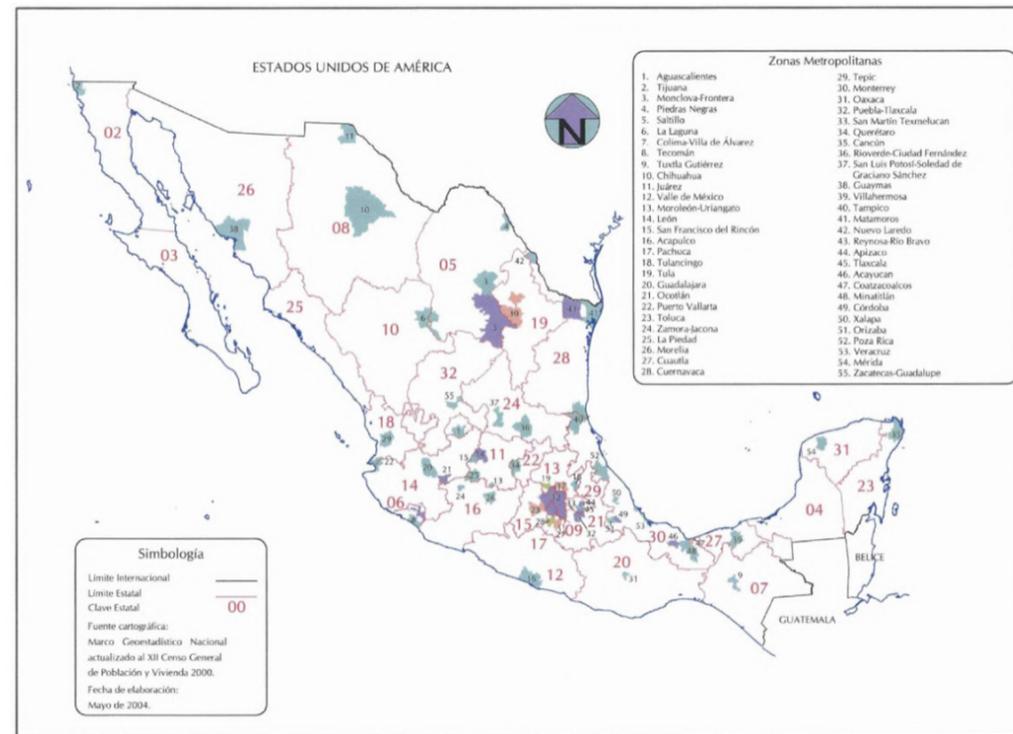


Figura 1. Zonas metropolitanas en México por SEDESOL, 2008.

cabe mencionar que el 71% del producto interno del país se genera en dichas zonas.

Actualmente existen diversas metodologías, modelos y software especializado en el estudio de los diferentes sistemas de transporte que posee una ciudad, que normalmente se han formulado a partir de experiencias de los países más desarrollados, habiendo pocas experiencias que se centren en países del tercer mundo o países en vías de desarrollo.

Estas metodologías, desarrolladas a partir del enfoque de cuantificación de la demanda que introdujeron los primeros estudios de tráfico urbano, han ido sufriendo una evolución conceptual e instrumental importante caracterizada por un enfoque global, mas no particular para atender problemáticas específicas de ciudades o conjunto de ciudades que funcionan como zonas metropolitanas.

A pesar que los problemas de movilidad en las ciudades son claros, las posibles soluciones a estos son contradictorias y se

encuentran en etapas prematuras, es aquí donde se destaca el importante papel de la investigación.

De lo anterior, se establece que conocer las relaciones de las variables más importantes que influyen en el funcionamiento del sistema de transporte conlleva a medir esa variabilidad, que define el estado de servicio de un sistema en particular. Para ello, se puede utilizar métodos estadísticos que permitan conocer valores puntuales del sistema de transporte público en una zona metropolitana; a partir de lo anterior, se pueden plantear estrategias que puedan optimizar el funcionamiento de sistemas de transporte, basado en la tendencia del crecimiento de la ciudad y, sobre todo, en el comportamiento de las variables.

De acuerdo al Programa de Ordenamiento de la Zona Metropolitana de Tuxtla Gutiérrez (ZMTG), en 2005 se consideró inicialmente a Tuxtla Gutiérrez y Chiapa de Corzo como Zona Metropolitana. En 2009, en un estudio del Consejo para el Desarrollo

Metropolitano de Tuxtla Gutiérrez, se propone la ampliación de la ZMTG incorporando a Berriozábal y considerando la integración de Suchiapa, San Fernando y Ocozocoautla de Espinosa, debido a la interacción socioeconómica y territorial que existe entre estas ciudades para ordenar el crecimiento de las mismas a través de los lineamientos del Ordenamiento Ecológico y Territorial y los planes de Desarrollo Urbano (Ayuntamiento de Tuxtla Gutiérrez, 2011).

La ZMTG oficialmente está conformada sólo por tres municipios, pero debido a la cercanía e integración regional, para la presente investigación se presenta el análisis en conjunto con los municipios de Ocozocoautla de Espinosa, San Fernando y Suchiapa. En la figura 2 se observa un plano general de la zona metropolitana, que contiene los seis municipios que son considerados en la propuesta para integrar en conjunto la ZMTG.



Figura 2. Zona metropolitana de Tuxtla Gutiérrez (ZMTG) por Google Maps. <https://www.google.com.mx/maps/@16.7455351,-93.0849977,11.71z/data=!5m1!1e4>

En el gráfico 1 se observa la integración de la extensión territorial de la ZMTG en consideración, además cuenta con 9 accesos carreteros pavimentados. Cabe mencionar que la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, como capital del estado de Chiapas, cuenta con diversos puntos que solventan diferentes necesidades de la población, como salud, educación, trabajo, etc.

Las condiciones que experimentan los usuarios en el sistema de transporte del caso de estudio (Tuxtla Gutiérrez, Chiapas) están determinadas por la heterogeneidad del sistema, que es tan alta que, en general, no es posible concluir que estadísticamente los valores promedio de los niveles de servicio son aceptables. Sin embargo, se puede hablar de tendencias; en este caso, la tendencia es que el sistema tiene una sobreoferta, que va de la mano con una baja velocidad de servicio (Ballinas et al, 2019).

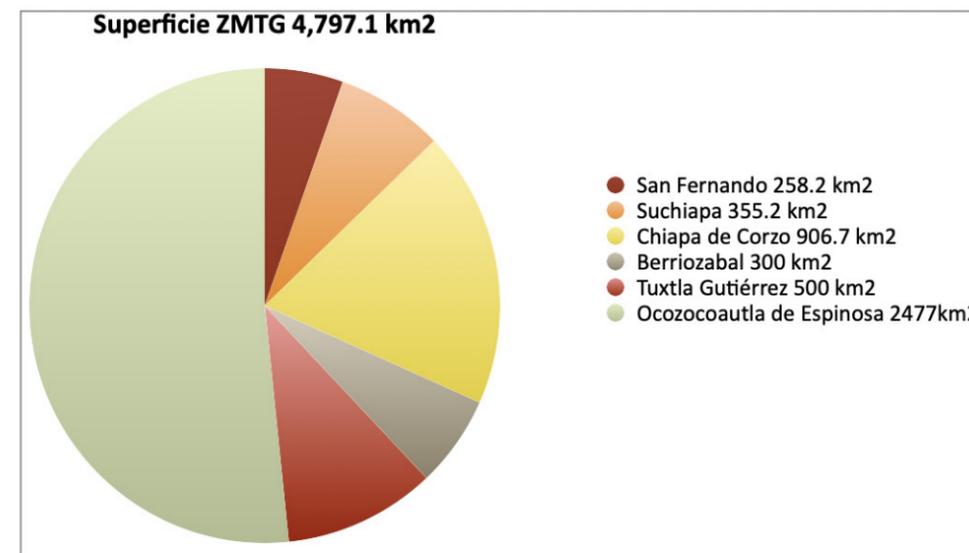


Gráfico 1. Superficie de la ZMTG. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020

A continuación, en el gráfico 2 se presenta la distribución demográfica de la ZMTG que se conforma oficialmente por 3 municipios que son Tuxtla Gutiérrez, Chiapa de Corzo, Berriozábal, que en total suman 945,671 habitantes (INEGI, 2014).

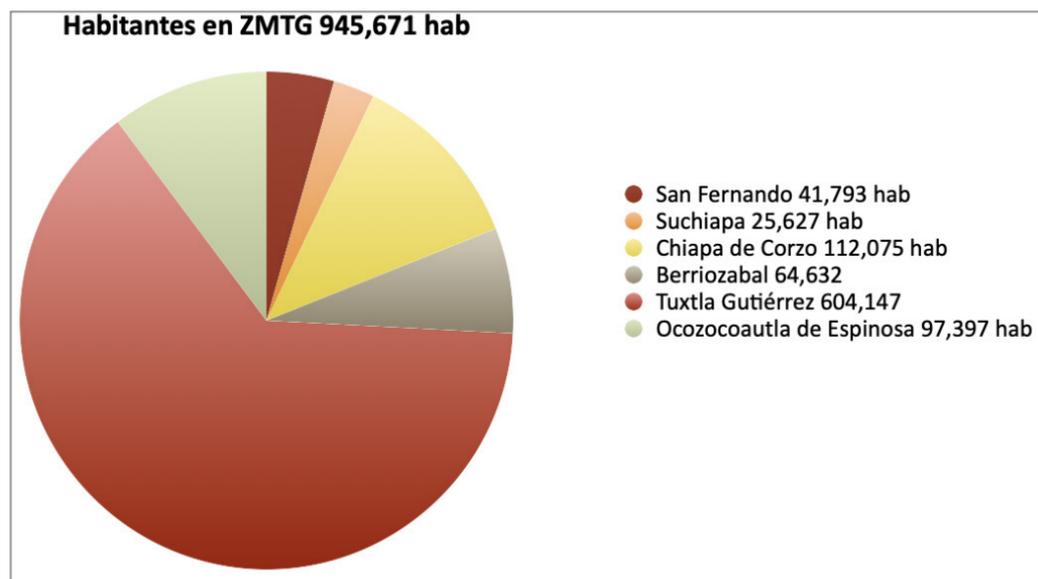


Gráfico 2. Habitantes de la ZMTG. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020

En la literatura existente, se encuentra un Plan Integral de Transporte Público Metropolitano, en el cual se hace un estudio general de las características y soluciones a problemáticas puntuales de transporte público en la ZMTG, y se propone un corredor de transporte transversal que atraviesa la ciudad de Tuxtla Gutiérrez de poniente a oriente, además de establecer paradas de corto recorrido en los accesos a la ciudad con el enfoque de recibir ahí al transporte que proviene de otros municipios o ejidos aledaños (Ballinas et al, 2020).

Estas soluciones están muy bien fundamentadas, pero no se cuenta con un análisis puntual aplicado a los municipios que se proponen que integren la ZMTG. A fin de definir la cantidad de vehículos de transporte público que transitan entre cabeceras municipales, si bien se cuentan con más de 53 rutas foráneas que arriban a la ZMTG de diferentes lugares del estado de Chiapas, primero se debe abordar la problemática de los municipios colindantes y, sobre ese análisis, proponer soluciones que se integren a la magnitud de la ZMTG (Ballinas et al, 2020).

De acuerdo a la bibliografía,

no se cuenta con método cuantitativo y específico que permita medir y realizar un diagnóstico de un sistema de transporte. Por lo anterior, en esta investigación se presenta un proceso metodológico para realizar una medición puntual de las variables principales dentro del sistema de transporte público de la ZMTG. La herramienta estadística utilizada es la correlación lineal, debido a que permite definir si existe o no una correlación lineal y, en caso de existir, permite definir el grado de correlación.

Desarrollo

En esta investigación se presenta un diagnóstico de la ZMTG. La metodología se estructura en dos fases: en primera, la caracterización de variables de estudio y, en la segunda, la recopilación de información y obtención de resultados.

1.- Caracterización de variables de estudio

En la tabla 1, se observa la caracterización de los vehículos utilizados en el sistema de transporte de la ZMTG.

Tipos de vehículos utilizados como transporte público			
Autobús	Suvs	Sprinter	Automóvil Sedan
35 – 44 pasajeros	14 – 16 pasajeros	16 -18 pasajeros	4 pasajeros

Tabla 1. Caracterización de vehículos automotores utilizados en la ZMTG. Elaboración propia

Otro elemento de importancia para acrecentar la problemática es la existencia de 85 rutas suburbanas, que en su mayoría realizan la operación similar a rutas urbanas, dichas rutas conforman la zona metropolitana de Tuxtla que conectan con municipios colindantes que mantienen una cercanía con Tuxtla Gutiérrez, como son Chiapa de Corzo, Suchiapa, Berriozábal,

San Fernando, Ocozocoautla y Osumacinta (Ballinas et al, 2019).

La ZMTG cuenta con un total de 9 accesos principales carreteros pavimentados, como se muestra en la tabla 2, los cuales constituyen las principales vías de acceso. Con base en lo anterior, se establece que la ZMTG cuenta con cuatro principales vías de acceso, dos en la zona poniente y dos en zona oriente.

Nombre de carretera	Ruta	Red	Acceso a
Ocozocoautla – Entronque El Sabino	Mex 190	Federal –	Poniente
Tapanatepec – Tuxtla Gutiérrez	Mex 190	Federal –	Poniente
Terán – Chicoasén	Mex 190	Federal –	Poniente
Tuxtla Gutiérrez – Angostura	Mex 190	Federal –	Oriente
Tuxtla Gutiérrez – Cd- Cuauhtémoc	Mex 190	Federal –	Oriente
Tuxtla Gutiérrez – San Cristóbal de las Casas (Cuota)	Mex 190 D	Federal – Cuota	Oriente
Libramiento Sur de Tuxtla Gutiérrez	CHIS	Estatad – Libre	Poniente
Tuxtla Gutiérrez – Portillo Zaragoza	CHIS 133	Estatad – Libre	Oriente
Chiapa de Corzo – Amatenango del Valle	CHIS	Estatad – Libre	Oriente

Tabla 2. Accesos principales en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Elaboración propia

Pero, ¿qué es una variable? El término está tomado de las matemáticas, utilizándose de forma bastante elástica en el ámbito de las ciencias sociales. Por lo general, se utiliza como sinónimo de “aspecto”, “propiedad” o “dimensión”, propiedad o característica de un objeto o fenómeno que presenta variaciones en sucesivas mediciones temporales; de otra forma, se trata de una característica observable o un aspecto discernible en un objeto de estudio que puede adoptar diferentes valores o expresarse en varias categorías (Cauas, 2015).

Dentro de este marco, en esta investigación se definen las variables independientes y dependientes: el flujo vehicular es la variable independiente y la velocidad es la variable dependiente, ya que en el

análisis del flujo vehicular describe la forma de cómo circulan los vehículos en cualquier tipo de vialidad, lo cual permite determinar el nivel de eficiencia de la operación. Se fundamenta con el estudio de los siguientes parámetros: Flujo vehicular y Velocidad.

Con el análisis del flujo vehicular se pueden medir las características y comportamientos del tránsito, requisitos fundamentales en el funcionamiento del sistema de transporte. El flujo vehicular (q) es la cantidad o frecuencia a la cual pasan los vehículos por un punto o sección transversal de un carril o calzada. La tasa de flujo es pues el número de vehículos “ que pasan durante un intervalo de tiempo específico , como se observa en la fórmula 1.

El flujo vehicular puede determinarse mediante:

$$q = \frac{n}{T} \dots (1)$$

Donde:

q = El flujo vehicular
 n = el número de vehículos que transitan por un punto en el camino
 T = Lapso de tiempo de la medición, pueden ser segundos, minutos, u horas.

En relación a la idea anterior, otra variable indispensable sobre el funcionamiento de sistemas de transporte es la velocidad, que se define como la relación que se establece entre el espacio o la distancia que recorre un objeto y el tiempo que invierte en ello.

$$V = \frac{d}{t} \dots (2)$$

Donde:

V = Velocidad
 d = Distancia en metros
 t = Tiempo en segundos, minutos u horas

De lo anterior, se establece que es viable el uso de métodos estadísticos para el análisis de dichas variables. Dentro de los métodos consultados en literatura, existe uno que permite medir la correlación de dos variables y arroja un alto grado de confiabilidad, debido a la funcionalidad y aplicación de datos. Dicho método se define como “la covarianza es una medida del grado de asociación entre dos variables” (Rustom, 2012, p. 69).

La covarianza es un valor que indica el grado de variación conjunta de dos variables aleatorias. Es el dato básico para determinar si existe una dependencia entre ambas variables y además es el dato necesario para estimar el coeficiente de correlación lineal, tal coeficiente es una medida de regresión que pretende cuantificar el grado de variación conjunta entre dos variables, es decir, indica el grado de linealidad entre dos variables.

Se calcula:

$$r^2 = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} \dots (3)$$

Donde:

r^2 = Coeficiente de correlación
 σ_{xy} =Es la **covarianza** entre el valor “x” y “y”.
 $\sigma_x \sigma_y$ = El producto de las desviaciones estándar de “x” y “y” por separado

2.- Recopilación de información y obtención de resultados

Respecto a la recopilación de información, se inscribe en una metodología que permita medir exclusivamente a vehículos de transporte público; existen métodos automáticos, como son lazos inductivos o tubos neumáticos, pero estos miden en forma general la cantidad de ejes de cada vehículo que pasa por cierto punto, lo que para la presente investigación no es viable, debido a la caracterización puntual de transporte público que se requiere para las mediciones.

Con lo anterior, se eligió un método que sí permitiera identificar las variables de estudio. El método manual de conteo de flujo de tránsito permite clasificar a los vehículos por tamaño, tipo, número de ocupantes, carril de circulación, dirección de circulación, entre otras propiedades muy diversas (SCT, 2016).

Para la realización del método manual, se definen intervalos de horas picos durante el día dentro de la ZMTG; en la zona oriente se identificaron dos intervalos: Matutino 7:00 AM – 9:00 am y Vespertino 1:00 PM- 3:00 pm. De acuerdo a la caracterización vehicular antes mencionada, se establecieron cuatro puntos de control en la ZMTG, que se observan en la figura 3, en donde se establece el estudio de transporte público de seis municipios: el municipio de Tuxtla Gutiérrez como destino final y los municipios de Berriozábal, Chiapa de Corzo, Ocozocoautla de Espinosa, San Fernando y Suchiapa como puntos de inicio. Por lo anterior, se definen cuatro puntos estratégicos para realizar los aforos, debido a que en esos puntos es por donde transitan las unidades de transporte público. En la tabla 3 se muestran los puntos de medición de la ZMTG.

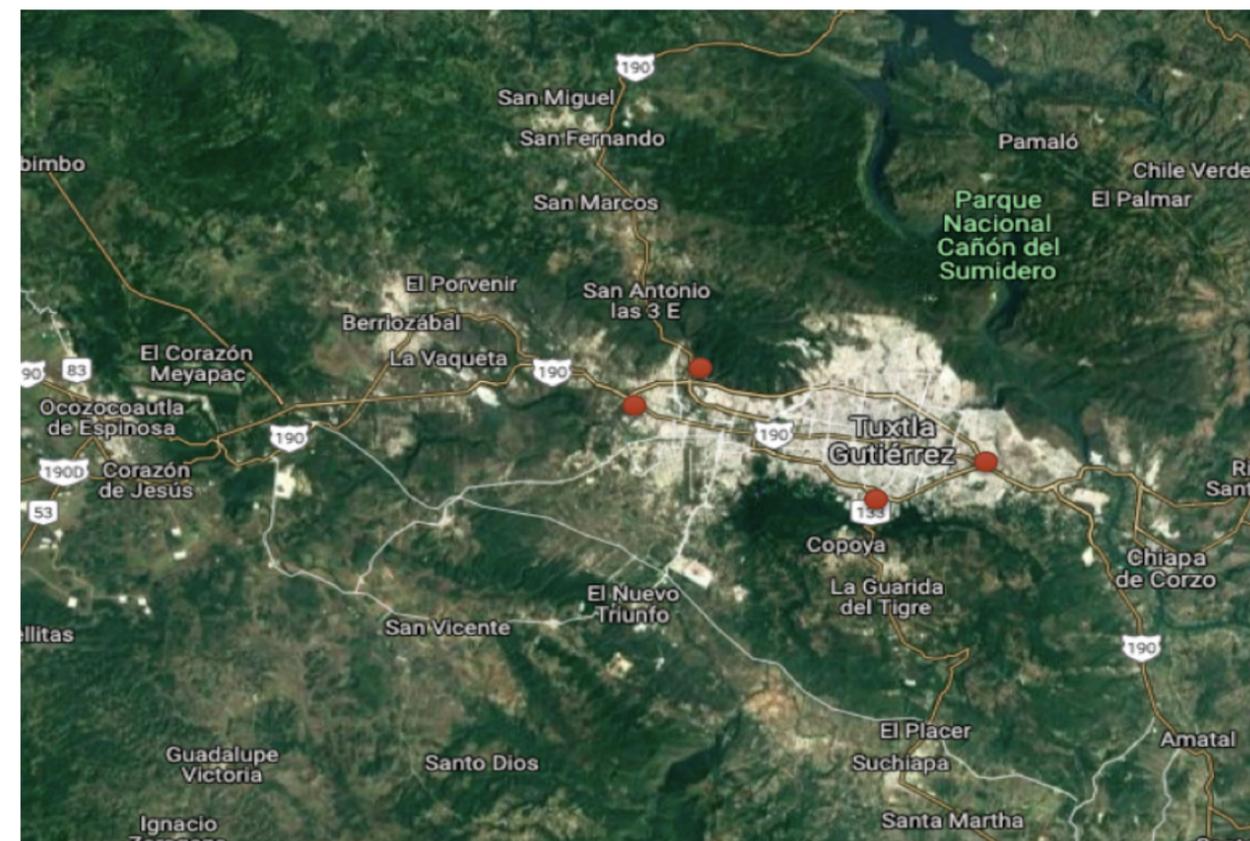


Figura 3. Principales vías de acceso de la ZMTG por Google Maps.
<https://www.google.com.mx/maps/@16.7455351,-93.0849977,11.71z/data=!5m1!1e4>

Puntos de control de la ZMTG	
Punto oriente 1:	Carretera Internacional San Cristóbal de Las Casas - Tuxtla Gutiérrez
Punto oriente 2:	Carretera Villaflores – Libramiento Sur
Punto poniente	Carretera Tuxtla Gutiérrez – Chicoasén entronque con Boulevard
Punto poniente 2:	Carretera Internacional Panamericana entronque con Libramiento Norte de Tuxtla Gutiérrez

Las mediciones se realizaron con un formato simple de aforo y las variables se midieron con relación a las horas pico de los cinco días laborales de la semana durante seis meses, con fecha de inicio en enero de 2021 y de término en junio del mismo año, con una elección aleatoria de dichos horarios y días, a fin de evitar sesgos de información.

Resultados

De acuerdo a la metodología utilizada, se describe a continuación los resultados obtenidos:

Respecto a la velocidad de operación, se toma como punto de inicio cada uno de los cuatro puntos de control y punto final la terminal base. En el gráfico 3 se observa el comportamiento de la velocidad de cada punto, en general se estima una velocidad promedio de tránsito de 11.8 km/hora.

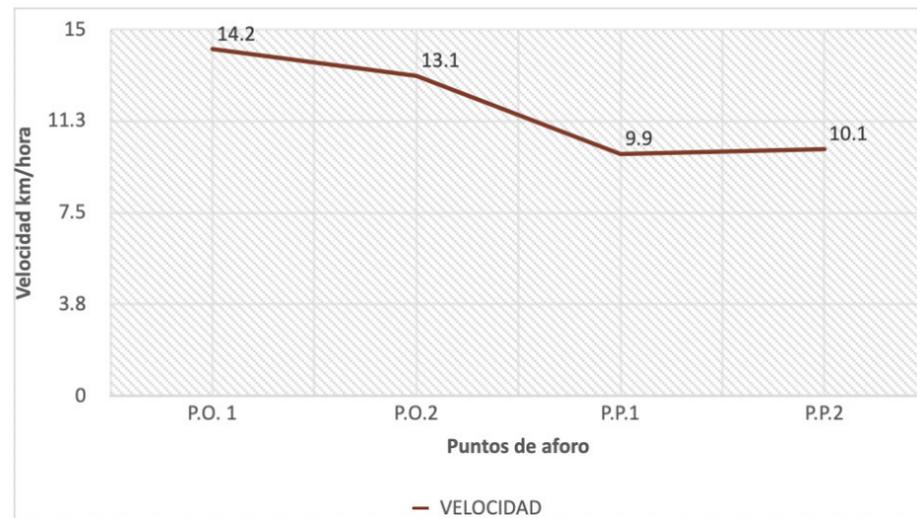


Gráfico 3. Velocidad promedio viaje sistema de transporte ZMTG. Elaboración propia

Por otra parte, en el caso del flujo vehicular de la ZMTG, las estimaciones corresponden a un día. En el gráfico 4 se observa el comportamiento del flujo vehicular de cada punto, en general se estima que el flujo total del sistema en la ZMTG es de 5'925 vehículos por día.

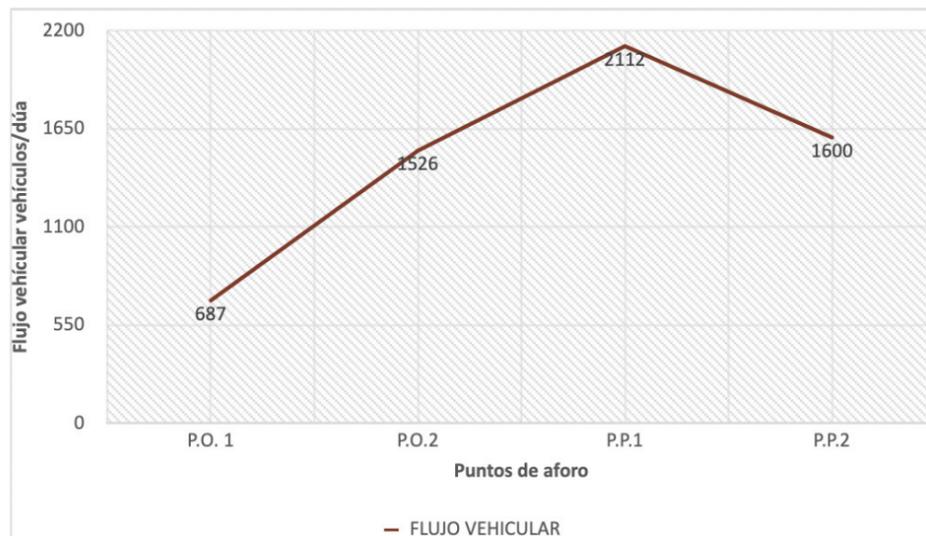


Gráfico 4. Flujo vehicular sistema de transporte ZMTG. Elaboración propia

A continuación, en la tabla 4 se presentan los resultados de correlación de las variables flujo vehicular y velocidad que corresponden al sistema de transporte de la ZMTG.

CORRELACIÓN DEL SISTEMA		
PUNTOS	FLUJO	VELOCIDAD
P.O. 1	687	14.2
P.O. 2	1526	13.1
P.P. 1	2112	9.9
P.P. 2	1600	10.1
TOTALES	5925	11.825
CORRELACIÓN	-0.850938734	

Tabla 4. Correlación del sistema de transporte de la ZMTG. Elaboración propia

La correlación mide tanto la fuerza como la dirección de la relación lineal entre dos variables. En el caso de los valores de covarianza negativos indican que los valores por encima del promedio de una variable están asociados con los valores por debajo del promedio de la otra variable.

Respecto a la correlación del sistema de transporte de la ZMTG, en el gráfico 5 se observa que existe una correlación lineal alta negativa, lo que implica que mientras el flujo vehicular aumenta disminuye la velocidad.

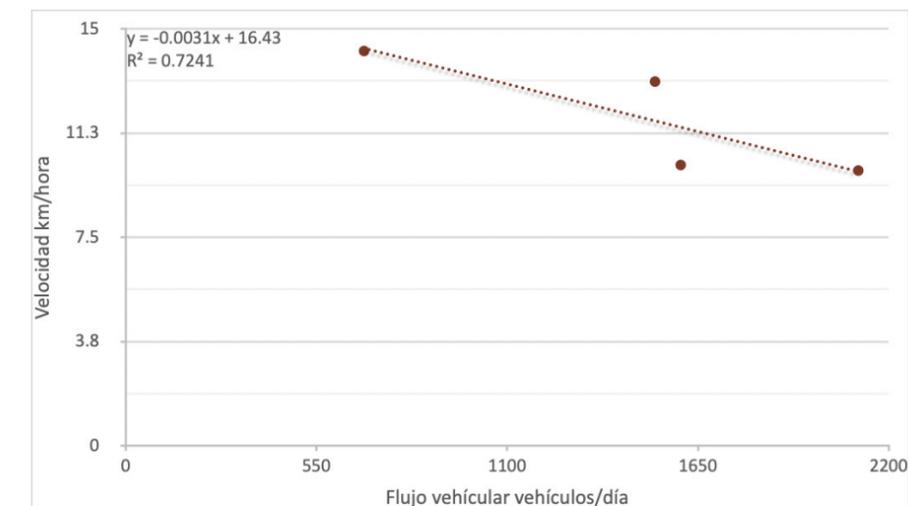


Gráfico 5. Correlación flujo vehicular respecto a velocidad del sistema de transporte ZMTG. Elaboración propia

Conclusiones

El presente estudio presenta datos que indican un alto flujo vehicular que asciende hasta los casi 6,000 vehículos al día, y sólo de transporte público, lo cual genera un congestionamiento considerable, debido a que, de acuerdo al aumento del flujo vehicular diagnosticado, la velocidad del sistema disminuye. Por lo tanto, disminuye el nivel de servicio en el arroyo vial de la ZMTG.

Se identificó que alrededor el 60% de vehículos del sistema de transporte público de la ZMTG finaliza su recorrido en la zona centro de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, ya que en esa zona se concentran las terminales o paradas finales y desde donde inician el recorrido de regreso.

Además, al presentar un alto flujo vehicular sobre las avenidas primarias de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, una alternativa que podría ayudar a mejorar el funcionamiento del sistema de transporte es el proyecto de construcción y puesta en marcha de terminales de corto recorrido tanto para lado oriente como lado poniente, con el objetivo de contener el alto flujo vehicular de los municipios que integran

la ZMTG. Lo anterior, también implica modernizar y optimizar el transporte público urbano municipal de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, a fin de brindar a los usuarios traslados seguros, confortables y con menores tiempos de traslado.

El 80% de vehículos transitan por las vialidades primarias de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, como son Boulevard “Belisario Domínguez” y “Ángel Albino Corzo”, 9ª avenida sur y 5ª avenida norte, lo que genera un mayor congestionamiento, ya que se suman con el flujo vehicular del transporte público local.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se justifica el realizar la gestión correspondiente para conformar oficialmente la ZMTG con los seis municipios que integran el presente estudio, ya que, como se demuestra en la investigación, tienen un alto grado de correlación y es necesario abordar soluciones que integren un estado de servicio en conjunto.

Por último, se deja a consideración futuras líneas de investigación el estudio de sistemas de transporte de carga, de encuestas a usuarios para definir la calidad y accesibilidad en el servicio de transporte público de la ZMTG.

Lista de Referencias

- Aguirre J. (2017). *Movilidad Urbana en México*. IBDSR
- Ballinas, G. Suárez, R. Y Nazar, M. (2019). Medición de Índices de Calidad en el Funcionamiento de Transporte Público en Ciudades Intermedias. *Revista Pakbal*. Universidad Autónoma de Chiapas.
- Ballinas G. Suárez R. Y Argüello T. (2020). Revisión de Flujo en Transporte Público, Región Poniente de la Zona Metropolitana de Tuxtla Gutiérrez. *Revista Pakbal*. Universidad Autónoma de Chiapas.
- Ballinas Salazar, G. A., Suárez Gómez, R., & Cruz Solís, J. J. (2021). Análisis de Flujo en Transporte Público, Región Oriente de la Zona Metropolitana de Tuxtla Gutiérrez. *Revista Pakbal*, 1(1), 33-38. <http://revistas.unach.mx/index.php/pakbal/article/view/14>
- Carranca Palomo, H. (2017). *Diagnóstico, Análisis y Propuestas sobre el Transporte Público del Área Metropolitana de Monterrey*. Monterrey y Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Cauas, D. (2015). Definición de las variables, enfoque y tipo de investigación. *Bogotá: Biblioteca electrónica de la Universidad Nacional de Colombia*, 2, 1-11.
- García M. (2017). *Evaluación de la dimensión operativa del transporte colectivo en el área metropolitana de Mendoza*. Argentina.
- Gibson, J. (2001). *Teoría de flujos vehiculares*. Santiago, Chile: Mauro Huenupi.
- Gobierno del Estado de Chiapas (2018). *Diagnóstico de Movilidad Urbana. Plan Integral de Movilidad Urbana Sustentable en la Zona Metropolitana de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas*. Tomos I, II, III, IV, V, VI y VII. <https://iciplam.tuxtla.gob.mx/pimus>
- Gobierno del Estado de Morelos (2012). Programa Estatal de Desarrollo Urbano (2007-2012). *Diagnóstico del nivel de integración funcional del territorio*. Morelos, México.
- H. Ayuntamiento Tuxtla Gutiérrez (2011). *Programa de ordenamiento de la Zona Metropolitana de Tuxtla Gutiérrez*.
- Herce et al. (2002). *La Ingeniería en la evolución de la urbanística*. Barcelona: Ediciones UPC.
- INEGI (2020). *Censo de Población y Vivienda*.
- Instituto Mexicano del Transporte (2007). *Conceptos básicos. Análisis de los sistemas de transporte. Publicación técnica*, 1(307).
- Instituto Mexicano del Transporte (2009). *Movilidad regional en Chiapas, información básica para la planeación del transporte. Publicación técnica*, 330.
- Mella, F. A. (2015). *Evaluación de Accesibilidad al Sistema de Transporte Público en el Centro de Concepción*. Concepción, Chile: Universidad Católica de la Santísima Concepción.
- Ley General de Movilidad y Seguridad Vial (17 de mayo de 2022). *Nueva Ley DOF*. Ciudad de México. Secretaría de Desarrollo Social, Consejo Nacional de Población e Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2004). *Delimitación de las zonas metropolitanas de México*. Ciudad de México.
- Sobrino J. (2000). Zonas metropolitanas de México en 2000: conformación territorial y movilidad de la población ocupada. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 18(3).
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2007). *Análisis de los sistemas de transporte*.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2009). *Movilidad regional en Chiapas, información básica para la planeación del transporte*.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2016). *Manual para Obtener los Volúmenes de Tránsito en Carreteras*.
- Silva, M., García, A. y Hernando A. (2015). *Crecimiento de la mancha urbana en la Zona Metropolitana de Tuxtla Gutiérrez*. Chiapas, México.

UN UNIVERSO DE
**DIVERSIÓN
Y CIENCIA**
TE ESPERA

Jueves
9:00 - 16:00 hrs
**Viernes, sábados
y domingos**
9:00 - 13:00 hrs
y de 16:00 a 20:00hrs

PLANETARIO TUXTLA

El planetario contiene la más alta tecnología de proyecciones de imágenes de México y América Latina, donde podrás descubrir la magia de la astronomía y conocerás más acerca del universo.

SBEEL
DINOSAURIOS

**¡Ven a vivir la
Aventura!**

En el Museo de Ciencia y Tecnología
MARTES A DOMINGO
DE 10:00 AM A 2:00 PM
(MIÉRCOLES EN LA ENTRADA DE UN ADULTO - 1 NIÑO GRATIS)



Ciencias agropecuarias

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE TRES VARIEDADES DE LILIS (LILIUM SP) EN CONDICIONES CONTROLADAS, EN EL MUNICIPIO DE RAYÓN, CHIAPAS

Magalidia Arébalo Madrigal y Josué Bernabé Yáñez Coutiño

Resumen

Lilium sp es una especie de gran importancia económica dentro de la producción y comercialización de flores de corte en el mercado internacional. De las flores que más se venden en el mundo están en primer lugar las rosas, seguidas por los crisantemos, tulipanes, claveles y lirios. *Lilium sp* es una perenne herbácea de tipo bulbosa que en la actualidad ocupa el quinto lugar dentro de las flores de corte.

El objetivo general de este estudio fue llegar a determinar cuál de las tres variedades llega a adaptarse mejor a las condiciones de invernadero tipo macrotúnel establecida en el municipio de Rayón, Chiapas. Con este fin se evaluaron un total de 135 plantas. La toma de datos se hizo una vez por semana a partir de la cuarta semana después de la siembra. Las variables analizadas fueron número de botones por planta, altura del tallo, diámetro del tallo, número de hojas, días de emergencia y longitud del botón.

Se realizaron graficas en Excel para poder analizar los efectos de los tratamientos. Según los resultados, la variedad que tuvo mejor comportamiento fue el color naranja quien tuvo un gran efecto en cuanto al desarrollo grosor de tallo, número de hojas, números de flor, largo de tallo, parámetros importantes que debe tener una planta para su desarrollo y crecimiento. Para obtener plantas de buena calidad en el momento de corte se les recomienda a los productores de Lilis (*Lilium sp*) utilizar la variedad de color naranja.

Palabras clave:

bulbosa, variables, botones por planta, días de emergencia.

Lilium sp is a species of great economic importance in the production and commercialization of cut flowers in the international market, of the flowers that are sold the most in the world are roses followed by chrysanthemums, tulips, carnations and lilies. *Lilium sp* is a bulbous herbaceous perennial that currently ranks fifth among cut flowers.

The general objective of this study was to determine which of the three varieties better adapt to the macro-tunnel-type greenhouse conditions established in the municipality of Rayón, Chiapas. For this purpose, a total of 135 plants were evaluated. Data collection was done once a week from the fourth week after sowing. The variables analyzed were number of buttons per plant, stem height, stem diameter, number of leaves, days of emergence and button length.

Graphs were made in Excel to be able to analyze the effects of the treatments. According to the results, the variety that had the best performance was the orange color, which had a great effect in terms of the development of stem thickness, number of leaves, flower numbers, stem length, important parameters that a plant must have for its development and increase. To obtain good quality plants at the time of cutting, it is recommended that producers of Lilis (*Lilium sp*) use the orange variety.

Keywords:

bulbous, variables, buttons per plant, emergence days.



Foto: Gobierno de México

Summary

Introducción

Las flores más vendidas en el mundo son en primer lugar las rosas, seguidas por los crisantemos, los tulipanes, los claveles y en quinto lugar los *Lilium* (Klock, 1997). El *Lilium sp* es una especie que tuvo sus orígenes en unas pequeñas islas de Japón. Se caracteriza por ser una planta perenne herbácea con bulbos de tipo escamoso (Bañón et al. 1993). Existen evidencias de que el *Lilium sp* se ha cultivado desde hace más de 3,000 años y es mencionado en el antiguo y nuevo testamento. Para la religión cristiana el *Lilium* de color blanco es símbolo de pureza y fe (Francescangeli, 2007).

En cuanto a la producción de bulbos, Holanda maneja el monopolio con 3.500 hectáreas (ha) que se desarrollan, por otra parte, hay también producciones de bulbos en Japón, Estados Unidos y en Francia. Respecto a la producción para flor cortada, representa 20 ha en Holanda y más de 80 ha en Francia y en Italia. Los principales proveedores de la Unión Europea son Israel, Kenia y Colombia, siendo el *Lilium* la flor más exportada durante el año 2001. La velocidad de expansión de este cultivo está condicionada por el precio de los bulbos. Este precio, en general, se puede considerar alto, lo que constituye un freno al incremento de la superficie cultivada. A pesar del condicionamiento anterior, la gran aceptación por el público de esta flor y su buena cotización en los mercados ha llevado a que en los últimos 10 años se haya triplicado su superficie de cultivo (Ibáñez, 2016).

El *Lilium* como flor de corte actualmente ocupa el tercer lugar a nivel mundial, en México también ha tenido un incremento como flor de corte durante todo el año, tanto en el mercado nacional como en el de exportación. Por su belleza se le encuentra en todo tipo de arreglos florales además de tener una vida de florero prolongada. Este aumento también se debe en gran parte a las nuevas técnicas de producción, mejorando su tamaño y coloración y, unido a ello, la creciente demanda de los consumidores. Según expertos, el país puede llegar a ser un importante productor y exportador de flores, actualmente, se cultivan en promedio 11,000 has, entre ellas el *Lilium* (Claridades Agropecuarias, 2006).

La producción más importante del territorio nacional se encuentra en el Estado de México, Morelos, Puebla, Sinaloa, Baja California, San Luis Potosí y CDMX. El Estado de México es el principal productor, produce el 80% del 11° valor de la producción nacional. El municipio de mayor producción es Villa Guerrero con 59.2% de la producción nacional, le continúa Texcoco, Tenancingo, Coatepec de Harinas y Tepetlixpa (SAGARPA, 2012).

Sin embargo, en el sur de Chiapas la producción de lilis es nula debido a que no existen agricultores que tengan conocimientos técnicos de este cultivo, ya que se dedican principalmente en la producción de cultivos básicos para su autoconsumo. Es por ello que se establece tres variedades de lilis (*Lilium sp*) para evaluar la adaptabilidad, en cuanto a la germinación, desarrollo, crecimiento, tamaño de la varetas, número de flores mediante el diseño experimental de bloque completo al azar, con el objetivo de que el manejo sea uniforme y con las mismas condiciones bajo un macrotúnel.

El impacto social es incentivar a los agricultores de la región de que, además de establecer cultivos básicos para su autoconsumo, tengan una visión diferente acerca de la floricultura, puesto que es un tipo de cultivo que genera ingresos y empleo para las personas de la región minimizando las emigraciones a otros estados y países; asimismo de ser una agricultura sustentable protegida que minimice productos químicos cuidando al medio ambiente.

El objetivo de establecer este tipo de flor de corte es evaluar la adaptabilidad de las tres variedades de lilis, el comportamiento de acuerdo a las condiciones climáticas de la región y poder determinar qué variedad se adapta mejor en cuanto a todas las variables ponderadas.

Objetivos

> Objetivo general

Evaluar del comportamiento agronómico de tres variedades de Lilis (*Lilium sp*) en condiciones controladas en el municipio de Rayón, Chiapas.

> Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto de los tratamientos sobre la precocidad de la floración de las variedades de color guinda, blanco y naranja de Lilis (*Lilium sp*).
2. Comparar el efecto de los tratamientos sobre el diámetro y la altura del tallo en las dos variedades de *Lilium* (*Lilium sp*).
3. Identificar la variedad idónea para las condiciones ambientales que imperan en el municipio de Rayón, Chiapas.

Hipótesis

Ho: Ninguna de las variedades evaluadas muestra un comportamiento diferente sobre las condiciones ambientales del municipio.

Ha: Al menos una de las variedades evaluadas muestra un comportamiento diferente a las condiciones climáticas del municipio.



Materiales y métodos

> Ubicación del proyecto

El trabajo se realizó del 06 de marzo al 25 de septiembre de 2019, bajo el sistema protegido dedicado a la producción de Lilis (*Lilium sp*), propiedad de la Universidad Tecnológico de la Selva (UTS), que se encuentra ubicado en el municipio de Rayón, Chiapas. Se evaluó la adaptación de tres variedades de color de flor de Lilis (guinda, blanco y naranja), utilizando como testigo la variedad color naranja (*Lilium sp*), bajo condiciones protegido.

Se realizó en un sistema protegido en macrotúnel en la Universidad Tecnológica de la Selva, ubicada en el municipio Rayón, que se ubica en las montañas del norte -de ahí su intrincada orografía-, localizado a los 17° 12" latitud

norte y 93° 00" longitud oeste. Limita al norte con el municipio de Tapilula, al este con Pueblo Nuevo Solistahuacán, al sur con Jitotol, al oeste con Pantepec. El municipio presenta climas cálidos y semicálidos y templados húmedos, con un rango de precipitación de 1500 -4 000mm y un rango de temperatura 20-26°C (INEGI, 2005).

> Diseño experimental y tratamientos

Se manejó bajo un diseño experimental en bloques completamente al azar (DCA), el cual consistió de tres tratamientos correspondiendo a cada uno de los bloques, donde cada bloque pertenece a tres tratamientos de 17 plantas con sustrato de tierra de cafetal, con 17 repeticiones cada uno, se cuenta con 17 unidades experimentales por tratamiento, por lo que se suma un total de 153 unidades experimentales, y se tiene un total de 153 plantas de lilis por todo el experimento y cuyo modelo estadístico fue el siguiente (véase Gráfico 1).

Con los resultados obtenidos se realizó una prueba Duncan con un nivel de significancia de $P < 0.05$, para determinar si existió diferencia significativa entre los tratamientos que nos conlleve a determinar la variedad que mejor se adaptó a las condiciones dadas. El análisis fue hecho con el programa Statistical Analysis System (SAS V 9.11).

En el presente trabajo, se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

- ✦ Estacas para el sostén del tutorado tipo malla
- ✦ Rafias para el tutorado
- ✦ Flexómetro
- ✦ Bomba aspersor
- ✦ Mangueras
- ✦ Rotoplas
- ✦ Costales
- ✦ Cubetas
- ✦ Herramientas de campo
- ✦ Picos
- ✦ Palas
- ✦ Machetes
- ✦ Tijeras podadoras
- ✦ Rastillo

Foto: Gobierno de México

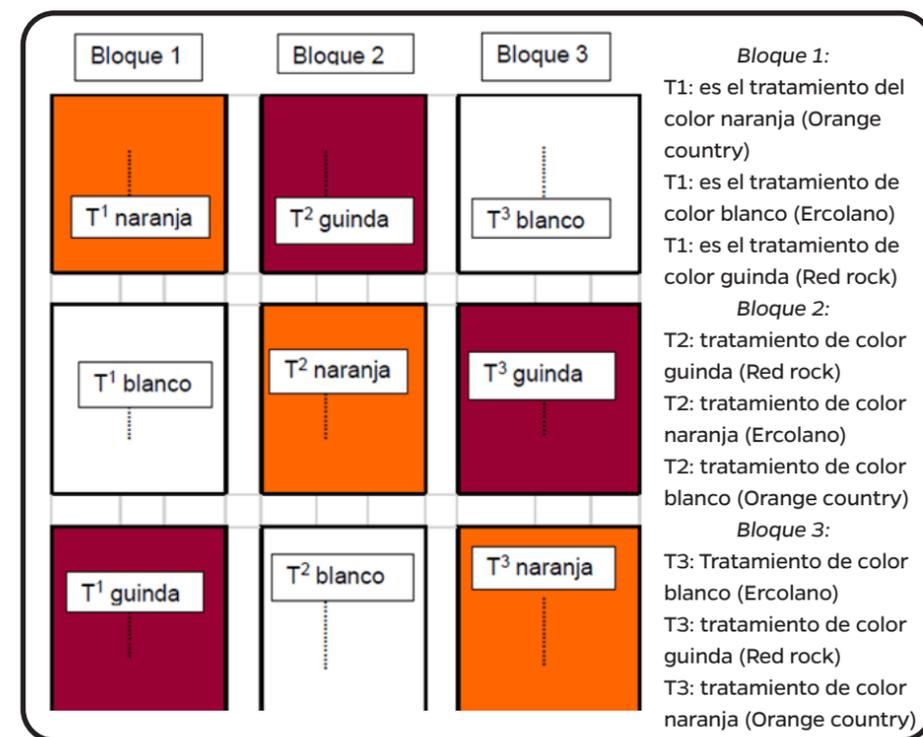


Gráfico 1

> Variables Evaluadas

• Longitud del Botón (LB):

Se midió la longitud del botón con un Vernier realizándose desde la base hasta la punta de los botones florales. El resultado se expresó en cm.

• **Diámetro de Tallo (DT):** Variable que fue medida con ayuda de un Vernier el día de la cosecha. Estas mediciones fueron expresadas en cm.

• Número de Botones por Planta (NBP):

Se realizó el conteo de número de botones presentes por planta.

• Altura de Planta (AP):

Datos que fueron tomados de forma semanal a partir de la cuarta semana a la siembra; se midió el largo de la planta, considerándose desde el cuello hasta la parte superior del botón floral más alto. Estas mediciones fueron expresadas en cm.

• Días a la Formación de Botones Florales (DFBF):

Se registró el número de días hasta que se formaron los botones florales, por unidad experimental y por tratamiento.

• Tiempo de Duración de la Flor (TDF):

Se tomaron los datos a partir del día de la cosecha hasta el día en que se marchito la última flor de las varas florales.

• Días a la Cosecha (DC):

Se registró el número de días que transcurrió desde la siembra hasta el corte de las varas florales, considerando que la misma se realizó de diferentes días debido a la desuniformidad en la madurez de los botones florales.

• Días a Germinación (DG):

Se contabilizó los días que se sembró hasta que se tuvo la emergencia.

Resultados y discusión

Con base en los resultados obtenidos, se observó que los tratamientos variaron significativamente en la variable días a emergencia. El Color Naranja demostró una alta precocidad; el promedio a días de emergencia fue de 7 días. El Color Guinda brotó en promedio a los 9 días. El Color Blanco fue la variedad que tardó más en brotar con 20 días.

Los valores con letras iguales indican que no existe diferencia estadística significativa entre tratamientos (Tukey, $\alpha=0.05$), Días a Germinación (DG), Número de Hojas (NH), Diámetro del Tallo (DT), Altura de Planta (AP), Número de Botones Florales (NBF) y Largo de Vareta de flor (LVF).

En las comparaciones de medias (Cuadro 1), se observó que el cultivo de lilis bajo los tratamientos de variedad Orange country (testigo), variedad Red rock (tratamiento 2) y variedad Ercolana (tratamiento 3) reflejaron diferencias estadísticas significativas entre sí.

En la variable Diámetro de Tallo (DT) tuvo un comportamiento estadísticamente igual en los tres tratamientos, tanto para la variedad Orange country, Red rock y Ercolana. Esto pudo ser por el sustrato utilizado, que fue vermicomposta y que dio los nutrientes necesarios para su desarrollo; sin embargo, fue la variedad color naranja (testigo) la que mostró el mejor comportamiento al manifestar mejores resultados en las variables: Días a Germinación (DG), Diámetro del Tallo (DT), Número de Botones Florales (NBF) y Largo de Vareta de Flor (LVF).

Tratamiento	DG	NH	DT	NBF	LVP	ALP
T1 Naranja (Orange country)	7.5 A	28.6 A	0.50 A	3.30 A	41.8A	41.8 A
T2 Guinda (Red rock)	9.03 B	24.8 B	0.50 A	2.40 B	30.6B	30.62 B
T3 Blanco (Ercolana)	20.80 C	18.6 C	0.46 A	1.46C	14.1 C	14.9 C

Cuadro 1. Comparación de medias de los tratamientos de las variables cuantificadas



Se recomienda a los productores de Lilis (*Lilium sp*) utilizar la variedad de color naranja, la cual se adapta mejor a esta región y obtuvo mayores resultados en cuanto al diámetro de tallos, número de hojas, que son características importantes con las que debe contar la planta.

Conclusiones y recomendaciones

Para obtener un resultado concreto, se llevó a cabo la implementación de las tres variedades, y en la comparación de medias se observó que hay diferencias en el número de hojas que presentaron las plantas, en lo que respecta a la altura y diámetro de tallo; por lo que se acepta la hipótesis alternativa que dice que al menos una de las variedades evaluadas muestra un comportamiento diferente a las condiciones climáticas del municipio.

Según los resultados, la variedad que tuvo mejor comportamiento fue el color naranja, el cual tuvo un gran efecto en cuanto al desarrollo del grosor de tallo,

número de hojas, números de flor, largo de tallo, el cual tuvo parámetros importantes que debe tener una planta para su desarrollo y crecimiento.

Para obtener plantas de buena calidad en el momento de corte, se recomienda a los productores de Liliis (*Lilium sp*) utilizar la variedad de color naranja, la cual se adapta mejor a esta región y obtuvo mayores resultados en cuanto al diámetro de tallos, número de hojas, que son características importantes con las que debe contar la planta. Se recomienda darle un buen manejo de fertilización y tener condiciones adecuadas, ya que, de esta manera, le ayudarán para un buen crecimiento.

Lista de referencias

- Bañon, S., Cifuentes, D., Fernández, J. y González, A. (1993). *Gerbera, Lilium, tulipán y rosa*. Madrid: Mundi Prensa.
- Francescangeli, N. (2007). *El Cultivo del Lilium*. Argentina: INTA. www.inta.gov.ar/sanpedro/info/doc/2007/nf_0702.htm
- Ibáñez Berdeja, K. (2016). *Evaluación del comportamiento agronómico de dos variedades de lilium (*Lilium sp*) en condiciones controladas ante diferentes sustratos en la localidad de Achocalla* [Tesis de grado]. Universidad Mayor de San Andrés.
- Klock, P. (1997). *Flores de plantas bulbosas*. España: Everest.
- SAGARPA (2012). *Floricultura en México. Estadísticas del sector agropecuario: Claridades*, 89.

Foto: Gobierno de México

Ingeniería

TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN

como apoyo en la primera meta internacional de identificación correcta del paciente

EN EL HRAECS



Karina Cancino Villatoro,
Vanessa Benavides García,
Christian Mauricio Castillo Estrada y
Carmen Carolina Ortega Hernández

Foto: Hospital de Alta Especialidad "Ciudad Salud"

Resumen

El Hospital Regional de Alta Especialidad “Ciudad Salud” (HRAECS) de Tapachula Chiapas, clasificado como un hospital de tercer nivel, brinda atención médica a usuarios que presentan padecimientos de alta complejidad diagnóstica y de tratamiento, a través de una o varias especialidades médicas, quirúrgicas o médico-quirúrgicas. En los hospitales de tercer nivel, las Tecnologías de la Información (TI) son indispensables, ya que permiten identificar y mejorar la calidad de servicios brindados a los usuarios. Actualmente, el HRAECS cuenta con un departamento de TI dividido en tres áreas de apoyo: soporte técnico, desarrollo de software y redes.

Debido al número de registros de eventos adversos en la atención médica, en el año 2001, la Organización Mundial de la Salud (OMS), en colaboración con la Joint Commission International (JCI), establecieron las Metas Internacionales de Seguridad del Paciente (MISP), las cuales siguen vigentes hasta ahora. Las estrategias de las MISP se basan en nueve acciones específicas para mejorar la seguridad del paciente y tienen como finalidad reducir y eliminar por completo los riesgos de daños innecesarios relacionados con el cuidado de la salud (Rivas Espinosa, Juan Gabriel et al., 2015).

La primera meta para mejorar la seguridad del paciente se refiere a la identificación de paciente de manera inequívoca, para poder prevenir errores a la hora del proceso de asistencia. Con la finalidad de mejorar la calidad del servicio brindado a los usuarios, el objetivo de este trabajo es describir el proceso abordado para sistematizar la primera meta internacional con el uso de lenguaje visual .net, base de datos SQL server y Crystal Report, implementando la metodología de desarrollo de software Procesos Racional Unificado (RUP).

Se diseñó un instrumento de recolección de datos con preguntas enfocadas al personal de trabajo social para valorar la utilidad que el software causó en la generación de la ficha de identificación. El tipo de investigación utilizado fue no experimental descriptivo. Esta nueva implementación resultó una mejora significativa en la eficiencia del servicio: el tiempo de espera para la obtención de la ficha de identificación se redujo en un 50%, gracias a la disponibilidad de los datos del paciente que ahora son accesibles a través de este desarrollo tecnológico. En conclusión, la accesibilidad de los datos del paciente por medio de la implementación del software mejoró los tiempos comprendidos entre la espera para la identificación del paciente y el atendimento, por lo que se cumplió con los indicadores de calidad requeridos en los hospitales de tercer nivel, como parte del progreso en la organización de los servicios de salud en el HRAECS.

Palabras clave:

Identificación del Paciente, TI, MISP, HRAECS, RUP.

Keywords:

Patient Identification, International Patient Safety Goals, High Specialty Regional Hospital “Health City”, Information Technology, patient safety, RUP.

Abstract

The High Specialty Regional Hospital “Health City” (HSRHHC) Tapachula, Chiapas, classified as a tertiary level hospital, provides medical care to users who present conditions of high diagnostic and treatment complexity through one or several medical, surgical, or medical-surgical specialties. In tertiary hospitals, Information Technology (IT) is essential, since it allows identifying and improving the quality of services provided to users. Currently, HRAECS has an IT department divided into three support areas: technical support, software development and networks.

Due to the number of records of adverse events in medical care, in 2001, the World Health Organization (WHO), together with the Joint Commission International (JCI), created the International Patient Safety Goals (IPSG), which are still valid until now. MISP strategies are based on nine specific actions to improve patient safety and aim to reduce and eliminate the risks of unnecessary harm related to health care.

The first goal to improve patient safety refers to the identification of the patient in an unequivocal way, to prevent errors at the time of the assistance process. In order to improve the quality of service provided to users, the objective of this work is to describe the process addressed to systematize the first international goal with the use of visual language .NET, SQL server database and Crystal Report, implementing the Rational Unified Processes software development methodology (RUP).

A data collection instrument was designed with questions addressed to social work personnel to assess the benefits that the software caused in the generation of the identification sheet. The type of research used was non-experimental descriptive. This new implementation resulted in a significant improvement in the efficiency of the service, the waiting time to obtain the identification form was reduced by 50% thanks to the availability of patient data that is now accessible through this technological development. In conclusion, the accessibility of patient data through the implementation of the software improved the times between waiting for patient identification and care, complying with the quality indicators required in tertiary hospitals, as part of the progress in the organization of health services in the HRAECS.

INTRODUCCIÓN

La salud, definida por la OMS (1948) como “un estado de completo bienestar físico, mental y social y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades”, considera factores fisiológicos, psicológicos y sociales en la salud y la enfermedad, y las interacciones entre estos factores, conceptualizando, de esta manera, a la salud como un derecho humano que requiere de recursos físicos y sociales para lograrlo y mantenerlo.

Con el fin de racionalizar y priorizar los recursos para la inversión y la operación sustentable en materia de salud, en el Plan Federal Maestro de Infraestructura Física se identificaron 18 redes de atención con posibilidades de soportar servicios de alta especialidad (Gobierno de México, 2021).

El Gobierno del Estado, siguiendo el esquema de Planeación Estratégica, llevó a cabo el estudio “Plan Estatal Maestro de Infraestructura para la Salud”, determinándose la Red de Servicios de Atención a la Salud y con esto la creación del Centro Regional de Alta Especialidad con dos nodos: uno en Tapachula, que es el Hospital de Alta Especialidad “Ciudad Salud”, y el otro en Tuxtla Gutiérrez, que es el Hospital de Especialidades Pediátricas (Gobierno de México, 2021).

De esta manera, surge el Hospital Regional de Alta Especialidad “Ciudad Salud” (HRAECS) en Tapachula, Chiapas, como establecimiento público del Sistema Nacional de Salud, integrante de la Red de Servicios de Alta Especialidad, que prestará servicios de atención médica enmarcados en la definición de alta especialidad, mediante una organización social productiva, de extrema complejidad y con un esquema conceptual y propuesta funcional operativa que representa la articulación de todos los procesos que conducen al logro de la misión y objetivos del establecimiento de atención a la salud (CRAE, s.f.).

La seguridad del paciente involucra un proceso cuidadoso durante la prestación de atención médica. El crecimiento de la población mundial, junto con los avances médicos, han hecho que los procesos asistenciales sean cada vez más complejos, generando eventos adversos debido a que su complejidad está sujeta a un mayor riesgo asociado a la atención.

Para la seguridad del paciente, el plan de acción mundial proporciona un marco para que los países desarrollen sus respectivos planes de acción nacional sobre seguridad

del paciente, así como para alinear los instrumentos estratégicos ya existentes y mejorar la seguridad del paciente en todos los aspectos clínicos y relacionados con la salud. Además, las Metas Internacionales de Seguridad del Paciente ofrecen estrategias cuya implementación pueda contribuir a brindar una asistencia sanitaria más segura, minimizando los incidentes de seguridad del paciente, e impulsar la calidad en el trato con ellos, propiciando un ambiente seguro y protegido de daños evitables.

Actualmente, la identificación del paciente está dada por los siguientes pasos:

1. El ingreso de todo paciente a cualquiera de las áreas del hospital requiere del alta previa del paciente en el sistema de cobro hospitalario, a través del área de servicio del trabajo social, para contribuir en una atención médica de calidad. El personal de trabajo social captura los datos del paciente: nombre, apellidos, edad, fecha de nacimiento, grupo sanguíneo, alergias, dirección, sexo, RFC y nivel socioeconómico.
2. Una vez capturada y guardada la información del paciente en la base de datos, se procede a su ingreso para la hospitalización. Cuando

el paciente ha sido ingresado, el personal de servicio de trabajo social realizará captura de los siguientes datos en el sistema de cobros: área del hospital que el paciente requiera, número de cama, médico tratante, especialidad y la fecha de ingreso. Las áreas de hospitalización incluyen admisión, endoscopia, hemodiálisis, quimioterapia, hospitalización A, hospitalización B y hospitalización C.

3. Finalmente, trabajo social procede a generar la ficha de identificación con los datos establecidos en el año 2018.

La seguridad del paciente toma relevancia a partir de la detección de eventos adversos derivados de la atención médica en pacientes hospitalizados. De acuerdo con las observaciones realizadas por el órgano Interno de Control del Centro Regional de Alta Especialidad del Estado de Chiapas, la problemática de este trabajo está centrada en la mejora de la identificación del paciente, ya que desde el año 2018, los datos de los pacientes adscritos a estos hospitales no están actualizados y, por lo consiguiente, incumplen los lineamientos normativos que establece la Primera Meta Internacional de Seguridad del Paciente.



Foto: Centro Regional de Alta Especialidad de Chiapas



Metodología

Se decidió utilizar el método de investigación no experimental descriptivo, con la finalidad de explicar y describir el estado que actualmente prevalece en el departamento de trabajo social en el momento de producir la ficha de identificación al paciente, para luego explicar cómo mejora con la implementación del software y, finalmente, mencionar que el uso de las tecnologías y de los sistemas de información son fortalezas en una institución de salud para sus procesos operativos, de gestión y de administración.

Para el estudio, se contó con la colaboración de un total de 21 trabajadoras sociales de los turnos matutino, vespertino, nocturno y fin de semana. Algunas de las actividades fueron proporcionar los datos que integran una ficha de identificación, evaluar la herramienta tecnológica diseñada y desarrollada y validar el reporte generado de la ficha.

La recolección de los datos fue a través de la técnica de la entrevista aplicada a las trabajadoras sociales y a los directivos de las áreas calidad y trabajo social del HRAECS. En relación a los instrumentos utilizados para la recolección de la información fueron los guiones de entrevista y los formatos de encuesta. Para fines del desarrollo del software se utilizó el Proceso Unificado de Desarrollo de Software, también llamado Proceso Unificado (Rational Unified Process, por sus siglas en inglés).

El Proceso Unificado, conocido como RUP, es un modelo que permite el desarrollo de software a gran escala, mediante un proceso continuo de pruebas y retroalimentación, garantizando el cumplimiento de ciertos estándares de calidad (Modelo RUP, 2012), aunque se cuenta con el inconveniente de generar mayor complejidad en los controles de administración de éste, los beneficios obtenidos recompensan el esfuerzo invertido en este aspecto.

El proceso de desarrollo constituye un marco metodológico que define en términos de metas estratégicas, objetivos, actividades y artefactos (documentación) requerido en cada

fase de desarrollo. Esto permite enfocar el esfuerzo de los recursos humanos en cuestiones de habilidades, competencias y capacidades de asumir roles específicos con responsabilidades bien definidas (Modelo RUP, 2012).

> Las principales características de RUP

- **Dirigido por Casos de Uso:** técnica utilizada para obtener los requisitos del sistema.
- **Centrado en la arquitectura:** se toma en cuenta la estructura de las partes que serán involucradas en el sistema, de tal forma que se tenga una perspectiva clara del sistema completo, con la finalidad de controlar el desarrollo.
- **Iterativo e incremental:** se divide el desarrollo en mini proyectos, cada uno de ellos se considera una iteración y al final se entrega un producto, por lo que va incrementando el avance hasta llegar a concluirse.

Foto: Centro Regional de Alta Especialidad de Chiapas



> Estructura del ciclo de vida del proceso de desarrollo unificado (Villalba Domínguez y Ramón Martínez, 2012):

- a) Fase de inicio:** durante esta fase se define el modelo del negocio y el alcance del proyecto. Se identifican todos los actores y Casos de Uso, y se diseñan los Casos de Uso más esenciales. Se desarrolla un plan de negocio para determinar qué recursos deben ser asignados al proyecto.
- b) Fase de elaboración:** el propósito de la fase de elaboración es analizar el dominio del problema, establecer los cimientos de la arquitectura, desarrollar el plan del proyecto y eliminar los mayores riesgos. En esta fase se construye un prototipo de la arquitectura, que debe evolucionar en iteraciones sucesivas hasta convertirse en el sistema final. Este prototipo debe contener los Casos de Uso críticos identificados en la fase de inicio. También debe demostrarse que se han evitado los riesgos más graves.
- c) Fase de construcción:** el objetivo es completar la funcionalidad del sistema. Durante esta fase todos los componentes, características y requisitos deben ser implementados, integrados y probados en su totalidad, obteniendo una versión aceptable del producto.
- d) Fase de transición:** la meta es poner el producto en manos de los usuarios finales, para lo que se requiere desarrollar nuevas versiones actualizadas del producto, completar la documentación, entrenar al usuario en el manejo del producto y, en general, tareas relacionadas con el ajuste, configuración, instalación y facilidad de uso del producto. Se debe verificar que el producto cumpla con las especificaciones entregadas por las personas involucradas en el proyecto (Universidad Tecnológica, 2016).

Foto: Centro Regional de Alta Especialidad de Chiapas

Propuesta tecnológica

Con base en el requerimiento presentado por el área de calidad y el diagnóstico realizado in situ, se presenta una propuesta tecnológica para la actualización del sistema que genera la ficha de identificación del paciente. Esta actualización se llevará a cabo de la siguiente manera:

1. Apego al Instructivo de Ficha de Identificación (ver tabla 1).
2. Desarrollo del módulo “Búsqueda del paciente” en el sistema de trabajo social.
3. Innovación en los módulos de “Ingreso general a hospitalización” y de “Ingreso general a admisión” al agregarle los campos obligatorios en el reporte de ficha de identificación.
4. Desarrollo de la acción “Impresión de ficha” en los modelos actualizados.
5. Creación de la opción de consulta “Ficha de identificación”, con la finalidad de buscar el nombre del paciente y la fecha de ingreso, y así generar el reporte automáticamente.

A continuación, se presenta el Instructivo de la Ficha de Identificación con apego a los requerimientos de calidad.



> Visualización del software

SISTEMA DE COBRO HOSPITALARIO -> TRABAJO SOCIAL
 PACIENTES HOSPITALIZACIÓN SEMIAMBULATORIO V.03.07.2021

INGRESAR PACIENTE

Datos del Paciente

No. de Expediente:

Nombre(s): NSS:

Apellidos: RFC:

Fecha de Nacimiento (Año/Mes/Día): 2021/07/04 Edad: Sexo: MASCULINO FEMENINO

Dirección:

Colonia: Cod. Postal:

Ciudad: EL PORVENIR, CHIAPAS, Teléfono:

Responsable: Parentesco:

Grupo sanguíneo: Alérgico

Nivel de Pago: Nivel 1x

Observaciones:

El paciente es derechohabiente o pertenece a alguna Institución con Convenio
 No Si. Selección: INSTITUTO DE SALUD

GUARDAR SALIR

Figura 1. Captura de los datos del paciente. Formulario que permite dar de alta a un paciente. Cuenta con los campos que marca la NOM024.

SISTEMA DE COBRO HOSPITALARIO -> TRABAJO SOCIAL
 PACIENTES HOSPITALIZACIÓN SEMIAMBULATORIO V.03.07.2021

INGRESO GENERAL A HOSPITALIZACIÓN

Datos del Paciente

No. de Expediente:

Datos del Paciente

Datos de la Hospitalización

Médico: ABRIL VELAZQUEZ BALBUENA Fecha y Hora de Ingreso: 2021/07/04 14:05

Sección: HOSPITALIZACION A Cama: CAMA 1

Especialidad: CIRUGIA GENERAL

Observaciones:

¿El pago se realizará mediante convenio?
 No Si. Selección: INSTITUTO DE SALUD

IMPRIMIR FICHA INGRESAR SALIR

Figura 2. Ingreso de un paciente. Formulario que permite ingresar a un paciente al área de hospitalización. Permite establecer la fecha y hora de ingreso.

Beneficios obtenidos

1. El proceso de identificación al paciente es agilizado.
2. Se disminuye el error de captura en los datos del paciente que son almacenados en el expediente clínico.
3. Se cumple con la NOM 024 de datos del paciente.
4. Proporciona confiabilidad para la identificación de los pacientes al seguir los lineamientos que las MISP establecen.
5. La impresión de la ficha de identificación se puede realizar en cualquier lugar del HRAECS que cuente con un equipo de cómputo conectado a la red interna.

> Impacto positivo del sistema

Según lo reportado por las trabajadoras sociales, el tiempo de generación de una ficha de identificación del paciente se reduce un 50%. Los datos de la ficha son almacenados en una base de datos, por lo que se puede brindar información sobre cualquier paciente que es ingresado a las diferentes áreas de hospitalización. El sistema desarrollado es de procesamiento de transacciones, utilizando gestor SQL server, reporteador Crystal y lenguaje Visual Basic, teniendo como objetivo la correcta captura de los datos de identificación de un paciente que marcan las MISP y el apoyo al área médica y de enfermería.

Num	Apartado	Descripción
1	Nombre del paciente	Corresponde a la identificación del paciente teniendo como fuente primaria el acta de nacimiento, cartilla militar, pasaporte, constancia de vecindad municipal, carta consular y otros. En el orden: primer apellido, segundo apellido y nombre completo.
2	Fecha de nacimiento	Corresponde a la fecha de nacimiento en el siguiente orden: día, mes, año.
3	Número de expediente	Número de expediente otorgado en el área de archivo clínico.
4	Sexo	Sexo del paciente: femenino o masculino
5	Edad	Edad cumplida del paciente.
6	Grupo sanguíneo	Grupo sanguíneo y factor RH, siempre que se tenga la confiabilidad a través de un registro impreso.
7	Fecha de ingreso	Fecha en la que ingresa el paciente: día, mes, año
8	Hora de ingreso	Hora de ingreso del paciente: HH:MM
9	Riesgo de transmisión	Corresponde al tipo de riesgo que presenta el paciente, a elegir en aéreo, contacto, gotas o ninguno. Aéreo: a través del aire. Gotas: estornudos, toser, hablar. Contacto: piel, sangre, fluidos, manos, objetos.
10	Alergias	Corresponde a las alergias que tiene el paciente.
11	Médico tratante	Corresponde al médico tratante del paciente.
12	Especialidad	Corresponde a la especialidad del médico tratante del paciente.
13	NSS	Corresponde al Número de Seguridad Social del paciente, en caso de que cuente con derechohabiente de alguna institución de salud.
14	Factor RH	Corresponde al factor que presente el paciente, siempre que se tenga la confiabilidad a través de un registro impreso validado.

Tabla 1. Datos necesarios para la ficha de identificación.

REPORTES DE TRABAJO SOCIAL
SAP CRYSTAL REPORTS*

Hospital Regional de Alta Especialidad Ciudad Salud

FICHA DE IDENTIFICACIÓN DEL PACIENTE

NOMBRE DEL PACIENTE: HERNANDEZ GERARDO MANACES

FECHA DE NACIMIENTO: 03/06/1979 NO. DE EXPEDIENTE: 39549

SEXO: MASCULINO EDAD: 42 AÑOS GRUPO SANGUINEO Y RH:

FECHA DE INGRESO: 04/07/2021 HORA INGRESO: 09:00:00

RIESGO DE TRANSMISIÓN:

AEREO CONTACTO GOTAS NINGUNO

ALERGIAS: E.S.E N-1 03JUL21

MÉDICO TRATANTE: JOSE JOAQUIN FARRERA TORUA

ESPECIALIDAD: CIRUGIA GENERAL

*Por una cultura de calidad y seguridad del paciente *

Figura 3. Reporte de la ficha de identificación. Reporte generado de la ficha de Identificación, que cumple con los requisitos establecidos en la Meta 1 de identificación oportuna del paciente.

SISTEMA DE COBRO HOSPITALARIO -> TRABAJO SOCIAL

PACIENTES HOSPITALIZACIÓN SEMIAMBULATORIO V.03.07.2021

INGRESAR NUEVO
MODIFICAR DATOS
CONSULTA
ELIMINAR
FICHA DE IDENTIFICACION
CONSUMO AMBULATORIO
SALIR

Consulta: FICHA DE IDENTIFICACION

Datos del Paciente

Id de Paciente: No. de Expediente: Hospitalizado:

Nombre(s): RFC:

Apellidos: Sexo: MASCULINO
 FEMENINO

Fecha de Nacimiento (Año/Mes/Día): 2021/07/04 Edad:

Buscar Ingreso Fecha de Ingreso: Hora de Ingreso:

Médico Tratante: Especialidad:

Grupo Sanguineo y RH:

IMPRIMIR SALIR

Figura 4. Captura de la ficha de identificación. Formulario que permite buscar un paciente que se encuentra en hospitalización, y capturar los datos para generar la Ficha de Identificación.

Resultados

En la actualidad, está reconocida la necesidad de disponer de información oportuna y exacta que facilite la realización de los procesos en una organización de salud, de tal forma que ello implique una mejora en la calidad y efectividad del servicio prestado.

El software se encuentra desarrollado en su totalidad, está instalado y funcionando en los equipos de cómputo de las áreas de trabajo social. La manipulación del sistema resultó ser muy amigable para los usuarios, permitiendo la impresión de las hojas que son colocadas en cada una de las camas de los pacientes hospitalizados y cumpliendo así con lo requerido en la primera meta internacional.

El tiempo de generación de la ficha de identificación de cada paciente se redujo en un 30% de lo que originalmente se realizaba. A través del software desarrollado, se da apoyo a las diferentes áreas del HRAECS para contar con una acertada identificación de los pacientes hospitalizados.

Conclusiones

Toda institución busca, a través de sus proyectos, maximizar la calidad de los bienes, trámites y servicios que brinda, incrementar su efectividad y minimizar los costos de operación y administración. En este contexto, el personal de servicio de trabajo social del Hospital de Alta Especialidad Ciudad Salud está a la vanguardia en el área de Tecnologías de la Información, al implementar un software que favorece la precisión en la identificación de los pacientes, lo que provoca un mejor control en el ingreso hospitalario del paciente y su posterior seguimiento, previniendo errores que involucran al paciente equivocado. Así, la aplicación de las TI en el hospital mejoró el manejo de la información del paciente, consiguiendo que los prestadores de atención y los especialistas obtengan de inmediato todos los datos relevantes del paciente, lo que mejora los procesos operativos.

Lista de referencias

- CRAE (s.f.). *Gobierno de México*. http://www.crae.gob.mx/conocenos_modelodegestion.html
- Laudon, K. C. y Laudon, J. P. (2004). *Sistemas de Información Gerencial*. México: Prentice Hall.
- Modelo RUP (2012). *Competencia de Ingeniería de Software*. <https://compisw.wordpress.com/2012/11/27/rup/>
- Pressman, R. S. (2005). *Ingeniería del Software, Un Enfoque Práctico*. México: McGraw Hill.
- Rivas Espinosa, J. G., Verde Flota, E. E. de J., Ramírez Villegas R. M., y Guerra Escamilla, L. M. (2015). Cumplimiento de las metas internacionales para la seguridad del paciente. *Revista de Enfermería del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 23(3), 135-142.
- Secretaría de Salud (2015). *Metas Internacionales sobre Seguridad del Paciente*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/salud/acciones-y-programas/metas-internacionales-sobre-seguridad-del-paciente>
- Universidad Tecnológica (2016). *Aplicaciones informáticas con el Proceso de Desarrollo Unificado*. <https://www.milenio.com/opinion/varios-autores/universidad-tecnologica-del-valle-del-mezquital/aplicaciones-informaticas-con-el-proceso-de-desarrollo-unificado>.
- Villalba Domínguez, E. y Ramón Martínez, E. Y. (2012). *Desarrollo de Sistemas con Metodología RUP*. Universidad Nacional Autónoma de México. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/175/A8%20Cap%c3%adtulo%205.pdf?sequence=8&isAllowed=y>



QUÍMICA

EFECTO DE TRES TRATAMIENTOS DE PASTEURIZACIÓN EN LAS PROPIEDADES NUTRICIONALES DEL POLVO DE LACTOSUERO OBTENIDO POR LIOFILIZACIÓN

Tania Espinal Carrión, Gabriela Guadalupe García Sampedro, Adriana Vázquez Martínez, Citlali Mahetsi Ventura Montes, Sebastián Alberto Domínguez Rico

Resumen

El lactosuero (LS) representa un subproducto alimentario con alto valor nutritivo poco utilizado en el estado de Chiapas, sin embargo, no proporciona un buen balance de nutrientes por su elevado contenido de agua. Para potencializar el efecto nutritivo del LS, se requiere de técnicas de deshidratación, como la liofilización, que evita la pérdida de nutrientes favoreciendo su concentración (proteínas, minerales, grasas, etc). La leche cruda y los productos generados a partir de ella, como el LS, pueden contener microorganismos peligrosos para la salud, por lo que deben ser pasteurizados previamente a su consumo. La pasteurización consiste en aplicar calor para eliminar dichos microorganismos, siendo un método antimicrobiano eficiente para reducir las alteraciones de las propiedades físico-químicas y nutricionales de los alimentos. Dado que todo tratamiento térmico puede causar alteraciones físicas y pérdidas



del valor nutritivo, el objetivo del presente estudio es analizar el efecto de tres tratamientos de pasteurización en las propiedades nutricionales de polvo de lactosuero obtenido por liofilización. Los tratamientos considerados fueron 62.5 °C (30 minutos) (T1), 72 °C (15 minutos) (T2), 85 °C (5 minutos) (T3), así como LS sin pasteurizar (LSSP) como testigo.

Palabras claves

lactosuero, pasteurización, liofilización, proteínas

Posteriormente, se procedió al proceso de deshidratación por liofilización. Del polvo obtenido, se analizaron los porcentajes de humedad, ceniza, lípidos y proteínas para identificar diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.005$) entre los tratamientos. De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede concluir que el tratamiento térmico tiene un efecto negativo en las propiedades nutricionales del polvo de LS únicamente para T3. Esto se observó principalmente para el contenido proteico, en donde no se observaron diferencias significativas entre el testigo T1 y T2 (LSSP: $13.42 \pm 0.71\%$; T1: $13.36 \pm 0.90\%$; T2: $12.84 \pm 0.15\%$) pero sí con T3 ($12.45 \pm 0.51\%$), que disminuyó significativamente. Un patrón similar se observó para las cenizas. El tratamiento que mostró una mejor calidad nutritiva fue T1, ya que registró el contenido proteico significativamente más alto (T1: $13.36 \pm 0.90\%$) con un 70% de incremento en el porcentaje de proteínas en comparación con el mínimo considerado por el Codex Alimentarius; además, T1 presentó el mayor porcentaje de cenizas ($10.62 \pm 0.07\%$) y el menor de lípidos ($3.48 \pm 0.28\%$). Los resultados sostienen que el polvo LS obtenido por liofilización bajo las condiciones de pasteurización establecidas en T1 representa un subproducto alimentario de alto potencial valor nutritivo, viable para su uso como materia prima en la elaboración de productos alimenticios de calidad.

Lactoserum (LS) represents an alimentary subproduct with high nutritional value little used in the state of Chiapas; however, it does not provide a good balance of nutrients due to its high-water content. To potentiate the nutritional effect of LS, dehydration techniques are required, such as freeze-drying, which prevents the loss of nutrients favoring their concentration (proteins, minerals, fats, etc.). Raw milk and products made from it, such as LS, may contain microorganisms that are dangerous to health, so they must be pasteurized prior to consumption. Pasteurization consists of applying heat to eliminate these microorganisms, being an efficient antimicrobial method to reduce alterations in the physical-chemical and nutritional properties of food. Given that any heat treatment can cause physical alterations and loss of nutritional value, the objective of this study is to analyze the effect of three pasteurization treatments on the nutritional properties of LS powder obtained by freeze-drying. The treatments considered were 62.5°C (30 minutes) (T1), 72°C (15 minutes) (T2), 85°C (5 minutes) (T3), as well as unpasteurized LS (LSSP) as control.

Subsequently, the dehydration process by lyophilization was carried out to identify statistically significant differences ($p < 0.005$) between the treatments. According to the results obtained, it can be concluded that heat treatment has a negative effect on the nutritional properties of LS powder only for T3. This was observed mainly for the protein content, where no significant differences were observed between the control and T1 and T2 (LSSP: $13.42 \pm 0.71\%$; T1: $13.36 \pm 0.90\%$; T2: $12.84 \pm 0.15\%$) but with T3 ($12.45 \pm 0.51\%$), which decreased significantly. A similar pattern was observed for the ashes. The treatment that showed a better nutritional quality was T1, since it registered a significantly higher protein content (T1: $13.36 \pm 0.90\%$) with a 70% increase in the percentage of proteins compared to the minimum considered by the Codex Alimentarius; in addition, T1 presented the highest percentage of ash ($10.62 \pm 0.07\%$) and the lowest lipid ($3.48 \pm 0.28\%$). The results support that the LS powder obtained by freeze-drying under the pasteurization conditions established in T1 represents a food subproduct of high nutritional value potential, viable for use as a raw material in the production of quality food products.

Keywords

lactoserum, pasteurization, lyophilization, proteins.

Foto: Revista Alimentos

Abstract

Introducción

En Chiapas se producen diariamente un millón de litros de leche y se calcula que el 60% de este volumen es utilizado para la elaboración de quesos. Aproximadamente, 510,000 litros de lactosuero (LS) son obtenidos diariamente como un subproducto líquido después de la precipitación de la caseína durante la elaboración de queso. Un porcentaje del LS obtenido es utilizado para la alimentación de cerdos en sistemas porcinos de traspatio (Vázquez-Esnoval et al., 2017), y la mayor porción se desecha junto con las aguas residuales, contribuyendo un problema importante de contaminación de mantos freáticos (Hernández, 2015).

El LS representa un subproducto alimentario con alto valor nutritivo, pues contiene todos los aminoácidos esenciales, además de lactosa, grasas, vitaminas A, C, D, E y del complejo B, así como minerales, tales como calcio, fósforo, hierro y potasio (Miranda et al., 2009; Osorio et al., 2018), por lo que su uso como materia prima en la elaboración de productos alimenticios de alta calidad es una alternativa viable (Mazorra-Manzano y Moreno-Hernández, 2019) pero poco utilizada en el estado de Chiapas (López Jiménez et al., 2012; López-

Villafuerte et al., 2013; Ayanegui-Burguete y Zea-Caloca, 2016).

Es importante destacar que el LS líquido no proporciona un buen balance de nutrientes porque contiene grandes cantidades de lactosa, baja cantidad de proteínas, muy poca grasa y un elevado contenido de agua. El bajo porcentaje de proteínas y el alto contenido de lactosa en el suero lo hace inadecuado para muchas aplicaciones alimentarias. Sin embargo, los concentrados de LS han sido utilizados como sustituto de leche descremada para la elaboración de yogurt, queso procesado, salsas, fideos, galletas, helados, pasteles (Muñi et al., 2005).

De este modo, para conseguir aumentar su potencial como ingrediente funcional en alimentos, se han aplicado numerosas técnicas que favorecen la concentración de sus componentes nutricionales (Pearce, 1992; Zayas, 1997). Estas consisten en dar un tratamiento térmico o pasteurización al LS para destruir microorganismos patógenos que puedan estar presentes, para posteriormente pasar a la etapa de deshidratación forzada, en la que se usan operaciones de transferencia de calor, mismas que pueden alterar las propiedades físico-

químicas y nutricionales del LS, principalmente de las proteínas (Villota y Hawkes, 2006). Dentro de estas técnicas se encuentran el secado por atomización y la ultrafiltración.

Por ello, el presente estudio tiene por objetivo analizar el efecto de tres tratamientos de pasteurización en las propiedades nutricionales de polvo de lactosuero obtenido por liofilización, técnica que se utilizará para minimizar el daño de los componentes nutricionales del LS. La liofilización consiste en eliminar el agua de un alimento a partir de la congelación, en lugar de aplicar calor. Esto explica que se reserve para los productos con sustancias sensibles a las altas temperaturas, como las proteínas o las enzimas. Una vez liofilizados, el tiempo de conservación sin refrigeración aumenta porque la reducción del contenido de agua inhibe la acción de los microorganismos patógenos que podrían deteriorar los alimentos (Ramírez, 2006).

Se espera que este trabajo aporte al conocimiento de las condiciones óptimas de tratamiento térmico, procesamiento y calidad nutricional del LS producido en la zona Soconusco, necesarias para su potencial aprovechamiento y revalorización al incorporarlo como materia prima en la producción de nuevos productos alimenticios, como bebidas, yogures, productos de panadería y, al mismo tiempo, contribuyendo a disminuir la desnutrición en Chiapas.

Materiales y métodos

› Obtención de la materia prima

El lactosuero utilizado fue el obtenido como subproducto de la elaboración de queso doble crema por productores de queso de la zona de Tapachula (Distribuidora quesera Charito) y fue trasladado en un bidón de plástico (polietileno de alta densidad) de 60 l al Laboratorio de Ingeniería Química y Alimentos del Tecnológico Nacional de México, campus Tapachula, en donde se mantuvo en refrigeración (4°C) hasta su procesamiento.

› Pasteurización de muestras

Ya en el laboratorio, el LS se filtró con un paño de gasa con el fin de retener sólidos, así como pequeños trozos de queso. Una vez filtrado, se homogenizó por agitación constante y se procedió a tomar alícuotas de 750 ml a las cuales se les midió el pH. De cada alícuota, se midieron volúmenes de 60 ml y se pasteurizaron por triplicado

con tres métodos de acuerdo al Manual de referencia para productos lácteos y suero de Estados Unidos de América (2004): 62.5°C durante 30 minutos (T1), 72°C durante 15 minutos (T2) y 85°C durante cinco minutos (T3), seguido de un enfriamiento rápido en baño maría inverso a una temperatura de 5°C. También se consideraron volúmenes del LS sin pasteurizar (LSSP) como testigo.

› Liofilización de muestras

Estas muestras, con tratamiento térmico y sin pasteurizar, se congelaron a -20°C durante 24 horas. Posteriormente, se liofilizaron en un equipo marca Freezone 4.5L modelo 7750041 (Freeze dryer 4.5 Liter, Modelo FDB-5503) a temperatura de -55°C. El polvo de LS obtenido se almacenó en refrigeración en recipientes de vidrio cubiertos con papel parafilm y aluminio para su posterior análisis. Se calculó el porcentaje de la eficiencia del proceso de liofilización considerando la razón de los gramos de polvo de lactosuero reales y los gramos teóricos del mismo.

› Análisis químico proximal

Para el análisis químico proximal, se determinó para cada muestra (T1, T2, T3 y LSSP) el porcentaje de humedad, cenizas, lípidos y proteínas mediante los métodos propuestos por la Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2003). Cada parámetro se evaluó por triplicado. Este análisis permitió determinar la composición en términos nutricionales del polvo de LS.



Foto: El Universo

› Análisis estadístico

Los análisis estadísticos se efectuaron utilizando el programa XLSTAT Basic. Todos los resultados se presentan como la media±desviación estándar. Se emplearon análisis de varianza (ANOVA) de una vía para determinar si había diferencias en la composición química proximal entre los cuatro tratamientos (T1, T2, T3, LSSP), considerando diferencia estadística significativa cuando $p < 0.05$. Posteriormente, se realizaron pruebas de comparación de medias de Tukey para identificar los tratamientos que diferían.

Resultados y discusión

› Análisis de la materia prima

La composición del LS depende no solamente de la composición de la leche empleada y el contenido de humedad del queso, sino, de manera muy significativa, del pH al que se separa de la cuajada. Así se pueden distinguir dos tipos de LS: el primero denominado dulce está basado en la coagulación por la renina a pH 6,5, el segundo llamado ácido resulta del proceso de fermentación o adición de ácidos orgánicos o ácidos minerales para coagular la caseína, como en la elaboración de quesos frescos (Jelen, 2003). El suero dulce se obtiene de la coagulación enzimática de las caseínas durante la fabricación de la mayoría de los quesos como el Cheddar, Swiss, Gouda, Mozzarella... (Jelen, 1992). Este tipo de suero es el más abundante y generalmente posee un mayor pH ($\geq 5,6$) y un mayor contenido en lactosa, mientras que el suero ácido, con un pH $\leq 5,1$, presenta un menor contenido en lactosa, porque ésta se convierte en ácido láctico, pero posee una mayor concentración de minerales, debido probablemente a la solubilización del fosfato cálcico coloidal de las micelas de caseína que ocurre al mismo tiempo que la acidificación (Jelen, 2003; Pintado et al., 2001).

Ambos se diferencian en el contenido mineral, el pH, la composición de la fracción proteica y en el contenido de lactosa (Jelen, 1992; 2003). Se encontró que el LS estudiado entra dentro de la categoría de ácido de acuerdo a su pH (4), esto como resultado del proceso de coagulación mixta para la elaboración de queso crema que usa el productor, que se inicia con una coagulación láctica, en la que se usan las bacterias lácticas naturales de la leche para acidificar la leche, para posteriormente iniciar la coagulación enzimática por adición de cuajo (Lozano-Vázquez et al., 2017).

› Proceso de liofilización

El proceso de liofilización requirió un promedio de 39 ± 2.3 horas para obtener el polvo de LS, a una presión promedio de 209.8 ± 3.76 Torr y temperatura de -55.9 ± 6.0 °C. Cabe señalar que Castro et al. (2017) registraron que, para llevar a cabo el proceso de liofilización en leche materna, se abarca un periodo de 36 horas en un liofilizador Freezone a una temperatura de -55°C con 30 mL de muestra en cada frasco. Esto representa ligeras diferencias con lo obtenido en este trabajo, lo cual puede deberse a que la cantidad de muestra liofilizada fue mayor (60 mL) a la utilizada por Castro (2017).

En cuanto a la eficiencia del proceso de liofilización, se obtuvo una media de $5.6037 \pm 0.1218\%$. La baja eficiencia se debe a la pérdida de agua que representa entre el 93 y 94% de la composición total del LS (Jelen, 2003); sin embargo, el LS contiene partículas suspendidas solubles y no solubles (proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales) (Illanes, 2011), siendo estos componentes los que determinan su densidad. La baja eficiencia obtenida como resultado en este trabajo representa la pérdida de las partículas suspendidas solubles y la concentración de los componentes sólidos, de los cuales la lactosa es el principal componente sólido (entre 45 y 50 g·l⁻¹), es decir, representa el 50% del total de los sólidos, seguido de las proteínas que se encuentran entre 6 a 8 g·l⁻¹ (Chacon-Gurrola, 2017).

› Análisis químico proximal

Se encontró que el porcentaje de humedad (Tabla I) no varió significativamente entre los tratamientos ($p=0.085$), siendo el valor más bajo el registrado para el LSSP ($12.07 \pm 0.03\%$) y el valor más alto para el T3 ($12.26 \pm 0.01\%$); la humedad registrada en el presente trabajo es mayor a la mencionada por otros autores ($>5\%$) (Pereira et al., 2002; San Martín-Estrada, 2010; Menchon et al., 2016) y excede el límite máximo establecido en el Codex Alimentarius para sueros en polvo (5%) (CODEX Alimentarius, 2011).

Al respecto, De Wit et al. (1986) señalan que estos porcentajes superiores al 5%, pueden ser consecuencia de que el almacenamiento del suero no se realizó en bolsas selladas herméticamente, además que los productos con alto contenido proteico son muy higroscópicos, particularmente en la forma liofilizada (De Wit et al., 1986; Pintado et al., 1999); esto podría explicar los altos porcentajes de humedad obtenidos

en el polvo de lactosuero analizado en el presente estudio, que fue almacenado en refrigeración pero no de manera hermética, por lo que pudo absorber agua del ambiente, lo que implica la necesidad de un mayor cuidado durante el almacenamiento del polvo de lactosuero, para poder salvaguardar las propiedades funcionales del mismo,

en trabajos a futuro. Aún así, un posible uso para el polvo obtenido en este trabajo es como sustituto de harina en diferentes productos de panadería, ya que el CODEX Alimentario (CXS 152-1985) establece un porcentaje máximo de humedad del 15.5% (CODEX Alimentarius, 2016) para la harina de trigo.

Otro posible uso es como sustituto de leche en polvo en productos de panadería. Galdámez- Gutierrez et al. (2020) indican que la función del suero de leche en polvo en la masa para elaborar galletas es muy similar a la de la leche descremada en polvo, es decir, contribuye a la textura, sabor, color de superficie y le aporta un valor nutricional extra. La presencia de aminoácidos provenientes de la leche favorece las reacciones de pardeamiento durante el horneado, contribuyendo a la obtención del color y el aroma deseado.

Tratamiento	% de humedad
LSSP	12.08±0.03 ^a
T1	12.20±0.07 ^a
T2	12.17±0.11 ^a
T3	12.26±0.01 ^a

Tabla I. Media ± desviación estándar del porcentaje de humedad obtenido para los diferentes tratamientos. Las letras indican diferencias significativas entre tratamientos. La significancia estadística se fijó a $p < 0,05$.

En cuanto a las cenizas (Tabla II) se observó que disminuyen a medida que se aumenta la temperatura en el tratamiento térmico; sin embargo, entre el LSSP (10.39±0.11%) y T1 (10.61±0.07%), tratamientos en donde el porcentaje de cenizas fue mayor, no se observaron diferencias significativas, pero sí se encontraron con T2 y T3 (10.32±0.07 y 10.18±0.11%, respectivamente). Al respecto, Asadullah et al. (2010) menciona que el aumento de la temperatura por tratamiento térmico puede causar una pérdida de vitaminas y Shrihari y Varsha (2016) describen que el contenido de calcio disminuye en la leche al aumentar la temperatura; esto coincide con lo observado, ya que la menor cantidad de minerales se encontró en el T3 que fue pasteurizado a una mayor temperatura.

El concepto de cenizas se refiere al residuo que queda tras la combustión completa de los componentes orgánicos de un alimento; este residuo se corresponde en el contenido en minerales del alimento. Los sueros ácidos presentan mayor contenido en calcio y fósforo debido a la solubilización del fosfato cálcico coloidal de las micelas de caseína durante la acidificación; sin embargo, en los sueros dulces no se produce la separación del calcio de las micelas, por lo que la mayoría del calcio permanece retenido en el queso y no se pierde en el suero (Jelen, 1992). Aún así, los porcentajes de cenizas encontrados son ligeramente mayores al registrado por Luquet (1993), quien encontró un 9% de cenizas para lactosuero dulce en polvo, pero cumplen con lo establecido en el CODEX Alimentario en donde se define como límite máximo 15% para el suero ácido en polvo.

Tratamiento	% de cenizas
LSSP	10.39±0.11 ^a
T1	10.61±0.07 ^a
T2	10.32±0.07 ^b
T3	10.18±0.11 ^b

Tabla II. Media ± desviación estándar del porcentaje de cenizas obtenido para los diferentes tratamientos. Las letras indican diferencias significativas entre tratamientos. La significancia estadística se fijó a $p < 0,05$.

Para los lípidos (Tabla III), los porcentajes obtenidos para todos los tratamientos están por encima del valor de referencia establecido por el CODEX Alimentarius (2%) (CODEX Alimentarius, 2019) y de lo registrado por Luquet (1993), quien menciona un 1% de grasas para lactosuero suave en polvo. Esto puede deberse que la recuperación de la grasa de la cuajada es más efectiva en las queserías industriales frente a las queserías artesanales (Moreno-Indias et al., 2009), como en el caso del presente trabajo, por lo que no es extraño que el porcentaje graso de nuestro lactosuero sea algo elevado. En cuanto a las comparaciones observadas entre los tratamientos, se observó la mayor cantidad de lípidos en LSSP (3.90±0.02 %) y en T3 (3.93±0.03 %), sin que se registraran diferencias estadísticas entre ellos, pero sí con T1 (3.48±0.28%), que presentan el valor estadísticamente menor, y con T2 (3.62±0.21% ($p < 0.0001$); esto difiere de lo mencionado

por Ajmal et al. (2018), quienes mencionan que los tratamientos por pasteurización no tienen un impacto en el contenido graso de la leche, sin embargo, Vignolles et al. (2007) observan que el contenido de grasa libre decae con el aumento de las proteínas. Esto apoya nuestros resultados, ya que se observó que las proteínas (Tabla IV) disminuyeron significativamente ($p = 0.009$) para T3, que presentó un menor porcentaje de proteínas, pero el mayor de lípidos.

Tratamiento	% de lípidos
LSSP	3.90±0.02 ^a
T1	3.48±0.28 ^b
T2	3.62±0.21 ^c
T3	3.93±0.03 ^a

Tabla III. Media ± desviación estándar del porcentaje de lípidos obtenido para los diferentes tratamientos. Las letras indican diferencias significativas entre tratamientos. La significancia estadística se fijó a $p < 0,05$.

Al respecto de las proteínas (Tabla IV), el porcentaje obtenido supera el mencionado en el Codex Alimentarius que considera un 7% como contenido mínimo para el lactosuero ácido en polvo, ya que se registraron porcentajes que superan el 12%, pero es ligeramente menor al encontrado por Luquet (1993) y por Posada et al. (2011), quienes indica un 13% y 11-14.5% de proteínas, respectivamente, para el lactosuero dulce en polvo. Esto puede deberse a que, en el caso de este trabajo y de acuerdo al pH, el lactosuero analizado es del tipo ácido, que de acuerdo a Panesar et al. (2007) y a Romo (2003) presenta una menor concentración de proteínas en comparación con el dulce.

Existen múltiples trabajos que mencionan que los tratamientos térmicos desnaturalizan y disminuyen el porcentaje de las proteínas del lactosuero (Jelen, 1992; Antuña et al., 2009; San Martín-Estrada, 2010; Tirado et al., 2015). No obstante,

en el presente trabajo se observó que, aunque el mayor porcentaje de proteínas fue observado para LSSP (13.42±0.70 %) que no tuvo ningún tratamiento térmico, éste no presentó diferencias significativas con T1 (13.36±0.90 %), pasteurizado a 62.5°C por 30 min., ni con T2 (12.84±0.15 %), 72°C por 15 min. Dichos tratamientos sí presentaron diferencias significativas ($p = 0.009$) con relación a T3, tratamiento pasteurizado a 85°C por 5 min, que presentó el contenido proteico menor (12.47±0.55%) (Tabla IV). Esto quiere decir que el tratamiento térmico aplicado al LS utilizado en este estudio no presenta un efecto negativo en la composición proteica para T1 y T2, pero sí para T3. Al respecto, Djobo (2014) menciona que el efecto del calor no es una función lineal de la temperatura e indica que, de la temperatura ambiente a los 76°C, las proteínas de la leche guardan su estructura tridimensional intacta, pero a partir de

esta temperatura la desnaturalización ocurre de manera muy rápida. Esto podría explicar nuestros resultados.

Es importante resaltar que, el que se supere en un 70% el contenido mínimo de proteínas establecido en el Codex Alimentarius, pone de manifiesto la importancia nutricional del lactosuero producido en la región y su potencial aprovechamiento como fuente proteica. El lactosuero contiene un poco más del 25% de las proteínas de la leche. La proteína del lactosuero es una de las de más alta calidad, ya que contiene alta concentración de aminoácidos de cadena ramificada y de aminoácidos esenciales. Asimismo, la proteína de lactosuero contiene péptidos y fragmentos de proteínas que pueden fomentar la salud general. Las proteínas de lactosuero tienen propiedades antioxidantes, anticancerígenas, antihipertensivas, antibacterianas, antimicrobianas, antivirales (Galdámez et al., 2009).

Tratamiento	% de proteínas
LSSP	13.42±0.70 ^a
T1	13.36±0.90 ^a
T2	12.84±0.15 ^{a,b}
T3	12.47±0.55 ^b

Tabla IV. Media ± desviación estándar del porcentaje de proteínas obtenido para los diferentes tratamientos. Las letras indican diferencias significativas entre tratamientos. La significancia estadística se fijó a $p < 0,05$.

Conclusión

De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo, se puede concluir que el tratamiento térmico por pasteurización tiene un efecto negativo en las propiedades nutricionales del polvo de ILS únicamente para T3. Esto se observó principalmente para el contenido proteico, en donde no se observaron diferencias significativas entre el testigo y T1 y T2 (LSSP:13.42±0.71%; T1: 13.36± 0.90%; T2: 12.84±0.15 %), pero sí con T3 (12.45±0.51%), que disminuyó significativamente. Un patrón similar se observó para las cenizas.

Los resultados sostienen que el polvo de lactosuero obtenido por liofilización representa un subproducto alimentario de potencial valor nutritivo, que es viable para su uso como materia prima en la elaboración de productos alimenticios de calidad, considerando la temperatura de pasteurización más viable para conservar sus propiedades nutricionales (62.5°C durante 30 minutos), ya que fue este tratamiento en el que se registró el mayor porcentaje de cenizas y proteínas y el menor de lípidos. Sin embargo, se requiere investigar a futuro la naturaleza y calidad de las proteínas, minerales y lípidos del LS producido en la región Soconusco.

Lista de referencias

Ajmal, M., Nadeem, M., Imran, M., Abid, M., Batoool, M., Taj Khan, I., Gulzar, N. & Tayyab, M. (2018). Impact of immediate and delayed chilling of raw milk on chemical changes in lipid fraction of pasteurized milk. *Lipids Health Dis*, 17, 190.

Antuña, S., Celeguin, A. & Rubiolo, A. (2009). Estudio de la desnaturalización térmica y agregación de las proteínas de suero por calorimetría diferencial de barrido. *FABICIB*, 13, 89-95.

Asadullah, Khair-un-Nisa, Tarar O.M., Ali S.A., Jamil K., Begum A. (2010). Study to evaluate the impact of heat treatment on water soluble vitamins in milk. *J. Pak. Med. Assoc.*, 60, 909-912.

Ayanegui-Burquete, R. & Zea-Caloca, S. G. (2016). Gelatina a base de suero de quesería y extracto de soya. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1, 619-625.

Chacón-Gurrola, L. R., Chávez-Martínez, A., Rentería-Monterrubio, A. Rodríguez-Figueroa, J. (2017). Proteínas del lactosuero: usos, relación con la salud y bioactividades. *Interiencia*, 42(11), 712-718.

CODEX Alimentarius (2011). *Leche y productos lácteos* (2ª ed.). Organización Mundial de la Salud y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

CODEX Alimentarius (2016). *Norma para la Harina de Trigo* (CXS 152-1985). Roma: Organización Mundial de la Salud y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

De Wit, J.N., Klarenbeek, G., & Adams, M. (1986). Evaluation of

functional properties of whey protein concentrates and whey protein isolates 2. Effects of processing history and composition. *Netherlands Milk and Dairy Journal*, 40, 41-56.

Djubo, O. (2014). Efecto de los tratamientos térmicos sobre las proteínas de la leche [Tesis de maestría]. España: Universidad de Oviedo.

Galdámez, G.K., Gamboa, C. M., Márquez, M.R., Ballinas, G.M.N., López, Z. E. J., Vela-Gutiérrez, G. (2009). Elaboración y evaluación sensorial de galletas enriquecidas con harina de lactosuero. *Rev. Lacandonia*, 3(2), 23-28.

Hernández, T. R. (2015). Diagnóstico del uso de lactosuero derivado de queserías de la región Frailesca [Tesis de licenciatura]. Facultad de Ciencias Agronómicas. Villaflores, Chiapas, México: Universidad Autónoma de Chiapas.

Illanes, A. (2011). Whey upgrading by enzyme biocatalysis. *Electronic Journal of Biotechnology*, 14(6), 9-9.

Jelen, P. (1992). Whey: composition, properties, processing and uses. In Y.H. Hui (ed.), *Encyclopedia of food science and technology* (2835-2845). New York: John Wiley & Sons (Wiley-Interscience Publication).

Jelen, P. (2003). Whey processing. *Utilization and Products*. 2739-2745. In H. Roginski, J.W. Fuquay and P.F. Fox (eds.). *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Academic Press, London, UK.

López-Jiménez, S. L., López, Z. E. J., Ballinas, D. E. J. y Vela, G. G. (2012). Condiciones óptimas de secado, evaluación sensorial y vida de anaquel de un alimento infantil

a base de lactosuero, harina de mamey y mango y cacahuete. *Revista Química Viva*, 2(11), 112-128.

López-Villafuerte, K., Cabrera-Martínez, D., Águilar-Nájera, O., Sol-González, W., López-Zúñiga, E., Vela-Gutiérrez, G. (2013). Evaluación del impacto nutricional y la aceptación organoléptica de galletas enriquecidas con lactosuero, soya y nuez de macadamia en preescolares de una comunidad de Chiapas, México. *CienciaUAT*, 8(1), 33-41.

Lozano-Vázquez, G., Aguirre-Mandujano, E., Hernández Montes, A., Santos, A. (2017). Caracterización del queso crema de Chiapas. Antecedente para una marca colectiva (caracterización fisicoquímica, química, microbiológica, reológica y sensorial). En F. Pérez-Soto, E. Figueroa-Hernández, L. Godínez-Montoya, J. Rocha-Quiroz, ECORFAN Ciencias de la Química y Agronomía (54-69). Universidad Autónoma de Chapingo.

Luquet, F.M. (1993). Los productos lácteos 2: transformación y tecnología. Zaragoza, España: Acibia S.A.

Mazorra-Manzano, M. y Moreno-Hernández, J. (2019). Propiedades y opciones para valorizar el lactosuero de la quesería artesanal. *CienciaUAT*, 14(1), 133-144.

Menchon, C., Cadona, J. y Bruschi, J. (2016). Caracterización físico-química y microbiológica de suero de queso en polvo desmineralizado y evaluación del impacto de microorganismos esporulados [Tesis de Licenciatura]. Tandil, Argentina: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.

Miranda, O., I. Ponce, P. Fonseca, M. Cutiño, y R. Díaz. (2009). Suero de queso un producto animal nutritivo. *ACPA*, 3, 19.

Moreno Indias, I., Castro, N., Morales de la Nuez, A., Sánchez Macías, D., Assuncao, P., Capote, J., y Arguello, A. (2009). Farm and factory production of goat cheese whey results in distinct chemical composition. *Journal of Dairy Science*, 92(10), 4792-4796.

Muñi, A., Paez, G., Faría, J., Ferrer, J., y Ramones, E. (2005). Eficiencia

de un sistema de ultrafiltración/nanofiltración tangencial en serie para el fraccionamiento y concentración del lactosuero. *Revista Científica*, 15(4), 361-367.

Ochoa, P. (2013). Caracterización de los procesadores y análisis de la calidad de la leche y el queso del municipio de Tércatan, Chiapas [Tesis de licenciatura] Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México: Universidad Autónoma de Chiapas.

Osorio G., C. S., F. Sandoval, F. Hernández, J. V. Hidalgo, F. C. Gómez, y D. A. Ávalos. (2018). *Agroproductividad*, 11, 101-106.

Panesar, P., Kennedy, J., Gandhi, D. & Bunko, K. (2007). Bioutilisation of whey for lactic acid production. *Food Chemistry*, 105, 1-14.

Pearce, R. J. (1992). Whey protein recovery and whey protein fractionation. In J. G. Zadow, *Whey and lactose processing* (271-316). Barking: Elsevier Science Publishers LTD.

Pereira, C. D., Díaz, O., & Cobos, A. (2002). Valorization of by-products from ovine cheese manufacture: clarification by thermocalcic precipitation. *International Dairy Journal*, 12(9), 773-783.

Pintado, M.E., Lopes da Silva, J.A., & Malcata, F.X. (1999). Comparative characterization of whey protein concentrates from ovine, caprine and bovine breeds. *Lebensmittel Wissenschaft Und Technologie*, 32(4), 231-237.

Pintado, M. E., Macedo, A.C., & Malcata, F.X. (2001). Review: Technology, chemistry and microbiology of whey cheeses. *Food Science and Technology International*, 7(2), 105-116.

Posada, K., Terán, M. y Ramírez Navas, S. (2011). Empleo del lactosuero y sus componentes en la elaboración de postres y productos de confitería. *Alimentación Latinoamericana*, 29, 66-75.

Ramírez, J. (2006). Liofilización de Alimentos. *Revista ReCiTelA*, 236.

Romo, E. (2003). Manual de referencia para productos norteamericanos de suero (7a conferencia anual). Export council. U. S. Dairy.

San Martín Estrada, B. (2010).

Aprovechamiento de suero de quesería de origen caprino mediante la obtención de concentrados de proteínas séricas y subproductos de clarificación. Estudio de sus propiedades tecnológicas [Tesis Doctoral]. Lugo, España: Universidad de Santiago de Compostela.

Shrihari A. & Varsha, R. (2016). Effect of heat on calcium from different milk samples from sangamner taluka, maharashtra. *International Science Journal*, 3, 11-14.

Tirado, D., Acevedo, D. y Montero, P. (2015). Extracción de Proteínas del Lactosuero de la Leche de Cabra Mediante la Aplicación de Campos Eléctricos Pulsantes de Alta Intensidad (CEPAI). *Información Tecnológica*, 26, 71-80.

US Dairy Export Council (2004). Reference Manual for U.S. Whey and Lactose Products. In J. Meyer, D. Haines, B. Lagrange, V., US Dairy Export Council. Arlington Va.

Vázquez Esnoval, C., Pinto Ruíz, R., Rodríguez Hernández, R., Carmona de la Torre, J., Gómez de Jesús, A. (2017). Uso, producción y calidad nutricional del lactosuero en la región central de Chiapas. *Avances en investigación agropecuaria*, 21(1), 65-75.

Vignolles, M., Jeantet, R., López, C. & Schuck, P. (2007). Free fat, surface fat and dairy powders: interactions between process and product. A review. *Lait, Elsevier*. 87, 187-236.

Villota, R. & Hawkes, J. (2006). Reaction kinetics in food systems. *Handbook of Food Engineering. Food Science and Technology*, 2, 125-286.

Zayas, J. F. (1997). *Functionality of proteins in food*. Berlin: Springer-Verlag.

Normas Editoriales

La Ciencia Aplicada en Chiapas es una revista de difusión y divulgación científica y tecnológica del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Chiapas dirigida al público especializado que se interesa en fortalecer su conocimiento acerca de la ciencia, la tecnología y la innovación de las distintas disciplinas que promueven investigaciones sustanciales y relevantes del acontecer principalmente chiapaneco.

La revista abre un espacio que apoya y brinda la oportunidad a investigadores, académicos y especialistas mexicanos para publicar sus artículos que versen sobre temas comprendidos en cualquiera de las áreas del conocimiento científico y tecnológico, dando así la oportunidad a la sociedad lectora de conocer los resultados de los trabajos de los autores, y, al mismo tiempo, de reconocer ampliamente la realidad en la que se encuentra y de concertar democráticamente sus legítimas aspiraciones de desarrollo, esporelloquese:

Convoca

A la comunidad académica, científica, tecnológica y de innovación, de cualquier institución pública o privada, que deseen dar a conocer artículos sobre su producción en el número 10.

Próximamente, se lanzarán las fechas de la convocatoria para la recepción de los trabajos para su publicación en la revista.

Instrucciones para autores

Para la publicación de los textos de difusión y divulgación científica y tecnológica en la revista La Ciencia Aplicada en Chiapas, se deberán seguir los siguientes lineamientos:

Procedimiento de recepción

1 Todos los artículos para su publicación deberán ser originales e inéditos. El, la o los autores firmarán una carta de cesión de derechos a la revista y una declaración escrita en la que se especifique que el documento no ha sido publicado y que no se someterá simultáneamente a otras publicaciones.

2. El texto deberá abordar algún tema de las siguientes áreas de conocimiento: física, matemáticas, ciencias de la tierra, biología, química, ciencias de la salud, humanidades, artes, ciencias sociales, ciencias de la conducta, biotecnología, ingeniería y ciencias agropecuarias.

3. El archivo deberá enviarse en formato Word al correo electrónico: difusion@icti.chiapas.gob.mx.

Estructura de las contribuciones

1. La primera página del manuscrito deberá incluir el título, nombre completo del autor, autora o autores, la institución a la que pertenece(n), los datos de localización (teléfono y/o correo electrónico); así como un resumen en español e inglés en donde se resalten los aspectos más relevantes de la investigación, con un límite de 250 caracteres cada uno, seguido del apartado de palabras clave en línea aparte, en la que deberá encontrarse en minúsculas y separadas por comas con un máximo de 5 palabras (simples o compuestas).

2. El documento deberá incluir la introducción, desarrollo, resultados y conclusión que, en conjunto, no sobrepase los 40,000 caracteres (aproximadamente 20 cuartillas).

3. En dado caso que se presenten imágenes, tablas o gráficas en el texto, éstas tendrán que encontrarse en una resolución mayor o igual a los 300 dpi en formato jpg o png y presentar el pie de imagen correspondiente.

4. En una página aparte al final de la investigación, se presentará la lista de referencias con sangría francesa y enlistada alfabéticamente, regida por el manual de citación APA 7ta edición.

Formato del texto

1. El texto deberá encontrarse justificado con la tipografía Times New Roman con 12 puntos y con interlineado de 1.5 cm.

2. La disposición de las hojas deberá estar en tamaño carta y los márgenes de las páginas tendrán que tener un valor de 1.5 cm.

3. El título deberá estar centrado en negritas con 14 puntos. Los subtítulos tendrán que estar alineados a la izquierda igualmente en negritas con 12 puntos.

4. Después de cada párrafo no se tendrá que dejar ningún espacio. En cambio, al inicio de cada párrafo consecutivo al primero, tendrá que dejarse una sangría de 2 cm.

5. Cada página del documento deberá enumerarse, incluida la primera hoja, con alineación a la derecha sobre el margen inferior.

6. Toda cita textual deberá llevar los datos correspondientes a su fuente (autor, año, número de página).

Condiciones de aceptación

Las colaboraciones recibidas serán evaluadas por los miembros del Comité Editorial del ICTI y por expertos en la materia bajo los siguientes criterios:

a) Relevancia de la investigación y dominio del tema.

b) Excelente redacción y ortografía que ayuden a promover la claridad, precisión y calidad del tópico que se aborda.

c) Presentación, desarrollo (argumentación) y conclusión cohesionadas, coherentes y rigurosas en la investigación, así como la exposición adecuada de los resultados.

d) Fuentes bibliográficas confiables, disponibles, actualizadas y debidamente citadas bajo el manual de referencias APA 7ta edición.

Proceso de publicación

Todo manuscrito original e inédito será sometido a una evaluación preliminar por parte del Comité Editorial cuando se haya verificado que cumple con los requisitos formales establecidos en las Instrucciones para autores. El dictamen técnico del Comité Editorial será inapelable y se ajustará a las siguientes instrucciones:

a) publicar sin modificaciones: el texto cumple con todos los requerimientos.

b) publicar con ajustes lingüísticos: el texto será sometido para intervenir lingüísticamente en el texto para el adecuado entendimiento del estilo del autor o autores.

c) publicar con modificaciones: se enviará al autor o autores el texto correspondiente para que éste realice las modificaciones pertinentes acerca de aquellas inconsistencias que se llegaran a presentar en la investigación. Si la versión corregida no fuera devuelta en los tres meses posteriores a la recepción de la revisión, se considerará que el trabajo ha sido retirado para su publicación.

d) no publicar: el manuscrito será devuelto al autor, autora o autores con la justificación del dictamen del Comité Editorial en la que se explique las razones de la no publicación del texto.

El resultado de la revisión y aceptación de la investigación será presentado al autor, autora o autores por medio de su información de contacto en un plazo no mayor a los tres meses a partir de la recepción del manuscrito.

Cualquier duda o aclaración podrá ser atendida en la Dirección de Difusión y Divulgación de la Ciencia y Tecnología al número telefonico: 961 69 14020 Opc. 1 Ext. 67613 o bien al correo oficial: difusion@icti.chiapas.gob.mx



INSTITUTO
**DE CIENCIA, TECNOLOGÍA
E INNOVACIÓN**

GOBIERNO DE CHIAPAS

TODA NUESTRA
OFERTA DE SERVICIOS
LA PUEDES ENCONTRAR **AQUÍ**

icti.chiapas.gob.mx



Segue nuestras redes sociales
para **mantenerte informado**