

InGeni

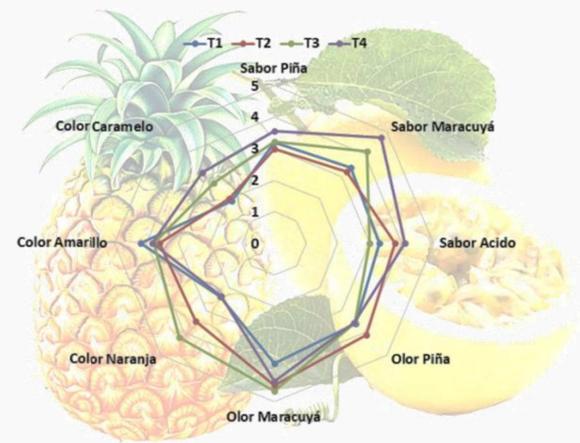


UTEQ
UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE
QUEVEDO

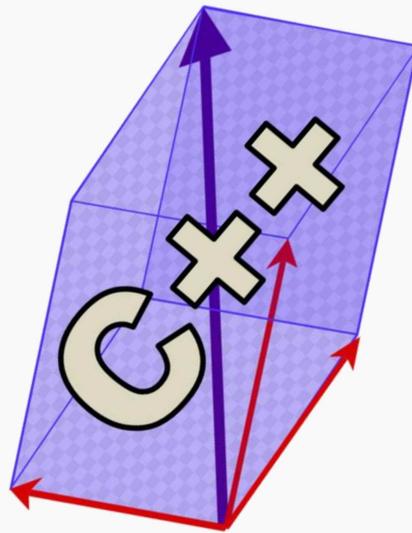
Revista Científica y Tecnológica

eISSN: 2697-3642

Latindex – folio: 29646



Evaluación de las características de la jalea de *Ananas comosus* y *Passiflora edulis*
Pág. 49



Aprendizaje de espacios vectoriales mediante C++
Pág. 28



Aplicaciones de ingreso de texto para adultos mayores
Pág. 1

Vol. 4, Núm. 2
Julio 2021



Lineamientos para el diseño de aplicaciones de ingreso de texto para adultos mayores

(Guidelines for the Design of Text Entry Applications for Older Adults)

Gleiston Guerrero-Ulloa¹, Karla Cabrera²

¹ Departamento de Ingeniería de Software, Universidad de Granada, Granada, España

² BANRED S.A., Quito, Ecuador

e.gleiston@go.ugr.es, kcabrera@banred.fin.ec

Resumen: El cuidado y monitorización de la salud de las personas mayores con el fin de aumentar la esperanza de vida, su seguridad, lograr que sean autosuficientes, y mejorar su calidad de vida, han sido el foco de muchas investigaciones que involucran el uso de internet de las cosas o Internet of Things (IoT). Así mismo, mucho de estos sistemas, las redes sociales y herramientas de comunicación, están haciendo lo necesario para que las personas mayores se interesen en el uso de los teléfonos inteligentes o smartphones, lo que ha inspirado para la realización de este trabajo, cuyo objetivo es determinar los lineamientos para el diseño de aplicaciones de ingreso de texto para adultos mayores.

Se consideraron algunos trabajos realizados por otros autores para obtener los lineamientos usados para el desarrollo de un prototipo (denominado KeySenior) enfocado al ingreso de texto, aplicando los lineamientos considerados positivos para nuestro propósito. Se probó el prototipo mediante un estudio de usuarios con un grupo de personas mayores muy heterogéneo, desde su nivel socio-económico, la frecuencia de uso y tipo de teléfono móvil, hasta las patologías que padecen. Ellos al final contestaron un cuestionario con la ayuda de uno de los investigadores, quien también anotó las observaciones más importantes, para ayudar a determinar el grado de cumplimiento del objetivo de este trabajo. Algunos de los lineamientos implementados en keysenior no tuvieron la aceptación esperada; sin embargo, la mayoría de ellos tuvo gran aceptación.

Palabras clave: adultos mayores, internet de las cosas, lineamientos, aplicaciones textuales, diseño de aplicaciones para móviles.

Abstract: The care and monitoring of the health of the elderly in order to increase life expectancy, their safety, make them self-sufficient, and improve their quality of life, have been the focus of many investigations that involve the use of the Internet of the Things or Internet of Things (IoT). Likewise, many of these systems, social networks and communication tools, are making it necessary for older people to be interested in the use of smartphones or Smartphones, which has inspired to carry out this work, whose objective is to determine the guidelines for the design of text entry applications for older adults.

Some works carried out by other authors were considered to obtain the guidelines used for the development of a prototype (called KeySenior) focused on the entry of text, applying the guidelines considered positive for our purpose. The prototype was tested through a user study with a very heterogeneous group of elderly people, from their socio-economic level, the frequency of use and type of mobile phone, to the pathologies they suffer from. They finally answered a questionnaire with the help of one of the researchers, who also took notes of the most important observations, to help to determine the degree of fulfillment of the objective of this work. Some of the guidelines implemented in KeySenior did not have the expected acceptance, however most of them had great acceptance.

Keywords: Older adults, Internet of Things, guidelines, textual applications, mobile application design.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente el uso constante de la tecnología móvil es notable para todas las personas, niños, adolescentes, adultos y adultos mayores. El uso de aplicaciones móviles como mensajería de texto se convierte en una de las herramientas más populares por ser una herramienta de comunicación instantánea. Aunque se está viviendo la era de los teléfonos inteligentes, sigue siendo un gran reto enseñar y promover a las personas mayores a utilizarlos [1], [2].

Hay muchas personas mayores que no han utilizado teléfonos inteligentes, pero desean aprender a hacerlo, aunque pueden encontrar dificultades debido a su falta de experiencia. Al comprender la necesidad de usarlos (mantenerse comunicados con sus seres queridos), estas personas están dispuestas a perder el miedo, así lo demostraron las 15 personas que participaron en el presente estudio.

Para los adultos mayores, el uso de nuevas tecnologías, puede ayudar a mejorar su calidad de vida, es así que los teléfonos inteligentes ofrecen nuevas oportunidades para mejorar el estilo de vida del adulto mayor [2], siendo utilizadas para la monitorización de su salud, en el control de artefactos, para mantenerse comunicado con sus familiares, con sus amigos, etc.

Existe una gama muy alta de aplicaciones móviles para teléfonos inteligentes, además de las aplicaciones para las tareas ya mencionadas, podemos encontrar otras como por ejemplo para recordatorios y control de ingesta de medicinas [3], la estimulación cognitiva [4], [5] facilitar tareas cotidianas, etc. [6], [7]. Las aplicaciones de correo electrónico y mensajes de texto son aplicaciones usadas por jóvenes y adultos con gran facilidad; sin embargo, los adultos mayores que usan estas aplicaciones les resulta un poco complejo, y más aun siendo la entrada de texto una tarea transversal a muchas aplicaciones, como comunicaciones básicas, administración de contactos, edición de documentos, navegación web, redes sociales, etc. [8]. Por lo tanto, adaptarse a estos entornos gráficos se complica aún más, por los diferentes problemas que estas personas padecen con el pasar de los años, tales como: la disminución de la visión, descoordinación motriz, etc.

El uso de los teléfonos inteligentes ha sido muy importante en la implementación de sistemas basados en el Internet de las Cosas (*Internet of Things*, IoT) para la monitorización y/o el cuidado de personas mayores, en los que se han usado para recibir y emitir notificaciones o alertas a sus cuidadores, centros de emergencia y/o a sus familiares [9]–[12], y como puerta de enlace para que las “cosas” se conecten a Internet [11], [13]–[16]. Al considerarse de vital importancia para la seguridad y comunicación de este grupo vulnerable de personas (adultos mayores), en el presente trabajo se establecen lineamientos para el diseño de aplicaciones móviles ergonómicas de ingreso de texto para los adultos mayores.

Disponer de los lineamientos adecuados constituye un papel muy importante para diseñar y elaborar aplicaciones móviles de ingreso de texto, al contribuir a una mejor comunicación interpersonal e interacción social para el grupo de usuarios propuesto.

El resto del documento está organizado por secciones, donde, en la sección 2 se presentan los trabajos relacionados, los cuales sirvieron de materia prima para este trabajo. En la sección 3 se presenta lo que se realizó y cómo se llevó a cabo la investigación que se está presentado, en la sección 4 se muestran los resultados obtenidos, detallando los lineamientos extraídos, los que se consideraron en la implementación de KeySenior presentado en este documento, el diseño de KeySenior y su evaluación. Por último, en la sección 5 se presentan las conclusiones y trabajo futuro.

2. TRABAJOS RELACIONADOS

Existe una variedad de trabajos respecto al adulto mayor y el uso de los teléfonos inteligentes, es así que existen trabajos que evalúan las capacidades de los adultos mayores en el uso de estos teléfonos [1], [6], [17], [18] y el uso de las aplicaciones de ingreso de texto principalmente (mensajería instantánea) [8], [19]–[23]. Hoy en día existen muchos lineamientos de diseño de aplicaciones móviles exclusivamente para adultos mayores, los cuales sirvieron como base para el diseño de aplicación de ingreso de texto. Es importante mencionar aquellas investigaciones que han aportado significativamente al tema.

Hwangbo, Hwan et al [1], estudiaron el desempeño de pulso táctil en los teléfonos inteligentes por parte de los usuarios de edad avanzada, realizaron este trabajo mediante dos experimentos, el primero sobre el efecto de tamaño y espaciado en la pantalla táctil, el segundo sobre tipos de retroalimentación (táctil, auditiva y audio táctil). Este trabajo y algunos otros nos inspiraron a utilizar sus lineamientos en nuestra aplicación.

En el estudio descrito en [6] se presentan las funciones y características de hardware que las personas mayores incluirían en su teléfono móvil ideal, presentan un prototipo de un sistema de telefonía móvil codiseñado con un grupo de personas de la tercera edad, el incluye un gran subconjunto de aplicaciones que las personas mayores consideraban importantes. Además, aseguran que, aunque existían barreras considerables, las personas mayores motivadas no se sentían abrumadas por el software del teléfono, y aunque este estudio examinó un teléfono móvil PDA, muchos aspectos del diseño de teléfonos móviles se pueden aplicar a una gama más amplia.

Siguiendo la temática enfocada en los diseños de pantalla, Kobayashi et al [17] en su estudio inicial evaluaron el uso de interfaces estándares de pantalla táctil de teléfonos móviles por parte de adultos mayores, para lo cual, las tareas que realizaron los participantes fueron tareas básicas tales como arrastres y clics de movimientos táctiles, utilizando componentes interactivos básicos como software de teclados y visores de fotos. Los investigadores lograron identificar varios problemas típicos que deberían ser dirigidos en futuras interfaces, procurando proporcionar pautas informales a desarrolladores de aplicaciones para diseñar mejores interfaces para las personas de edad avanzada.

Los investigadores en [18] muestran un estudio exploratorio sobre el uso del teléfono móvil por las personas adultas mayores. En esta investigación las discusiones muestran un aporte significativo ya que fueron capaces de captar las necesidades básicas de un teléfono móvil preferido por el grupo objetivo.

En [8] los investigadores propusieron una aplicación llamada Typing Tutor, el cual es un sistema de tutorías individualizadas para la entrada de texto que detecta errores de entrada y proporciona las instrucciones adecuadas. Como experimento realizaron una evaluación de dos semanas con adultos mayores principiantes y mostrando que Typing Tutor fue efectivo para mejorar su habilidad de entrada de texto, especialmente en la etapa inicial de su uso.

Iniciando con [19] en el que Övermark et al, han estudiado cómo los adultos mayores escriben y envían mensajes de texto en su propio teléfono móvil, y han realizado lo mismo con dos teléfonos inteligentes de pantalla táctil. La metodología de trabajo consistía que cada uno de los adultos mayores participe en tres sesiones de formación y escritura de mensajes con tres teléfonos diferentes, llegando a concluir que los usuarios de más edad están motivados para aprender habilidades de mensajería de texto, pero hay desafíos reales para algunos en el funcionamiento de las interfaces de usuario de entrada de texto, su principal contribución es que los adultos mayores presentan una amplia gama de habilidades en la escritura con pantalla táctil.

Dos Santos et al [20] proponen una solución de diseño de pantalla para escritura y el envío de mensajes en teléfonos inteligentes para usuarios adultos mayores. Los investigadores

utilizaron los conceptos de usabilidad y accesibilidad como base teórica, la muestra elegida para la prueba preliminar del cuestionario fueron 25 personas. Logrando observar que pequeños cambios como el aumento de 2 a 4 píxeles en tamaño de las fuentes y la inclusión de un límite bien definido entre las letras del teclado puede ayudar a mejorar la interacción y la curva de aprendizaje de un nuevo usuario sea agradable.

En [21] los investigadores Komninos et al, desarrollaron un nuevo teclado (MaxieKeyboard) para Android que hace que los usuarios sean conscientes de los errores a través del resaltador de texto en el cuerpo del mensaje y mediante una barra de color en la parte superior del teclado, añadiendo un marco incorporado que verifica la ortografía.

En [22] los autores estudiaron el rendimiento de entrada de texto y los patrones de escritura de los usuarios de edad avanzada mediante los dispositivos táctiles. Experimentaron con 15 usuarios introduciendo texto en dos tipos de dispositivos (tabletas y móviles) para medir su rendimiento, tanto en velocidad como en precisión, analizaron los diferentes tipos de errores (inserción, sustituciones y omisiones), concluyendo, por los resultados, que las omisiones son el tipo de error más común, principalmente debido a errores cognitivos, seguido de sustituciones e inserciones, además que el uso de tabletas puede compensar alrededor del 9% de los errores de escritura, las omisiones son similares en todas las condiciones.

3. OBTENCIÓN DE LOS LINEAMIENTOS PARA EL DISEÑO DE KEYSENIOR

En esta sección se presenta en forma general la metodología llevada a cabo en la realización de este trabajo.

3.1. Consideraciones móviles de accesibilidad relacionadas con el diseño de aplicaciones móviles

A este punto hemos identificado las consideraciones que los autores han implementado y/o recomiendan en el diseño de aplicaciones de ingreso de texto, las que en este trabajo se tomarán en cuenta. Estas son las siguientes:

Tamaño de la pantalla. “El tamaño de la pantalla pequeña es una de las características más comunes de los dispositivos móviles, el pequeño tamaño de la pantalla pone límites prácticos de la cantidad de información que la gente en realidad puede ver al mismo tiempo, sobre todo cuando la ampliación es utilizada por personas con baja visión” [24].

Cantidad de información en la pantalla. Reducir al mínimo la cantidad de información que se pone en cada pantalla en comparación con las versiones para computadoras de sobremesa/portátiles, proporcionando un diseño que responda a:

- Una versión móvil dedicada contiene contenido adaptado para el uso móvil.
- Un diseño responsivo para mostrar el mismo contenido sin importar el dispositivo, es decir, usar hojas de estilo CSS para representar de manera diferente dependiendo de la anchura de la ventana gráfica.
- Proporcionar un tamaño predeterminado razonable para los controles táctiles de contenido para reducir al mínimo la necesidad de acercarse y/o alejarse de los usuarios con problemas de visión.
- La adaptación de la longitud del texto del enlace a la anchura de la vista [25].

Zoom/Ampliación. Una variedad de métodos permite al usuario controlar el tamaño de contenido en dispositivos móviles con pantallas pequeñas. A nivel del navegador estos métodos están generalmente disponibles para ayudar a una amplia audiencia de usuarios. A nivel de la plataforma de estos métodos están disponibles como funciones de accesibilidad al servicio de las personas con discapacidad visual. Los métodos incluyen los siguientes: [24].

Características de Nivel Sistema Operativo (SO)

- Establecer tamaño de texto por defecto (normalmente controlado desde la configuración de pantalla).
- Magnificar toda la pantalla (generalmente controlado desde los ajustes de accesibilidad).
- Vista del lente de aumento bajo el dedo del usuario.

Contraste. En la actualidad la necesidad de utilizar el teléfono inteligente se presenta en cualquier lugar y en cualquier momento, esto hace que puedan ser utilizados en una variedad de ambientes, incluyendo al aire libre, donde es más probable el resplandor de otras fuentes de iluminación fuerte, haciendo que aumente la importancia de un buen contraste de colores para todos los usuarios, especialmente en los usuarios con problemas de visión tienen [25].

3.2. Revisión bibliográfica

La revisión bibliográfica se llevó a cabo mediante el método de investigación descriptivo, el cual consiste en el análisis múltiple y general de la información extraída, sin considerar un análisis profundo de las fuentes de información.

El proceso que se ejecutó fue el siguiente (ver Figura 1): se realizó una revisión bibliográfica sobre el diseño de aplicaciones móviles de ingreso de texto para adultos mayores, posteriormente, se hicieron uso de diferentes tablas (ver Tabla 1 y Tabla 2) con el fin extraer y conocer los lineamientos que tuvieron éxito o no en cada una de las publicaciones revisadas. Se analizaron los lineamientos que tuvieron éxito y cómo aplicarlos en el diseño de KeySenior, foco de la presente investigación (ver Tabla 3).

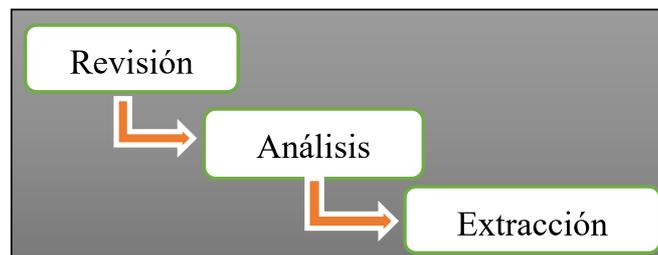


Figura 1. Etapas de la investigación descriptiva

3.3. Metodología de desarrollo del diseño del prototipo

Al ser las metodologías ágiles las que están dominando el desarrollo de software, se decidió utilizar una de ellas. Al analizar entre SCRUM y XP (las más populares). Al ser muy reducido el equipo de desarrollo, se decidió tratar de seguir la metodología XP para un sólo producto con iteraciones de un mes (e iteraciones) y entregarlo en el menor tiempo posible y con la calidad suficiente. Para ello se realizaron las tareas que se muestran en la Figura 2, en cada iteración:



Figura 2. Fases de desarrollo de la aplicación

Al utilizar las aplicaciones externas no se pudo evaluar los efectos del lineamiento “mostrar las barras de desplazamiento vertical” en los adultos mayores al ingresar texto mayor a la capacidad del control contenedor, para ello se creó una aplicación simple, únicamente con la función de ingreso texto que permita evaluar este lineamiento.

3.4. Representación conceptual de la aplicación de KeySenior

La Figura 3 muestra cómo interactúa la aplicación (teclado) con las demás aplicaciones textuales en un teléfono inteligente.

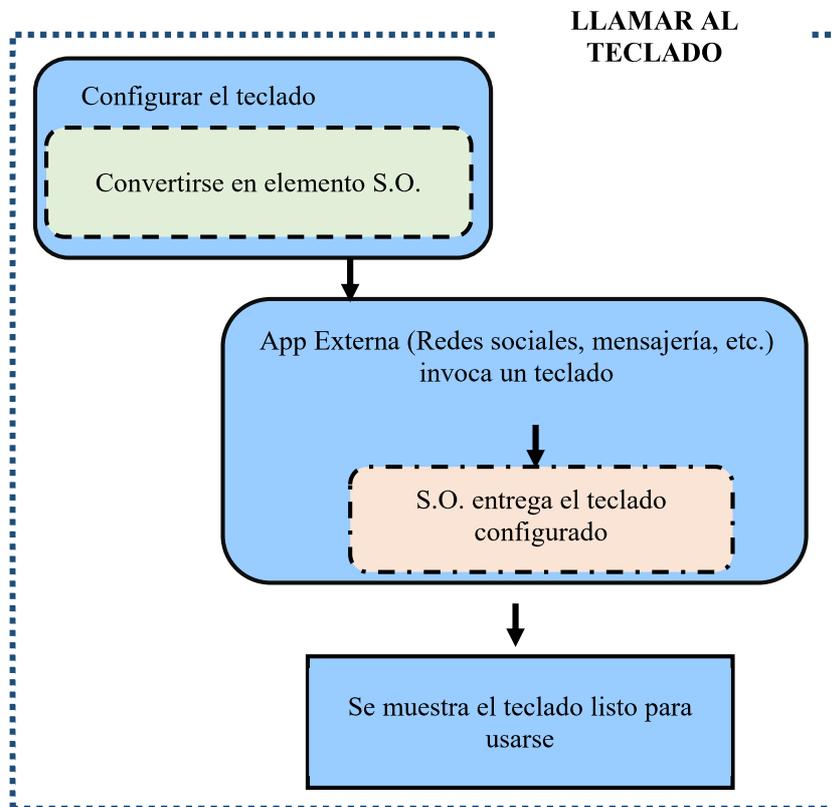


Figura 3. Representación conceptual de KeySenior

4. RESULTADOS

En este proceso se obtuvo como resultado una tabla organizada, que muestra los lineamientos planteados y recomendados por autores según sus investigaciones elaboradas, las cuales fueron tomadas en cuenta como base para proceder a la realización del diseño de KeySenior.

Tabla 1. Lineamientos extraídos.

[Documentos revisados]		Lineamientos
Ref.	Título	
[2]	Learning to Text: An Interaction Analytic Study of How Seniors Learn to Enter Text on Mobile Phones	Utilización del método de pulsaciones múltiples y la solución T9 (texto predictivo)
[7]	Shake 'n' Tap: A Gesture Enhanced Keyboard for Older Adults	Aumento del tamaño de las letras y de los botones del teclado Desactivación de la función de sugerencias de palabras.
[8]	Typing Tutor: Individualized Tutoring in Text Entry for Older	Dimensiones físicas de las teclas, mejora del tamaño de letras del teclado y tipo de fuente.

[Documentos revisados]		Lineamientos
Ref.	Título	
	Adults Based on Input Stumble Detection	Desactivar la función de sugerencias de palabras.
[18]	A Study of the Use of Mobile Phones by Older Persons	Formato de texto color negrita o plata.
		Dimensiones del tamaño del dispositivo móvil.
		Forma cuadrada de las teclas.
[19]	Seniors and Text Messaging on Mobile Touchscreen Phones	Método de pulsaciones múltiples.
		Texto Predictivo.
[20]	Interfaces Affordable for Smartphones to Elderly: a Screen Layout Proposal or Sending Messages	Contraste entre el fondo y las letras de la interfaz.
		Aumento del tamaño de las fuentes de las teclas (entre 2 a 4 pixeles).
		Diseño de barras de desplazamiento usando metáforas (flecha que señala arriba y abajo)
[21]	Designed with Older Adults to Support Better Error Correction in Smartphone Text Entry: The MaxieKeyboard	Dimensiones físicas de las teclas y su separación.
		Auto corrector y sugerencias de palabras.
		Resaltador de errores por colores.
[22]	Elderly Text-Entry Performance on Touchscreens	Dimensiones físicas de las teclas.
		Diseño de la barra espaciadora.
		Espaciamiento de las teclas.
[23]	Finding a Holistic Design for Elderly People to Type on Smartphone	Pulsaciones concurrentes de teclas (Por ejemplo: shift + m).
[26]	Usability Evaluation of Text Input Methods for Smartphone among the Elderly	Desactivar la función de texto predictivo.
		Utilización del tipo de fuente de letra <i>Times New Roman</i> .
[27]	Something Old, Something New, Something Borrowed: gathering experts' feedback while performing heuristic evaluation with a list of heuristics targeted at older adults	Combinaciones de colores de alto contraste en fuentes o gráficos.
		Uso de colores conservadores y limitación del número máximo de colores en uso de ~ 4.
		Utilización de tipos, estilos y tamaños apropiados.
		Enlaces y botones claramente visibles y distinguibles.
		Hacer que la información sea fácil de leer, hojear y/o explorar.
		Hacer uso del buen color, el texto, los temas, etc.
Usar iconos simples y significativos		

4.1. Lineamientos aceptados por los adultos mayores

Para la realización de este proceso se tomó como guía los lineamientos extraídos (ver Tabla 1), se realizó un análisis a cada uno de ellos, y como resultado se obtuvieron las calificaciones de Aceptado o No Aceptado por los adultos mayores, según los trabajos en los que fueron evaluados. Los resultados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Lineamientos aprobados por adultos mayores

Lineamientos	¿Aceptado?
	SI/NO
Método de pulsaciones múltiples.	NO
Texto Predictivo.	SI
Dimensiones físicas de las teclas y su separación.	SI
Auto corrector y sugerencias de palabras.	SI
Resaltador de errores por colores.	SI
Formato de texto color negrita o plata.	SI
Dimensiones del tamaño del dispositivo móvil.	SI
Forma cuadrada de las teclas.	NO
Contraste entre el fondo y las letras de la interfaz.	SI
Aumento del tamaño de las fuentes de las teclas (entre 2 a 4 pixeles).	SI
Diseño de barras de desplazamiento usando metáforas (flecha que señala arriba y abajo)	SI
Aumento del tamaño de las letras y de los botones del teclado	SI
Desactivación de la función de sugerencias de palabras.	NO
Dimensiones físicas de las teclas.	SI
Diseño de la barra espaciadora.	NO
Espaciamiento de las teclas.	NO
Dimensiones físicas de las teclas, mejora del tamaño de letras del teclado y tipo de fuente.	SI
Desactivar la función de sugerencias de palabras.	SI
Utilización el método de pulsaciones múltiples y la solución T9 (texto predictivo)	NO
Desactivar la función de texto predictivo.	SI
Pulsaciones concurrentes	SI
Utilización del tipo de fuente de letra <i>Times New Roman</i> .	SI
Combinaciones de colores de alto contraste en fuentes o gráficos.	NO
Uso de colores conservadores y limitación del número máximo de colores en uso de aproximadamente 4.	SI
Utilización de tipos, estilos y tamaños apropiados.	SI
Enlaces y botones claramente visibles y distinguibles.	SI
Hacer que la información sea fácil de leer, hojear y/o explorar.	SI
Hacer uso del buen color, el texto, los temas, etc.	SI
Usar iconos simples y significativos	SI

4.2. Detalle de los lineamientos aprobados por los adultos mayores

Para obtener el resultado de los lineamientos a aplicar en el diseño de KeySenior, se realizó el proceso de selección de los aceptados y aquellos que serían descartados, posteriormente se eliminó los lineamientos duplicados; es decir, si más de un autor proponía el mismo lineamiento, se colocaba el nombre del lineamiento y se agregaba la referencia del documento de esos autores.

A continuación, se procederá a explicar cada uno de los lineamientos y el motivo de selección o descarte:

Método de pulsaciones múltiples. La utilización de este lineamiento dificulta la escritura de los adultos mayores, ya que al presionar las teclas varias veces hasta que salga la letra deseada

resulta molesto y cansado, por este motivo esta función queda descartada en el diseño de KeySenior.

Texto predictivo y Sugerencias de palabras. Estos lineamientos se aplicarán en el diseño de KeySenior, los cuales podrán activarse y desactivarse cuando el adulto mayor lo desee, debido que la utilización de estas funciones dependiendo del usuario tienden a dificultar la concentración y escritura de los usuarios al momento de ingresar texto.

Dimensiones físicas de las teclas. Con la aplicación de este lineamiento, el tamaño de las teclas deberá ser entre 2 a 4 píxeles más grandes, conservando una relación de las teclas entre ancho y alto, dependiendo de las dimensiones del dispositivo a utilizar.

Resaltador de errores por colores. La aplicación de este no se podrá realizar completamente, ya que su utilización incrementa la carga cognitiva de los adultos mayores debido al uso de colores fuertes.

Formato de Texto. La aplicación de este lineamiento, se deberá utilizar como formato de texto la opción Negrita, porque entre las opciones a escoger es la que mejor se adapta al momento de diseñar.

Forma cuadrada de las teclas. La utilización de este lineamiento no puede ser aplicada, porque al momento que el teclado se adapte a los dispositivos es muy probable que se distorsione debido a que los dispositivos normalmente no son simétricos en sus dimensiones y sería incómodo para el adulto mayor como a los demás usuarios presionar las teclas.

Contraste entre el fondo y las letras. Aplicando este lineamiento se permitirá utilizar colores de contraste en la gama de colores azules, para destacar el teclado del fondo de pantalla del dispositivo y así permitir una mejor apreciación del teclado.

Barras de desplazamiento. Al aplicar este lineamiento, se establecerá flechas para el desplazamiento dentro de la aplicación del teclado, estas flechas serán visibles cuando el texto sobrepase el límite establecido de 250 caracteres.

Tipo de Fuente. Con la aplicación de este lineamiento, se utilizará el tipo de fuente de letra Times New Roman, debido que éste tipo de fuente facilita la visualización y distinción de las teclas en el teclado.

Dimensiones de la barra espaciadora. Este lineamiento no se puede aplicar, debido que la barra espaciadora en caso de reducir su tamaño será difícil de presionar al momento de utilizarla y tomando en cuenta los posibles problemas de temblor de manos de los adultos mayores.

Colores de la Interfaz. Con la aplicación de este lineamiento, se utilizará una serie de colores conservadores (en este caso colores de la gama azul) para una mejor aceptación por parte de los adultos mayores.

Metáforas y estándares. Este lineamiento será utilizado con el propósito de usar metáforas ampliamente conocidas y usadas en éste tipo de aplicaciones, como el símbolo de la tecla ENTER o de retroceso.

La Tabla 3 muestra las características detallada para cada lineamiento para el diseño de aplicaciones de ingreso de texto para adultos mayores. Las cuáles serán usadas en el prototipo de aplicación a desarrollar.

Aunque los resultados de la evaluación del prototipo del teclado de pulsaciones concurrentes presentado por Liu et al [23] son muy halagadores, no son considerados en el presente trabajo por tratarse de un hardware específico que no puede ser implementado como un teclado de software en un teléfono inteligente con pantalla de tamaño reducido. Así mismo otros

lineamientos no han sido considerados o considerados con ciertas modificaciones por presentarse conflictos con otros.

Tabla 3. Aplicación de los lineamientos en KeySenior

LINEAMIENTO	CÓMO APLICARLO
Es preferible desactivar la función de texto predictivo, debido que su uso es complicado para los adultos mayores.	Por defecto la app tendrá desactivada la opción de texto predictivo y en caso que el usuario desee activarla puede hacerlo en cualquier momento.
Tomar en cuenta las dimensiones físicas de las teclas y su separación que deben tener de los botones del teclado según el tamaño de la pantalla del teléfono inteligente.	Se sugiere que el tamaño de las teclas debe de ser de 2-4 px, dependiendo de las dimensiones del dispositivo.
Utilizar el resaltador de errores por colores, según la palabra que se escriba, por ejemplo rojo cuando sea una palabra esté mal escrita; naranja cuando una palabra ha sido autocorregida y el texto corregido aparece resaltado de naranja y la barra se muestra en color naranja para indicar que esta acción ha tenido lugar (un ligero error); verde cuando la palabra se ha escrito correctamente llevando a normal inserción en el texto, pero queda de color verde como confirmación; y azul cuando se levanta una sugerencia de la barra de palabras sugeridas.	La app presentará una línea color roja en la palabra mal escrita.
Utilizar como formato de texto el color negro o plata, debido que sería más fácil de visualizar y presionar las teclas.	Tal como lo sugiere este lineamiento, se usaría la opción de formato de texto negrita, la cual se adapta mejor al prototipo que se va a realizar.
Los botones de la aplicación deben ser cuadrados para su cómodo uso.	Se utilizará este lineamiento en el prototipo a realizar, además se tomará en cuenta la posibilidad de contrastar las divisiones de cada tecla.
Mejorar el contraste entre el fondo y las letras de la interfaz de la aplicación.	
Aumentar el tamaño de las fuentes de las teclas (entre 2 a 4 pixeles) para facilitar la visualización e interacción del usuario demostrar una división física entre las teclas.	Aumentar el tamaño de las teclas de 2-4 px, dependiendo de las dimensiones del dispositivo.
Diseñar una barra de desplazamiento usando metáforas (flecha que señala arriba y abajo) para ayudar a los ancianos en el contenido de desplazamiento en la pantalla	Dependiendo del tamaño del mensaje y pantalla del dispositivo se mostrará las flechas de desplazamiento para recorrer el mensaje
Para la utilización de esta aplicación, es recomendable desactivar la función de sugerencias de palabras, porque distrae la concentración del usuario.	Por defecto la app tendrá desactivada la opción de sugerencia de palabras y en caso que el usuario desee activarla puede hacerlo en cualquier momento.
Es preferible desactivar la función de texto predictivo, debido que su uso es complicado para los adultos mayores.	Por defecto la app tendrá desactivada la opción de texto predictivo y en caso que el usuario desee activarla puede hacerlo en cualquier momento.
Es recomendable utilizar el tipo de fuente de	En el caso de nuestra aplicación, se utilizará

LINEAMIENTO	CÓMO APLICARLO
letra Times New Roman, debido que facilita la visualización e interacción del usuario.	como fuente de letra Times New Roman con un tamaño de fuente entre 12 a 14 puntos.
Usar colores conservadores y limitar el número máximo de colores en uso de ~ 4.	Se aplicó completamente, estableciendo colores de conservadores y agradables a la vista, como lo son los tonos pasteles.
Asegurarse de que el texto utiliza tipos, estilos y tamaños apropiados para los adultos mayores, es decir, por ejemplo, pero no exclusivamente, de gran tamaño, las fuentes Sans Serif, no condensados tipografías, sin cursiva y justificada a la izquierda y de 12 a 14 puntos de tamaño de fuente.	Para seguir este lineamiento, se ha establecido utilizar un tamaño de letra entre 12 a 14 puntos, como tipografía Roman y para resaltar las letras estarán en negrita.
Hacer los enlaces y botones claramente visibles y distinguibles de otros elementos de la interfaz de usuario.	Para lograr esto las teclas tendrán un color diferente al resto de la interfaz general.
Hacer que la información sea fácil de leer, hojear y/o explorar.	se utilizará como fuente de letra Roman con un tamaño de fuente entre 12 a 14 puntos.
Agrupar la información visualmente (hacer uso del buen color, el texto, los temas, etc.)	Para seguir este lineamiento, se ha establecido utilizar un tamaño de letra entre 12 a 14 puntos, como tipografía Roman y para resaltar las letras estarán en negrita.
Usar iconos simples y significativos	Se utilizaran íconos normalmente usados como la flecha del ENTER y la flecha de retroceso.

4.3. Diseño de KeySenior

Para el diseño de KeySenior, se tomaron en cuenta los lineamientos seleccionados, los cuales se muestran en la tabla 3. Algunos se aplicaron completamente y otros se aplicaron con alguna modificación. KeySenior se puede configurar de dos maneras, la tradicional o llamada Qwerty (ver Figura 4a) y la abecedario (ver Figura 4b).



(a) Qwerty

(b) Abecedario

Figura 4. Prototipo

4.4. Evaluación del Prototipo

Antes de proceder a evaluar a KeySenior, los usuarios firmaron un consentimiento de participación, en el cual se especifica los fines rentables del proyecto de investigación, y realizaron la primera parte de la encuesta (encuesta tipo demográfica). Posteriormente se procedió a instalar la aplicación en un teléfono inteligente Huawei P8 Lite, seguido a esto, las personas mayores realizaron tareas de ingreso de texto, finalmente, culminaron la encuesta sobre los aspectos a evaluar de la aplicación.

En la parte demográfica de la encuesta, se obtuvieron los siguientes resultados (los datos recogidos tienen una muestra de 25 personas). Este grupo de personas en su mayor número fueron mujeres con similares patologías entre la que sobresalía problemas de visión, propios de la edad. Respecto a la frecuencia de uso de mensajería de texto (nativo del móvil, WhatsApp, Messenger, etc.) desde una vez por semana hasta frecuentemente, tipo de teléfono móvil que usa (teléfonos analógicos hasta teléfonos inteligentes de gama alta).

Para evaluar los lineamientos se han agrupado en 9 categorías como muestra la Tabla 4.

Tabla 4. Grupo de lineamiento a evaluar

Número	Nombre de la Lineamiento
G1	Texto predictivo (T9) / sugerencias de palabras
G2	Dimensiones físicas de las teclas
G3	Resaltador de errores
G4	Formato de Texto
G5	Contraste entre el fondo y las letras
G6	Barras de Desplazamiento
G7	Tipo de Fuente
G8	Colores de la Interfaz
G9	Metáforas y estándares

El área de texto (herramienta donde muestra el texto ingresado), al ser propio de cada aplicación de los teléfonos inteligentes, para probar el lineamiento G6, se desarrolló una aplicación muy simple que consistía en un cuadro de texto donde aparecía las barras de desplazamiento verticales cuando el texto era de mayor tamaño que su contenedor.

El lineamiento G1 tuvo mucho rechazo, excepto quiénes habían usado antes un teléfono inteligente con regularidad. El lineamiento G2 tuvo gran aceptación, aunque los usuarios manifestaron que debió haberse diseñado de mayor tamaño, aunque también fueron conscientes del tamaño de la pantalla del dispositivo. Del resto de los lineamientos tuvieron una muy buena aceptación, llegando casi en un 100% a nivel 5 de la escala de Likert (1 al 5).

5. CONCLUSIONES

Las personas mayores cada vez son más en el mundo, y así mismo, cada día aumenta el número de personas de este grupo que viven solas y muchas veces aisladas de la sociedad y alejadas de su familia. Aunque muchos investigadores determinan que las nuevas tecnologías de comunicación como redes sociales, telefonía móvil, etc., ayudan a mitigar el problema de la soledad de estas personas, otros investigadores concuerdan que las personas mayores encuentran muchas dificultades en utilizar los teléfonos inteligentes y con no menores problemas el tener que ingresar texto para comunicarse.

Muchos trabajos de investigación se han realizado de manera esmerada, dirigidos a satisfacer las necesidades de los adultos mayores para el ingreso de texto, sin embargo, ninguno de ellos cubre en su totalidad la necesidad estudiada. A través del proceso de recolección de información, se logró extraer lineamientos relacionados con el diseño de aplicaciones móviles de ingreso de texto. Los lineamientos usados en esta propuesta son los que con más frecuencia han sido considerados en los trabajos de investigación revisados, siendo estos: (G1) el texto

predictivo, (G2) dimensiones físicas de las teclas, (G3) resaltador de errores, (G4) formato de texto, (G5) contraste entre el fondo y las letras, (G6) barras de desplazamiento, (G7) tipo de fuente, (G8) colores de la interfaz y (G9) metáforas y estándares.

El prototipo de KeySenior tuvo una aceptación del 73,33% por parte de los participantes, para comprobar su aceptabilidad se aplicó un cuestionario, mediante el cual se consultó a los usuarios sobre sus opiniones con respecto al prototipo y sus recomendaciones. De los resultados obtenidos se puede establecer que los lineamientos que tiene más aceptabilidad por parte de los participantes fueron la activación y desactivación del texto predictivo, mientras que la de menor aceptabilidad fue el contraste entre el fondo y las letras.

Cabe mencionar que con ayuda directa para usar el texto predictivo su aceptación aumentó considerablemente, lo que podría decirse que con entrenamiento sería totalmente aceptado. Por lo tanto, un trabajo por realizar sería un manual interactivo utilizando realidad aumentada para que el usuario aprenda a cada momento cada una de las funciones del teléfono inteligente, desde su acceso hasta su explotación.

REFERENCIAS

- [1] H. Hwangbo, S. H. Yoon, B. S. Jin, Y. S. Han, y Y. G. Ji, “A Study of Pointing Performance of Elderly Users on Smartphones,” *Int. J. Hum. Comput. Interact.*, vol. 29, no. 9, pp. 604–618, Sep. 2013.
- [2] A. Weilenmann, “Learning to Text: An Interaction Analytic Study of How Seniors Learn to Enter Text on Mobile Phones,” in *Proceedings of the 28th Annual CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2010, vol. 1–4, pp. 1135–1144.
- [3] S. V. Zanjali y G. R. Talmale, “Medicine Reminder and Monitoring System for Secure Health Using IOT,” in *Physics Procedia*, 2016, vol. 78, pp. 471–476.
- [4] N. A. Capela, E. D. Lemaire, y N. Baddour, “Feature Selection for Wearable Smartphone-Based Human Activity Recognition with Able bodied, Elderly, and Stroke Patients,” *PLoS One*, vol. 10, no. 4, p. e0124414, Apr. 2015.
- [5] C.-P. Freg, T.-Y. Ma, K.-Y. Tseng, W.-T. Lee, y T.-W. Hou, “An Android Launcher with Hand Tremor Filter Capabilities for the Elderly,” *Journal of Internet Technology*, vol. 15, no. 7, pp. 1111–1120, Dec. 2014.
- [6] M. Massimi, R. M. Baecker, y M. Wu, “Using Participatory Activities with Seniors to Critique, Build, and Evaluate Mobile Phones,” in *Proceedings of the 9th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility - Assets '07*, 2007, p. 155.
- [7] M. Dunlop, A. Komninos, E. Nicol, y I. Hamilton, “Shake ‘n’ Tap: A Gesture Enhanced Keyboard for Older Adults,” in *Proceedings of the 16th international conference on Human-computer interaction with mobile devices & services - MobileHCI '14*, 2014, pp. 525–530.
- [8] T. Hagiya, T. Horiuchi, y T. Yazaki, “Typing Tutor: Individualized Tutoring in Text Entry for Older Adults Based on Input Stumble Detection,” in *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '16*, 2016, pp. 733–744.
- [9] L. Da Xu, S. Member, W. He, y S. Li, “Internet of Things in Industries : A Survey,” *IEEE Trans. Ind. Informatics*, vol. 10, no. 4, pp. 2233–2243, 2014.
- [10] Y. Kim, H. Oh, y S. Kang, “Proof of Concept of Home IoT Connected Vehicles,” *Sensors*, vol. 17, no. 6, p. 1289, Jun. 2017.
- [11] S. J. Park *et al.*, “Development of the Elderly Healthcare Monitoring System with IoT,” in *Advances in Human Factors and Ergonomics in Healthcare*, vol. 482, 2017, pp. 309–

- [12] H. Mora, D. Gil, R. M. Terol, J. Azorín, y J. Szymanski, “An IoT-Based Computational Framework for Healthcare Monitoring in Mobile Environments,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 17, no. 10, p. 2302, Oct. 2017.
- [13] C. Pereira, A. Pinto, D. Ferreira, y A. Aguiar, “Experimental Characterization of Mobile IoT Application Latency,” *IEEE Internet Things J.*, vol. 4, no. 4, pp. 1082–1094, Aug. 2017.
- [14] G. Aloï *et al.*, “Enabling IoT interoperability through opportunistic smartphone-based mobile gateways,” *J. Netw. Comput. Appl.*, vol. 81, pp. 74–84, Mar. 2017.
- [15] C. Stergiou, K. E. Psannis, B.-G. Kim, y B. Gupta, “Secure Integration of IoT and Cloud Computing,” *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 78, pp. 964–975, Jan. 2018.
- [16] M. Bhatia y S. K. Sood, “Game theoretic decision making in IoT-assisted activity monitoring of defence personnel,” *Multimed. Tools Appl.*, vol. 76, no. 21, pp. 21911–21935, Nov. 2017.
- [17] M. Kobayashi, A. Hiyama, T. Miura, C. Asakawa, M. Hirose, y T. Ifukube, “Elderly User Evaluation of Mobile Touchscreen Interactions,” in *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 2011, vol. 6946 LNCS, no. PART 1, pp. 83–99.
- [18] S. Kurniawan, M. Mahmud, y Y. Nugroho, “A Study of the Use of Mobile Phones by Older Persons,” in *CHI '06 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems - CHI EA '06*, 2006, p. 989.
- [19] R. Övermark, P. Isokoski, y S. Ovaska, “Seniors and Text Messaging on Mobile Touchscreen Phones,” in *Proceedings of the 8th Nordic Conference on Human-Computer Interaction Fun, Fast, Foundational - NordiCHI '14*, 2014, pp. 967–970.
- [20] F. Alves dos Santos Medina, V. R. da Silva, S. G. M. Pereira, R. F. Gonçalves, y I. Costa, “Interfaces Affordable for Smartphones to Elderly: a Screen Layout Proposal or Sending Messages,” in *Proceedings of the 7th International Conference on Management of computational and collective intelligence in Digital EcoSystems - MEDES '15*, 2015, pp. 174–179.
- [21] A. Komninos, E. Nicol, y M. D. Dunlop, “Designed with Older Adults to Support Better Error Correction in Smartphone Text Entry,” in *Proceedings of the 17th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services Adjunct - MobileHCI '15*, 2015, pp. 797–802.
- [22] H. Nicolau y J. Jorge, “Elderly Text-Entry Performance on Touchscreens,” in *Proceedings of the 14th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility - ASSETS '12*, 2012, p. 127.
- [23] L. Liu, E. Dillon, y J. Zhang, “Finding a Holistic Design for Elderly People to Type on Smartphones,” in *Proceedings of the 10th International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments - PETRA '17*, 2017, pp. 91–95.
- [24] J. Eason, “Android Developers Blog: Android Studio 2.2 Preview - New UI Designer & Constraint Layout,” *Android Developers Blog*, 2016. [Online]. Available: <https://android-developers.googleblog.com/2016/05/android-studio-22-preview-new-ui.html>. [Accessed: 31-Oct-2018].
- [25] Software Guru, “Mejores prácticas para Desarrollo de Android apps,” 2015. [Online]. Available: <https://sg.com.mx/buzz/mejores-practicas-para-desarrollo-android-apps>.

[Accessed: 31-Oct-2018].

- [26] Y. Hamano y N. Nishiuchi, “Usability Evaluation of Text Input Methods for Smartphone among the Elderly,” in *2013 International Conference on Biometrics and Kansei Engineering*, 2013, pp. 277–280.
- [27] P. A. Silva, P. Jordan, y K. Holden, “Something Old, Something New, Something Borrowed: Gathering Experts’ Feedback while Performing Heuristic Evaluation with a List of Heuristics Targeted at Older Adults,” in *Proceedings of the 2014 Workshops on Advances in Computer Entertainment Conference - ACE '14 Workshops*, 2014.

Reducción de la complejidad en procesos con Six Sigma: Un caso de estudio en la industria electrónica

(Processes complexity reduction with Six Sigma: A case of study in the electronics industry)

Karla Guadalupe Martínez-González¹, Eddie Nahúm Armendáriz-Mireles²,
José Amparo Rodríguez-García², Carlos Adrián Calles-Arriaga²,
Enrique Rocha Rangel²

¹ Departamento de calidad KEMET, Ciudad Victoria, México

² Departamento de materiales avanzados, Universidad Politécnica de Victoria, Ciudad Victoria, México
karlagmartinez@hotmail.com, earmendarizm@upv.edu.mx, jrodriguezg@upv.edu.mx,
ccallesa@upv.edu.mx, erochar@upv.edu.mx

Resumen: La complejidad es inherente a cualquier proceso. Por ello, las consecuencias de malas administraciones empíricas son un aumento de los riesgos, la incertidumbre y los costos innecesarios. Sin embargo, existen diferentes herramientas destinadas a medir y reducir la complejidad de los sistemas productivos. El valor de Six Sigma se deriva de la estandarización para la solución de problemas y de la orientación sobre las herramientas aplicables a un proyecto para reducir la complejidad. Cómo guiar a las personas a sugerir qué herramientas aplicar y en qué orden para un proyecto o problema y que al mismo tiempo reduce la complejidad. Esta investigación propone la enseñanza e implementación de las herramientas clave de la metodología Six Sigma para profesionales no expertos de Six Sigma para reducir la complejidad de los sistemas y procesos en sus ambientes laborales. Además, este trabajo comparte los principios implementados con éxito en todo el mundo utilizando Six Sigma. Finalmente, este estudio demuestra la implementación de la metodología DMAIC a través de un caso de práctico en la industria electrónica.

Palabras clave: Complejidad, Six Sigma, herramientas estadísticas, sistema de producción, DMAIC.

Abstract: The complexity is inherent in any process. Therefore, the consequences of empirical management are an increase in risk, uncertainty, and unnecessary costs. However, different tools exist to measure and reduce the complexity of production systems. The value of Six Sigma is derived from the standardization of problem-solving and guidance on tools applicable to a project or problem to reduce complexity. How to guide people to suggest which tools to apply and in which order for a project or problem while reducing complexity is important. This research proposes the teaching and implementation of the essential tools of the Six Sigma methodology for non-expert professionals so that they can reduce the complexity of the systems and processes in their working environments. In addition, this paper shares principles successfully implemented around the world using Six Sigma. Finally, this study demonstrates the implementation of the DMAIC methodology through a case study in the electronic industry.

Keywords: Complexity, Six Sigma, statistics tools, production system, DMAIC.

1. INTRODUCCIÓN

La competitividad ha aumentado con algunas características relacionadas con productos de ciclos de vida más cortos, demanda incierta, proliferación de productos, aumento de personalización y respuesta rápida a los clientes [1]–[4]. Esta situación implica un aumento en la complejidad de los sistemas de producción con respecto a la respuesta rápida a estos cambios, el hecho de una falta de respuesta representa una pérdida sustancial en una fracción del mercado. Por otro lado, un alto nivel de personalización del producto implica una mayor flexibilidad en los sistemas de producción de las empresas, por lo tanto, se espera un aumento en la complejidad del sistema.

La complejidad del sistema se define como la interacción del número de elementos y su relación en el sistema. La medición de la complejidad no es simple y tratar de reducirlo es aún más desafiante. El estudio de complejidad comenzó con un esfuerzo por explicar y predecir un comportamiento del sistema a través de modelos formales [1], [4]. La complejidad se define como el número de variables necesarias para determinar el sistema o el estado del proceso, es decir, grados de libertad [1]. Por lo tanto, cuanto mayor sea el número de componentes del sistema y su relación, más aumentará la percepción de complejidad. La gestión de la complejidad se conoce como la habilidad para lograr distinciones y mantener un nivel de desempeño aceptable en áreas de interés [5].

Six Sigma es una de las revoluciones más exitosas de las teorías de la calidad [6]. En particular, puede considerarse como precursores directos:

- TQM (Gestión de la calidad total [3], [7]).
- SPC, Control Estadístico de Procesos.
- Ciclo PDCA. También conocido como ciclo de Deming.
- Manufactura Esbelta [3], [6]–[8].

Six Sigma se centra en proyectos basados estadísticamente en la relación de la variabilidad, la complejidad, la eliminación de defectos y productos de desecho, procesos y transacciones [9]. Hoy en día, la iniciativa Six Sigma es una fuerza importante en el mundo empresarial para mejorar la calidad que se desarrolló en la industria y se extendió principalmente por los consultores profesionales [10], [11]. Desde su introducción, se ha implementado en la mayoría de los sectores, incluidos fabricantes, distribuidores. Empresas de transporte, organizaciones de servicios financieros [12] proveedores de salud y agencias gubernamentales entre otros.

Las empresas involucradas en un esfuerzo Six Sigma utilizan individuos capacitados llamados Green Belts (GB), Black Belts (BB) Y Master Black Belt (MBB). Los BB a menudo tienen capacitación especializada, generalmente combinada con trabajo contemporáneo en un proyecto Six Sigma. Tienen equipos que se centran en la calidad y el impacto económico empresarial de la organización. En la mayoría de las organizaciones, los BB capacitan a los GB y trabajan en otras funciones, como la identificación de nuevos proyectos.

Los GB, generalmente tienen menos preparación. Ayudan a los equipos de grandes proyectos y lideran equipos orientados a proyectos específicos y pequeños. Los MBB están comprometidos con el desarrollo de los BB y otros MBB. A menudo escriben y generan materiales de formación y están muy involucrados en la definición y selección de proyectos. De igual manera, trabajan en estrecha colaboración con los líderes de los equipos llamados campeones. El objetivo de un campeón es asegurar que los proyectos justos se identifiquen y funcionen, que los equipos realicen progresos reales y que se cuente con los recursos necesarios para la conclusión exitosa de un proyecto.

Las personas entrenadas, en particular los BB y los MBB, tiene una preparación especializada en métodos estadísticos y en otros métodos y herramientas de calidad para mejorar los procesos, esto les permite operar como líderes de equipo, facilitadores y resolver problemas técnicos. Existe una variabilidad inevitable en el contenido de la formación Six Sigma de una organización a otra, lo que refleja las diferencias entre las empresas involucradas y en los cursos y la preparación ofrecida por los consultores. Sin embargo, las herramientas utilizadas se comparten entre ellas.

Definir, medir, analizar, mejorar y controlar (DMAIC) [13]–[18]. DMAIC es un procedimiento estructurado de solución de problemas ampliamente usado en el área de calidad y mejora de procesos. La mayoría de las implementaciones Six Sigma usan DMAIC para el desarrollo y gestión de proyectos orientados a la mejora de procesos [19], [20]. Sin embargo, DMAIC no se vincula directamente a Six Sigma, y puede emplearse de manera independiente al uso de esta metodología en una organización [21]–[24], ya que es un enfoque general y muy valioso para la gestión de mejoras y cambios. DMAIC es una generalización del plan del ciclo Walter Shewhart: Hacer, verificar y actuar [25] que brinda una guía para ayudar a las personas a comprender como integrar las diferentes herramientas en un enfoque global de mejora de procesos. Los pasos DMAIC se muestran en la Figura 1.

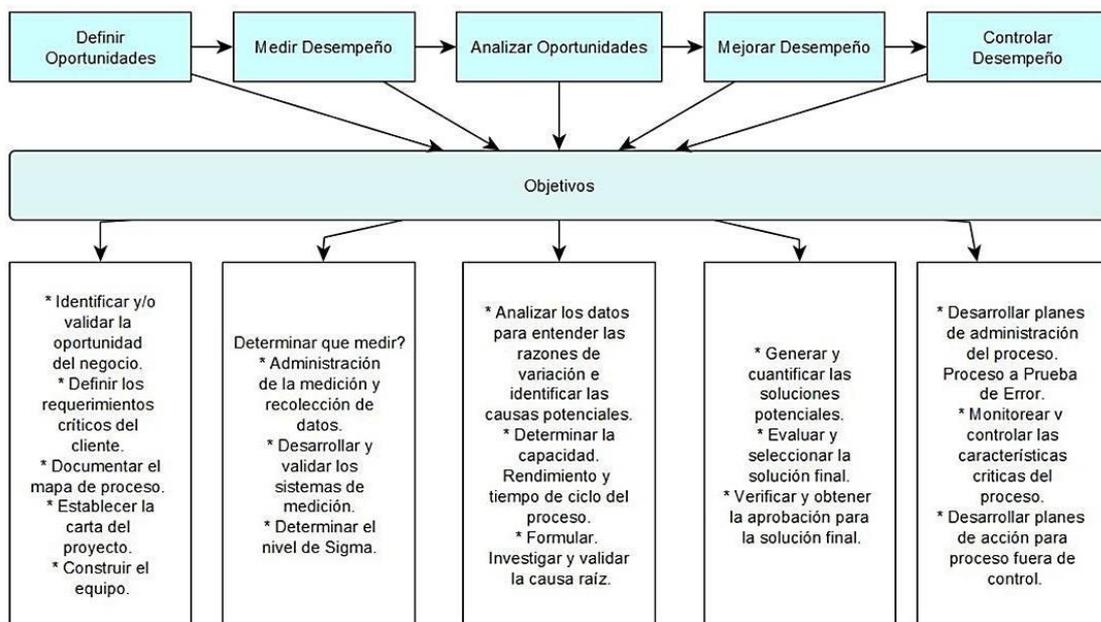


Figura 1. El proceso DMAIC. Adaptada de Espejo y Reyes 2011 [6].

La estructura DMAIC estimula el pensamiento creativo sobre problemas y soluciones. Una de las razones de éxito de DMAIC es que se centra en el uso adecuado de herramientas y técnicas cualitativas y cuantitativas para lograr la mejora. Los profesionales de Six Sigma no siempre están de acuerdo con respecto a qué instrumentos corresponden exactamente a un conjunto básico [4], [26]. Sin embargo, la Tabla 1 muestra las herramientas estadísticas y gráficas más grandes y utilizadas en proyectos de mejora, aparte de los pasos DMAIC. Otras herramientas o variaciones de las que se muestran se utilizan con poca frecuencia en DMAIC. Algunos libros en el área han aportado una visión general útil de muchas de estas herramientas [5], [27]. Tabla 1. Herramientas estadísticas utilizadas en DMAIC [28].

Tabla 1. Herramientas estadísticas utilizadas en el proceso DMAIC [28].

Herramienta	Aplicación
Definición del proyecto, oportunidad de mejora o requisitos:	
Carta del proyecto	Definir enfoque, archivo, dirección y motivación de mejora.
Voz del cliente (VOC)	Comprender los comentarios de los clientes actuales y futuros para indicar qué les satisface o no.
Mapa de flujo de valor	Para dar una visión general de todo el proceso, iniciar y finalizar en el cliente y analizar lo que se requiere para satisfacer las necesidades del cliente.
Medir el rendimiento del proceso:	
Mapa de proceso	Registrar actividades desarrolladas como parte de un proceso.
Capacidad de análisis	Evaluar la capacidad de un proceso para alcanzar las especificaciones.
Gráficos de Pareto	Analizar la frecuencia de problemas y causas.
Analizar el proceso para determinar la causa raíz de la variación, defectos y función deficiente:	
Analizar la causa raíz	Para descubrir causas.
Analizar la causa raíz del fallo	Identificar las posibles causas de falla del producto, servicio y proceso.
Gráficos multivariados	Para detectar un tipo distinto de variación del proceso.
Mejorar el rendimiento del proceso a través del tratamiento de causas fundamentales:	
Diseño de experimentos	Para resolver problemas de procesos o sistemas complejos donde hay muchas variables.
Mejorar el proceso de control y el rendimiento futuro:	
Plan de control	Documentar lo que se necesita para mantener y mejorar el proceso en su nivel real.
Control estadístico de procesos	Para controlar el comportamiento del proceso.
5's	Crear un lugar de trabajo adecuado para el control visual.
Dispositivo a prueba de error (Poka Yoke)	Hacer que esos errores hayan sido posibles o inmediatamente detectables.

Las fases DMAIC se describen a continuación: Definir. El objetivo de la etapa de definición es identificar la oportunidad del proyecto para verificar o validar que representa un avance potencial legítimo. Es deseable que un proyecto sea necesario tanto para clientes como para negocios. Fase de medición. El propósito de esta **fase es evaluar** y comprender el estado actual del proceso. Se trata de compilar datos de medidas de calidad, costos y tiempo de beneficio/ciclo. Es importante desarrollar una lista de todas las variables de entrada de proceso clave (KPIV) y las variables de salida de proceso clave (KPOV). El KPIV y el KPOV podrían haberse identificado al menos provisionalmente durante la **fase de definición**, pero deben definirse y medirse durante la fase de medición. Fase de análisis. El objetivo es utilizar los datos de la fase de medición para comenzar a determinar las relaciones de causa y efecto en el proceso

y comprender las diferentes fuentes de variabilidad/complejidad. Es decir, en la fase de análisis, el objetivo es identificar las posibles causas de defectos y problemas de calidad, problemas del cliente, tiempo del ciclo y problemas de rendimiento o residuos e ineficiencia que motivaron el proyecto. Es importante separar las fuentes de variabilidad en causas comunes y especiales. La eliminación de la causa común de la variabilidad en general significa cambiar el proceso, mientras que la eliminación de un problema específico. **Fase de mejora.** Los objetivos son desarrollar una solución para el problema y hacer una prueba piloto de solución. La prueba piloto es una confirmación del formulario de experimento, evalúa y documenta la solución y confirma que la solución logra los objetivos del proyecto. Esta prueba puede ser una actividad iterativa con la solución original que se refina como consecuencia del resultado de la prueba piloto. **Fase de control.** El objetivo es definir las medidas implementadas para el nuevo control del sistema. Institucionalice el sistema mejorado modificando políticas, procedimientos, instrucciones de operación y otros sistemas de gestión, asegúrese de que las mejoras ayuden en el proceso y, si es posible, estas mejoras se llevan a cabo en otro proceso similar en el negocio.

Efecto de profesionales no estadísticos. Six Sigma ha tenido una gran fuerza en la práctica estadística en los diferentes profesionales de la industria ha requerido formar a estos profesionales con las herramientas necesarias para desarrollar la mejora y la reducción de la complejidad de sus productos, procesos y servicios. Los diferentes profesionales de la industria han trabajado principalmente como colaboradores activos en proyectos, en contraste con la función más precisa realizada en el pasado para cada especialidad. La mayoría de los profesionales están bien educados en su metodología de campo; sin embargo, varios de ellos tienen un punto de vista diferente en las soluciones de problemas. Es importante observar la manera en que las herramientas y los métodos se ajustan en un sistema para la solución creativa de problemas, de manera que ayude a definir cómo deben capacitarse los futuros profesionales.

Este trabajo se centra en la complejidad interna. De acuerdo con expertos en el tema, existen tres estrategias principales para superar los efectos adversos de la complejidad: evitarlo, reducirlo o controlarlo [29], [30]. Los estudios estiman que el 25% de los costos totales en las empresas manufactureras corresponde a la complejidad con el proceso y el producto [31].

2. METODOLOGÍA

Ejemplo de un caso de estudio. Mejora del rendimiento en placas de circuitos impresos. El caso de estudio es real, pero por motivos de propiedad, se modificaron algunos datos para mantener la privacidad de la empresa involucrada. El caso de estudio fue seleccionado de un área industrial de una empresa electrónica mexicana para brindar una experiencia relevante y la evidencia práctica de algunas herramientas estadísticas descritas en este trabajo. El ejercicio muestra como un pequeño número de herramientas DMAIC utilizadas en forma estructurada puede ser muy valioso en la reducción de la complejidad y la solución de problemas. Este caso de estudio implica el uso de diagramas de Pareto, gráficos pruebas de hipótesis y diseños factoriales fraccionales. El estudio también muestra riesgos potenciales en el enfoque experimental de un factor en ese momento.

Definición del problema. A principios del año 2018, una empresa de fabricación electrónica presentó un nuevo producto avanzado que rápidamente capturó el mercado de 83% en América del Norte. Durante el periodo de producción inicial, los activos de bienes que no requirieron modificación o reparación se estabilizaron en el intervalo del 70%. A principios del siguiente año, el producto fue seleccionado como la principal expansión de equipos en Asia. Para satisfacer el aumento de la demanda de producción, la compañía necesitaba comprar hardware de prueba y reparar más, a un costo de 25 millones de pesos o el rendimiento debía aumentar al 90%. La última fue la opción ideal para ahorros sustanciales en capital y recursos humanos de

producción. Por lo tanto, el problema se orientó a descubrir la manera de aumentar el rendimiento de manera rentable.

Información general. Se seleccionó a un equipo de 12 ingenieros de diferentes áreas de diseño y fabricación. Su tarea consistía en recomendar las formas de mejorar el rendimiento de la producción en función de su experiencia y conocimiento previo. La figura 2 representa los primeros resultados de rendimiento semanales de la prueba durante las 16 semanas previas a las actividades del equipo con un volumen de producción de 1500 unidades por semana.

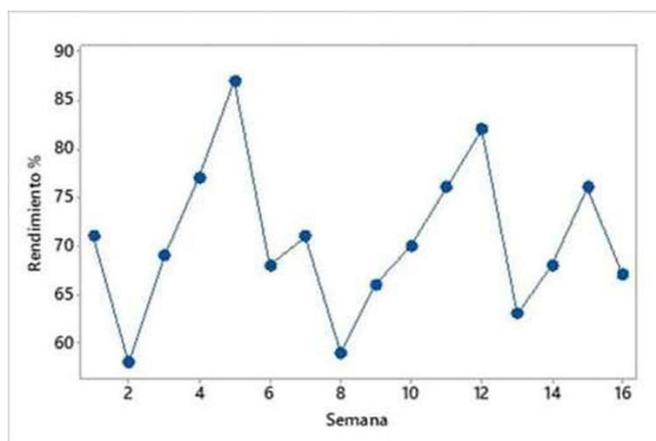


Figura 2. Beneficios logrados en 16 semanas antes de las actividades iniciales del equipo.

Con base en su conocimiento técnico y experiencia, el equipo revisa el proceso de producción y diseño. Después de eso, crearon una lista de 15 posibles procesos y cambios de diseño para mejorar en función de su juez de ingeniería y pruebas históricas. Con esta lista, el siguiente paso fue ejecutar varios experimentos de un solo factor para validar el plan. Debido a las limitaciones de tiempo y costos existentes, solo se completó una serie de cada factor, con una muestra de 30 unidades. Los resultados se compararon con el beneficio de las 13 semanas anteriores de producción, Cada unidad solo puede tener éxito o no cumplir con las especificaciones. Los factores que mostraron una disminución en las ganancias por debajo del promedio de las 13 semanas se destacaron junto con los resultados experimentales. La tabla 2 muestra resultados experimentales con mejoras en el rendimiento del equipo.

Tabla 2. El equipo inicial predijo mejora del rendimiento ajustando cada factor.

Factor	Mejora (Performance %)
Reemplazar proveedor de oscilador	8.5%
Agregar capacitor al transmisor	8.5%
Añadir material de absorción	5.5%
Nuevo diseño de suministro	5.5%
Aumentar el tamaño del plano de masa	2.5%
Menos flujo residual	2.5%
Cambiar disipador de calor	2.5%
Reflujo de soldadura en aire vs, N ₂	2.5%
Consejos de temperatura de soldadura	2.5%

Basado en el análisis del circuito, los resultados experimentales anteriores y la experiencia, el equipo predijo que una mejora del rendimiento del 18% daría como resultado los cambios propuestos. El conjunto de las recomendaciones se implementó a final de la semana 17.

3. RESULTADOS

La figura 3 muestra los resultados semanales de las primeras seis semanas de producción después de la revisión.

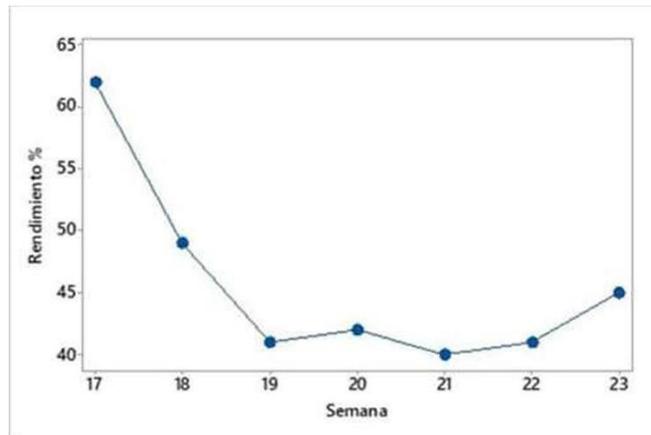


Figura 3. Rendimiento después de implementar las recomendaciones del equipo inicial.

Después de revisar los datos de la Figura 3, se observa que la ganancia bajo un 29%. En la semana 22 es evidente que los cambios propuestos en el proceso no han logrado resultados deseables. Otros dos ingenieros, con exposición a herramientas DMAIC a través de educación continua y seminarios patrocinados por la compañía se unieron a este proyecto.

Acciones y resultados del equipo. El primer paso del segundo equipo fue llevar a cabo *las fases de Definición y Medición*. Por medio de un gráfico de control de atributos de ganancias (un gráfico '1-p' y con el conocimiento de la fecha de cambio del proceso (Figura 4), los ingenieros podrían decir que la mayoría de las fluctuaciones de rendimiento observadas antes de que el equipo implementara sus cambios sería, como lo llama Deming, una variación de causa común o ruido aleatorio. La elección del primer ingeniero fue regresar a su lugar de proceso original documentado durante la semana dieciséis, ya que la evidencia de apoyo para este cambio probablemente se originó en un ruido aleatorio del proceso.

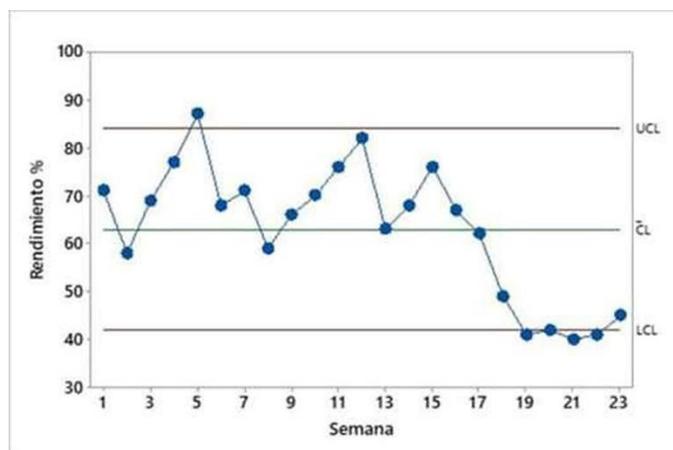


Figura 4. Diagrama de control para todo el periodo de estudio.

La figura 5 muestra los beneficios semanales del ensayo durante las siguientes cinco semanas a este suceso. Esto tuvo un efecto de restauración del proceso a su control anterior con ganancias de alrededor del 75%. El aumento de rendimiento mostrado en el gráfico de control (Figura 5) durante este periodo se descarta como ruido o picos fuera de límites, ya que no se implementó una mejora conocida. Este comportamiento es conocido como “El efecto Hawthorne” el cual es causado por la atención y el estudio del proceso.

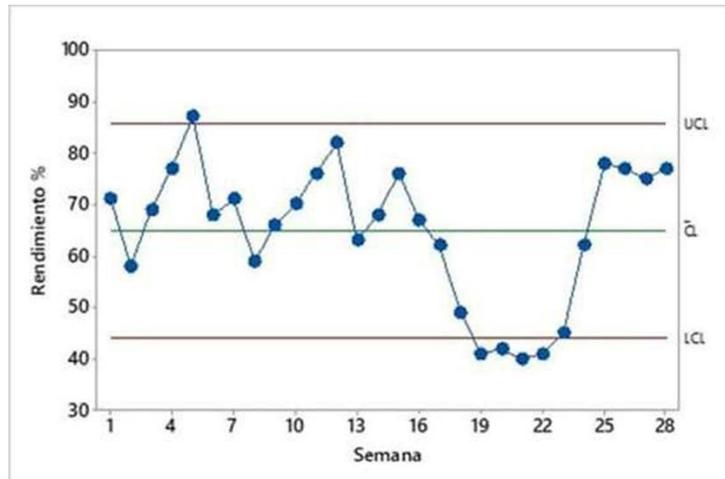


Figura 5. Rendimiento durante las próximas cinco semanas hasta la intervención inicial.

La fase de Análisis fue abordada por medio de distintas herramientas como el Diagrama de Pareto y Diseño de Experimentos. La figura 6 muestra que se aplicó el procedimiento para ayudar a visualizar el problema. Como se puede ver, el 20.1% del 30% del total de defectos se atribuyó a un parámetro llamado “ACP”. Los ingenieros orientaron sus esfuerzos a este código de efecto dominante. El equipo de expertos se reorganizó con la incorporación de los trabajadores de producción para identificar qué variables podrían causar este defecto.

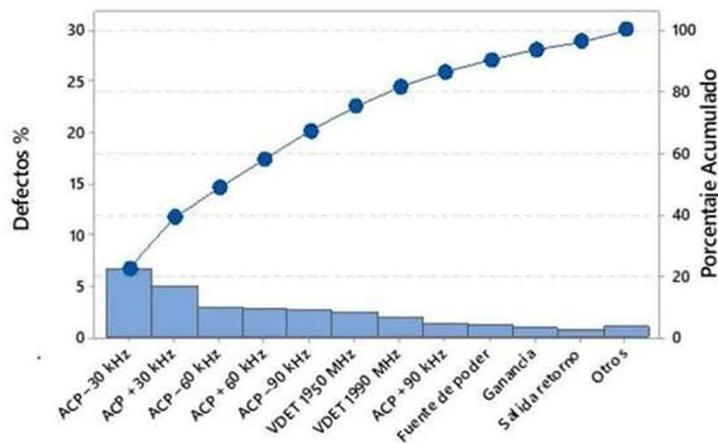


Figura 6. Defectos por categoría de las semanas 1 a 16.

Se identificaron cuatro factores:

1. Distribución del rendimiento del transistor (extremo superior de la especificación o extremo inferior de la especificación).
2. Montaje del transistor (toma o soldadura).

3. Ajuste del circuito de entrada (extremo centrado o inferior de la especificación).
4. Tipo de disipadores de calor de transistores (configuración actual o nueva).

El factor (Tipo de disipadores) no se consideraba necesario anteriormente por la mayoría del equipo de ingeniería. Sin embargo, los ingenieros de los dos directores decidieron incluir este factor ya que el costo marginal de la adición era pequeño. Se realizó un experimento factorial fraccionado que consta de ocho corridas como se muestra en la Figura 7. Cada corrida correspondió a 350 unidades. Utilizando gráficos ANOVA y efectos principales, el tipo de disipador de calor emerge como el efecto principal.

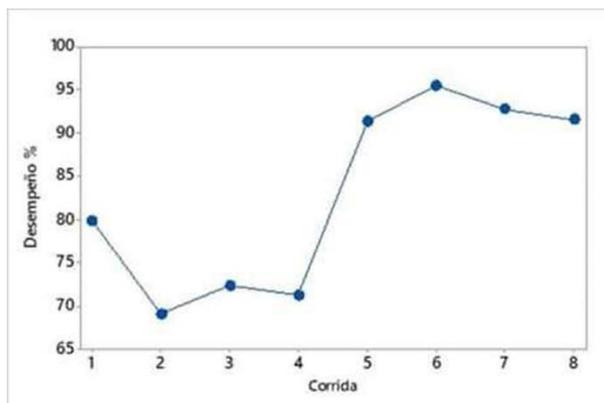


Figura 7. Resultados de diseño factorial fraccional con cuatro factores.

La fase de Mejora se aplicó cuando los dos ingenieros avanzaron según los resultados del Diseño de Experimentos, y recomendaron un cambio en el proceso con el nuevo disipador térmico. Este proceso se implementó durante la semana veintinueve. La figura 8 muestra los resultados de rendimiento semanales para el periodo posterior a la implementación del cambio recomendado. Utilizando el procedimiento de rendimiento gráfico, los ingenieros pudieron confirmar que el último proceso diseñado produjo un rendimiento estable desde el primer paso por encima del 90%, evitando así la compra de equipos y ahorrando 25 millones de pesos para la empresa.

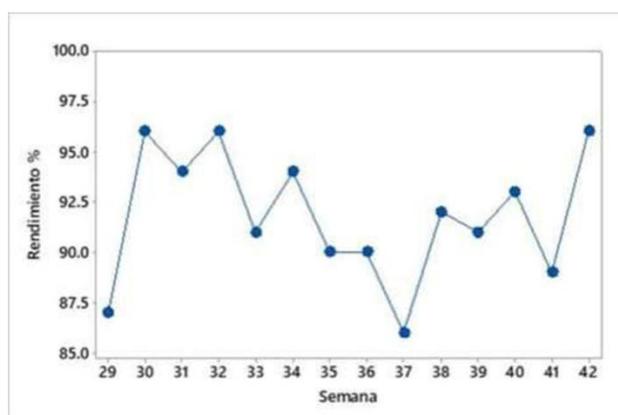


Figura 8. La confirmación se lleva a cabo haciendo que el proceso cambie/mejore.

Una vez que se demostró estabilidad en los resultados, *La fase de Control* se desarrolló mediante la documentación de los cambios aplicados en los manuales requeridos por el sistema de Calidad de la empresa.

4. CONCLUSIONES

El caso de estudio presentado demostró que la metodología DMAIC es lo suficientemente sólida para evitar pruebas innecesarias y repetitivas.

La herramienta de experimentos de factoriales fraccionados permitió agregar el cuarto factor sin la necesidad de corridas adicionales. La importancia de este factor fue polémica ya que fue propuesta por los operadores. Si no se utilizara factorial fraccional, el costo adicional probablemente no hubiera permitido su inclusión y el importante descubrimiento posterior.

El caso de estudio también muestra un beneficio significativo de un “diseño de experimento de equilibrio”; es decir, la mitad de los experimentos se realizan en cada nivel de cada factor, lo que proporciona la potencia máxima para identificar efectos pequeños. Esto permitió obtener un rendimiento superior al 90% en la mayoría de las pruebas realizadas después de las mejoras en el proceso de fabricación.

Los resultados mostrados en este trabajo además demuestran el valor agregado del entrenamiento en la metodología DMAIC. Aunque se ejemplifica en un área de manufactura, el proceso DMAIC se puede aplicar en prácticamente cada sector y departamento de la industria. Es por lo anterior, que se vuelve cada vez más relevante la importancia de que los futuros profesionales tengan conocimiento de al menos las herramientas básicas de esta metodología. De tal manera que les permita ser mejores y más eficientes solucionadores de problemas desde su ingreso a la vida laboral.

AGRADECIMIENTOS: Los autores agradecen a la Ing. Melissa Anahí Olvera-Carreño por sus contribuciones en esta obra.

REFERENCIAS

- [1] Z. L. Chen, S. Li, y D. Tirupati, “A scenario-based stochastic programming approach for technology and capacity planning,” *Comput. Oper. Res.*, 2002, doi: 10.1016/S0305-0548(00)00076-9.
- [2] M. Best y D. Neuhauser, “Walter A Shewhart, 1924, and the Hawthorne factory,” *Quality and Safety in Health Care*. 2006, doi: 10.1136/qshc.2006.018093.
- [3] G. Campatelli, P. Citti, y A. Meneghin, “Development of a simplified approach based on the EFQM model and Six Sigma for the implementation of TQM principles in a university administration,” *Total Qual. Manag. Bus. Excell.*, 2011, doi: 10.1080/14783363.2011.585755.
- [4] C. C. Wang, K. S. Chen, C. H. Wang, y P. H. Chang, “Application of 6-sigma design system to developing an improvement model for multi-process multicharacteristic product quality,” 2011, doi: 10.1177/2041297510393464.
- [5] J. Wagensberg, *Ideas sobre la complejidad del mundo*. 2007.
- [6] R. Espejo y A. Reyes, *Organizational systems: Managing complexity with the viable system model*. Springer Science & Business Media, 2011.
- [7] B. Lahidji y W. Tucker, “Continuous quality improvement as a central tenet of TQM: History and current status,” *Qual. Innov. Prosper.*, 2016, doi: 10.12776/QIP.V20I2.748.
- [8] D. Pacheco, I. Pergher, G. L. R. Vaccaro, C. F. Jung, y C. ten Caten, “18 comparative aspects between Lean and Six Sigma: Complementarity and implications,” *Int. J. Lean Six Sigma*, 2015, doi: 10.1108/IJLSS-05-2014-0012.

- [9] G. J. Hahn, N. Doganaksoy, y H. Roger, "The evolution of six sigma," *Qual. Eng.*, vol. 12, no. 3, pp. 317–326, 2000.
- [10] S. Indrawati y M. Ridwansyah, "Manufacturing Continuous Improvement Using Lean Six Sigma: An Iron Ores Industry Case Application," *Procedia Manuf.*, 2015, doi: 10.1016/j.promfg.2015.11.072.
- [11] A. Jayaram, "Lean six sigma approach for global supply chain management using industry 4.0 and IIoT," 2016, doi: 10.1109/IC3I.2016.7917940.
- [12] H. Pérez-Ortiz, "El impacto de Lean Six Sigma en organizaciones latinoamericanas y sus factores críticos de éxito," 2016. <http://hdl.handle.net/11117/3873> (accessed Mar. 17, 2019).
- [13] K. Ganguly, "Improvement process for rolling mill through the DMAIC Six Sigma approach," *Int. J. Qual. Res.*, 2012.
- [14] K. Srinivasan, S. Muthu, S. R. Devadasan, y C. Sugumaran, "Enhancing effectiveness of shell and tube heat exchanger through six sigma DMAIC phases," 2014, doi: 10.1016/j.proeng.2014.12.449.
- [15] J. A. Garza-Reyes, "Green lean and the need for Six Sigma," *Int. J. Lean Six Sigma*, 2015, doi: 10.1108/IJLSS-04-2014-0010.
- [16] M. Uluskan, "A comprehensive insight into the Six Sigma DMAIC toolbox," *International Journal of Lean Six Sigma*. 2016, doi: 10.1108/IJLSS-10-2015-0040.
- [17] S. Hakimi, S. M. Zahraee, y J. Mohd Rohani, "Application of Six Sigma DMAIC methodology in plain yogurt production process," *Int. J. Lean Six Sigma*, 2018, doi: 10.1108/IJLSS-11-2016-0069.
- [18] R. Sharma, P. Gupta, y V. Saini, "Six Sigma Dmaic Methodology Implementation in Automobile Industry: a Case Study 2," *J. Manuf. Eng.*, 2018.
- [19] M. F. M. Isa y M. Usmen, "Improving university facilities services using Lean Six Sigma: a case study," *J. Facil. Manag.*, 2015, doi: 10.1108/JFM-09-2013-0048.
- [20] A. Laureani y J. Antony, "Leadership characteristics for Lean Six Sigma," *Total Qual. Manag. Bus. Excell.*, 2017, doi: 10.1080/14783363.2015.1090291.
- [21] K. Moosa y A. Sajid, "Critical analysis of Six Sigma implementation," *Total Qual. Manag. Bus. Excell.*, 2010, doi: 10.1080/14783363.2010.483100.
- [22] S. L. Furterer, *Lean six sigma in service: Applications and case studies*. 2016.
- [23] J. J. Cardiel-Ortega, R. Baeza-Serrato, y R. A. Lizarraga-Morales, "Development of a system dynamics model based on six sigma methodology," *Ing. e Investig.*, 2017, doi: 10.15446/ing.investig.v37n1.62270.
- [24] N. Yadav, K. Mathiyazhagan, y K. Kumar, "Application of Six Sigma to minimize the defects in glass manufacturing industry: A case study," *J. Adv. Manag. Res.*, 2019, doi: 10.1108/JAMR-11-2018-0102.
- [25] D. C. Montgomery y W. H. Woodall, "An overview of six sigma," *International Statistical Review*. 2008, doi: 10.1111/j.1751-5823.2008.00061.x.
- [26] K. S. Chen, H. T. Chen, y T. C. Chang, "The construction and application of Six Sigma quality indices," *Int. J. Prod. Res.*, 2017, doi: 10.1080/00207543.2016.1246763.
- [27] R. W. Hoerl y R. D. Snee, "Post-financial meltdown: What do the services industries need from us now?," *Appl. Stoch. Model. Bus. Ind.*, 2009, doi: 10.1002/asmb.805.

- [28] J. Singh, H. Singh, A. Singh, y J. Singh, “Managing industrial operations by lean thinking using value stream mapping and six sigma in manufacturing unit: Case studies,” *Manag. Decis.*, 2019, doi: 10.1108/MD-04-2017-0332.
- [29] M. Gottfredson y K. Aspinall, “Innovation versus complexity: What is too much of a good thing?,” *Harvard Business Review*. 2005.
- [30] A. Boon Sin, S. Zailani, M. Iranmanesh, y T. Ramayah, “Structural equation modelling on knowledge creation in Six Sigma DMAIC project and its impact on organizational performance,” *Int. J. Prod. Econ.*, 2015, doi: 10.1016/j.ijpe.2015.06.007.
- [31] N. O. Erdil, C. B. Aktas, y O. M. Arani, “Embedding sustainability in lean six sigma efforts,” *J. Clean. Prod.*, 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.07.048.

Aprendizaje de espacios vectoriales mediante la operación interna definida en C++

(Learning vector spaces using inner operation defined in C++)

Paola Mariela Proaño Molina¹, Sergio Fabricio Trujillo Sánchez²

¹ Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador

² Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Latacunga, Ecuador

pproanom@uteq.edu.ec, sfrujillo@espe.edu.ec

Resumen: Los estudiantes presentan dificultad para comprender la demostración de un espacio vectorial. El objetivo de esta investigación es comparar tres métodos que incluye clases magistrales, clases magistrales con C++ y Matlab mediante el rendimiento académico. Para evaluar el impacto de este trabajo, se establecieron grupos de investigación, uno control y otro experimental. El experimental recibió las clases con el código en C++ para la demostración de las propiedades del producto interno y el de control recibió las clases con y sin el código creado con Matlab. Se aplicaron evaluaciones a ambos grupos y mediante el diseño experimental DCA se demostró que el mejor método para enseñar espacios vectoriales es el que incluye las clases magistrales y el código en C++. Sin embargo, a pesar del impacto positivo de esta investigación, aún quedan desafíos por resolver uno de ellos es determinar cuál es el software adecuado para la enseñanza de autovalores.

Palabras clave: método, espacios vectoriales, C++, álgebra.

Abstract: Students have difficulty understanding the proof of a vector space. The objective of this research is to compare three methods that includes lectures, master classes with C++ and Matlab through academic performance. To evaluate the impact of this work, research groups were established, one control and the other experimental. The experimental received the classes with the code in C++ for the demonstration of the properties of the inner product and the control received the classes with and without the code created with Matlab. Evaluations were applied to both groups and through the DCA experimental design it was demonstrated that the best method to teach vector spaces is the one that includes lectures and C++ code. However, despite the positive impact of this research, there are still challenges to be solved, one of them is to determine which is the appropriate software for teaching eigenvalues.

Keywords: method, vector spaces, C++, algebra.

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia el hombre ha tratado de explicar al mundo que lo rodea la importancia del uso de las matemáticas. El álgebra no ha estado alejada de ese contexto, puesto que en la antigüedad los griegos explicaron varias teorías considerando el uso del razonamiento inductivo; es decir, repetidas observaciones son utilizadas para establecer "reglas de cajón" (sin rigor estricto). Los matemáticos griegos utilizaron la lógica para obtener conclusiones a partir de definiciones y axiomas. Sin embargo, a través de los años se le han dado diferentes significados a la palabra álgebra; un ejemplo claro de ello fue lo hecho por el matemático Leonard Euler [1]

que en su libro *Introducción al álgebra*, consideraba que el álgebra es la teoría de los cálculos con cantidades de distintas clases.

Uno de los conceptos que es objeto de estudio en el Álgebra Lineal es el de espacio vectorial, el cual relaciona otros conceptos como dependencia lineal, base, generador, dimensión, coordenada de un vector en una base y transformación lineal. Para que una estructura algebraica sea un espacio vectorial debe cumplir con ciertas propiedades referentes a una operación interna. La demostración de un espacio vectorial requiere cierta habilidad matemática. Para [2], los estudiantes generalmente realizan los procedimientos algorítmicos sin comprender el significado conceptual y sin saben relacionar sus diferentes representaciones semióticas.

En [3] se afirma que los estudiantes manipulan las representaciones algebraicas de forma mecánica sin comprender su significado y sin percibir las relaciones entre ellas.

En la enseñanza del álgebra lineal se presentan muchas dificultades debido al alto grado de abstracción de algunos temas y a lo tedioso que puede ser resolver ejercicios que implican una serie de algoritmos muy extensos; por tal motivo en muchas ocasiones los docentes optan por enviar como tarea al estudiante para que sean ellos quienes los resuelvan, sin considerar que estos logren o no un aprendizaje significativo del contenido académico.

Con base en lo anterior y en la imperiosa necesidad de apoyar el proceso de enseñanza de varios tópicos del álgebra lineal, el propósito de esta investigación es incluir en las clases magistrales de espacios vectoriales, la demostración de las propiedades para que una estructura algebraica de \mathbb{R}^3 cumpla con las leyes de composición interna. El proceso de la demostración matemática manual resulta un proceso complejo de entender y aplicar, más si se consideran diferentes espacios vectoriales. La demostración realizada con el software, facilita a los estudiantes la comprensión de conceptos teóricos ya que en este trabajo se propone el uso del código de programación implementado en el lenguaje C++ como herramienta didáctica para apoyar la enseñanza y el aprendizaje de espacios vectoriales en estudiantes de ingeniería.

2. TRABAJOS RELACIONADOS

Existen trabajos de investigación que consideran que el aprendizaje de la temática relacionada con los espacios vectoriales tiene su grado de dificultad, varios autores consideran teorías constructivistas o la inclusión de recursos tecnológicos para que el aprendizaje sea satisfactorio.

En [4] se considera el trabajo denominado “El aprendizaje de Espacios Vectoriales en Álgebra Lineal: Una mirada desde la teoría APOE”, sostiene que la definición conceptual de espacio vectorial es difícil para los alumnos debido a su naturaleza abstracta. Por esa razón utiliza la teoría APOE como parte de la didáctica, para brindar elementos que permitan describir y analizar las construcciones mentales que los estudiantes ponen en juego para construir un concepto matemático. La teoría APOE es una interpretación de la teoría constructivista que se basa principalmente en el concepto de abstracción reflexiva, introducido por Piaget, para describir el desarrollo del pensamiento lógico en los niños, y extiende la idea a nociones matemáticas más avanzadas [5].

En [6] se afirma que los errores u equivocaciones no son un obstáculo en el aprendizaje de las matemáticas, sino que más bien constituyen un elemento a considerar para que el aprendizaje sea significativo. En el estudio del álgebra lineal está presente el lenguaje geométrico y el aritmético que conduce a pensamientos sintéticos geométricos, aritméticos analíticos y aritmético analítico, con la finalidad de que faciliten al alumno la incorporación significativa de los conceptos.

En [7] se considera los fundamentos de la Teoría Antropológica de lo Didáctico (TAD), como una propuesta de actividades que permite estudiar cómo los estudiantes se enfrentarán inicialmente al concepto de espacio vectorial. Este trabajo permite que los estudiantes exploren las propiedades de los espacios vectoriales, de tal forma que las estructuras algebraicas presentadas sean similares a las que han trabajado en otras asignaturas y así la introducción a los conceptos abstractos del álgebra lineal no sea tan repentina como suele ser en la enseñanza tradicional.

En el trabajo denominado “Uso de Matlab como herramienta computacional para apoyar la enseñanza y el aprendizaje del álgebra Lineal”, [8] se considera el uso del software Matlab para apoyar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la resolución de sistemas de ecuaciones lineales, para la realización de operaciones matriciales, la solución de problemas asociados a espacios vectoriales y a transformaciones lineales y, para el cálculo de los valores y vectores propios de una matriz cuadrada, contribuir al aprendizajes significativo de estos por parte de los estudiantes.

3. METODOLOGÍA

En esta investigación se compararon tres métodos de enseñanza:

M1: Enseñanza de los espacios vectoriales mediante clases magistrales y el uso del software C++.

M2: Enseñanza de los espacios vectoriales mediante clases magistrales.

M3: Enseñanza de los espacios vectoriales mediante el software Matlab.

Tabla 1. Total de estudiantes que cursan el primer nivel de las carreras de ingeniería

Docente 1	Ingeniería en Software	20
Docente 2	Ingeniería Petroquímica	18
Docente 3	Ingeniería Electromecánica	22

3.1 Procedimiento

Para poder ejecutar esta investigación se realizaron los siguientes pasos:

1. Socialización de la propuesta de investigación con docentes del área de Análisis Funcional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga.
2. Selección de 3 docentes que dictan la asignatura de álgebra lineal en carreras de ingeniería.
3. Selección de 5 estudiantes al azar de cada una de las carreras (Software: 5 estudiantes de 20, Petroquímica: 5 estudiantes de 18, Electromecánica: 5 estudiantes de 22).
4. Preparación de las clases magistrales con la temática de espacios vectoriales.
5. Elaboración del código de programación. (Mediante el lenguaje C++, se realizó la demostración de las 8 propiedades de una operación interna que debe cumplir una estructura algebraica para ser un espacio vectorial en \mathbb{R}^3).
6. Elaboración de las evaluaciones que se aplicaron luego de cada método de enseñanza.
7. Calificación de las evaluaciones (calificación sobre 30 puntos).
8. Tabular los datos obtenidos.
9. Realizar el análisis estadístico mediante el software Minitab.

3.2 Materiales

- Software Minitab® 18.1
- Software C++

3.3 Diseño experimental

Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) para comparar los tres métodos de enseñanza y la influencia de estos métodos en el rendimiento académico de los estudiantes de ingeniería. Las corridas experimentales se realizaron en forma aleatoria. Se utilizó un DCA ya que se consideran dos fuentes de variabilidad: los métodos y el error aleatorio. Para el DCA se consideró un nivel de significancia (α) del 5%. En la Tabla 1, se observan los datos obtenidos durante la investigación.

En la tabla 1, se observa el total de la población, está compuesta por 60 estudiantes de las 3 carreras de ingeniería de la UFFA ESPE. En el DCA las repeticiones experimentales se realizan de forma aleatoria, considerando que el único factor de interés es el método de enseñanza de la temática de espacios vectoriales de la asignatura de álgebra lineal. Durante este estudio se hicieron 5 pruebas, éstas se realizaron al azar, de esta forma los posibles efectos ambientales y temporales se repartieron equitativamente entre los métodos o tratamientos.

Tabla 2. Calificaciones obtenidas por los estudiantes de ingeniería.

Repetición	Método 1 Clases magistrales & C++	Método 2 Clases magistrales	Método 3 Clases magistrales & Matlab
1	28	18	22
2	27	17	18
3	25	19	19
4	21	16	22
5	23	22	17

Para poder cumplir con un DCA, es necesario verificar los supuestos y realizar el análisis de la varianza del DCA

En la Tabla 3, se observa la prueba de normalidad, se plantearon dos hipótesis.

Tabla 3. Normalidad de los errores.

H_0 : Los residuos se distribuyen normalmente.
H_1 : Los residuos no se distribuyen normalmente.
Prueba no normalidad mediante el estadístico Anderson Darling. $\alpha= 0.05$ AD= 0.333 p - valor= 0.466

En la Tabla 4, se observa la homogeneidad de varianzas, se plantearon dos hipótesis.

Tabla 4. Homogeneidad de varianzas.

$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2$
$H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2 \neq \sigma_3^2$
Prueba de homogeneidad mediante el estadístico Bartlett $\alpha= 0.05$ Bartlett = 0.24 p - valor= 0.888

Para conocer si el método influye sobre la variable de respuesta. En la Tabla 5, se observa la prueba de comparación de medias, se plantearon dos hipótesis.

Tabla 5. Comparación de medias

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$
$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$
Prueba de comparación de medias mediante el estadístico Fisher $\alpha= 0.05$ F= 9.23 p - valor= 0.004

Para determinar cuál método es diferente se hace una prueba de comparaciones múltiples en parejas, en la Tabla 6 se observa la prueba, se plantearon dos hipótesis.

Tabla 6. Comparaciones múltiples

$H_0: \mu_i = \mu_j$ $H_0: \mu_1 = \mu_2, \mu_1 = \mu_3, \mu_2 = \mu_3$
$H_1: \mu_i \neq \mu_j$ $H_1: \mu_1 \neq \mu_2, \mu_1 \neq \mu_3, \mu_2 \neq \mu_3$
Prueba de comparaciones múltiples mediante el estadístico Tukey $\alpha= 0.05$

Otros

Este trabajo se desarrolló en un periodo extra académico para no interferir con las actividades de los estudiantes seleccionados al azar. Para el desarrollo de la investigación se consideraron dos grupos de análisis de la Tabla 7.

Tabla 7. Grupos de investigación.

Grupo experimental	Grupo de control
Estudiantes seleccionados al azar para aplicar el método 1	Estudiantes seleccionados al azar para aplicar el método 2 y método 3

El detalle de los docentes seleccionados que participaron en la investigación se puede observar en la Tabla 8.

Tabla 8. Equipo de investigación.

Docente	Carrera	Número de estudiantes total
Docente 1	Ingeniería en Software	20
Docente 2	Ingeniería Petroquímica	18
Docente 3	Ingeniería Electromecánica	22

4. Resultados

Los resultados obtenidos en esta investigación son:

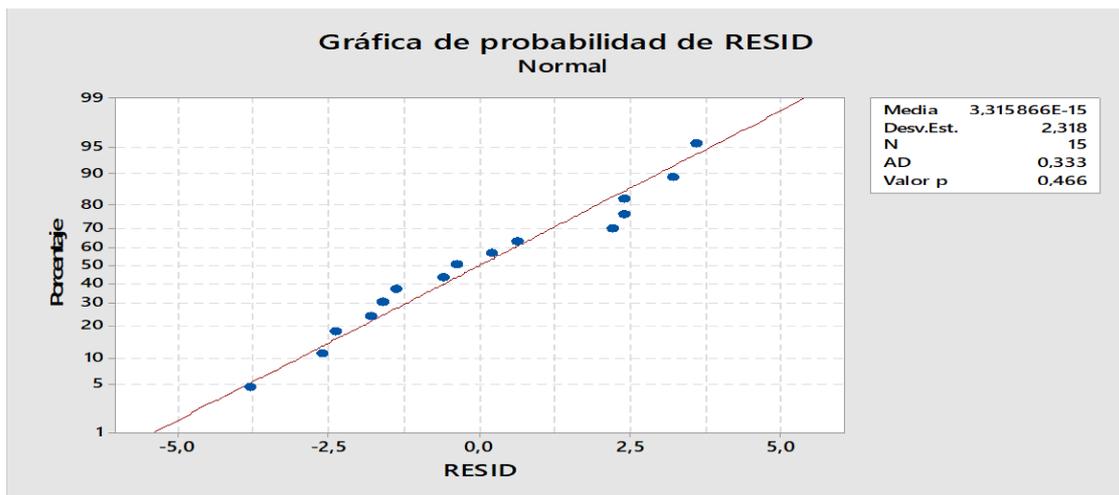


Figura 1. Gráfica de normalidad de residuos.

Método	Estadística de prueba	Valor p
Bartlett	0,24	0,888

Figura 2. Estadístico de prueba para la homogeneidad de varianzas.

De acuerdo a la Figura 1 y Figura 2 el p valor es mayor que α , no se rechaza la H_0 . Por lo tanto, con una significancia del 5% se cumple el supuesto de normalidad.

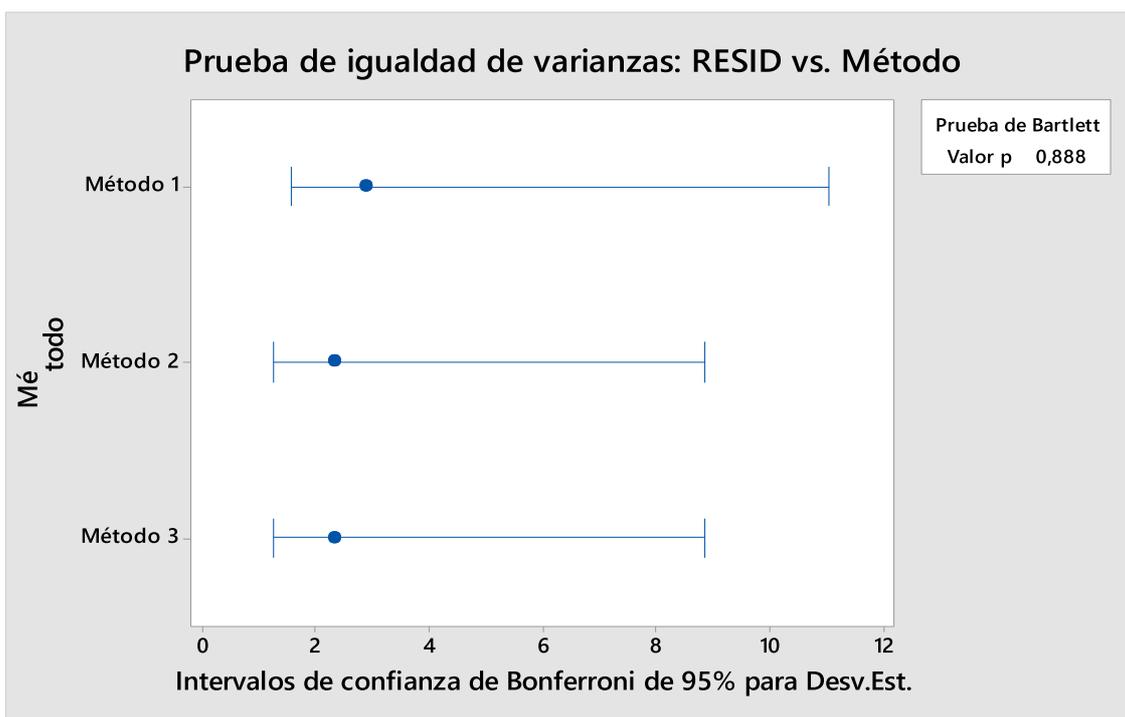


Figura 3. Prueba de homogeneidad de varianzas

En función de la Figura 3 el p valor es mayor que α , no se rechaza la H_0 . Por lo tanto, con una significancia del 5% se cumple el supuesto de homogeneidad o igualdad de varianzas.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Método	2	115,73	57,867	9,23	0,004
Error	12	75,20	6,267		
Total	14	190,93			

Figura 4. Análisis de varianza del DCA

En la Figura 4 se observa el ANOVA del DCA, se observa que para los datos obtenidos el método no es significativo en el diseño experimental.

Método	N	Media	Agrupación
Método 1	5	24,8	A
Método 3	5	19,6	B
Método 2	5	18,4	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Figura 5. Estadístico de prueba para la comparación de medias.

En conformidad con la Figura 5, el p valor es menor que α , se rechaza la H_0 . Por lo tanto, con una significancia del 5% se afirma que al menos un método de enseñanza de espacios vectoriales es diferente a los demás. Hay efecto del método sobre la calificación obtenida.

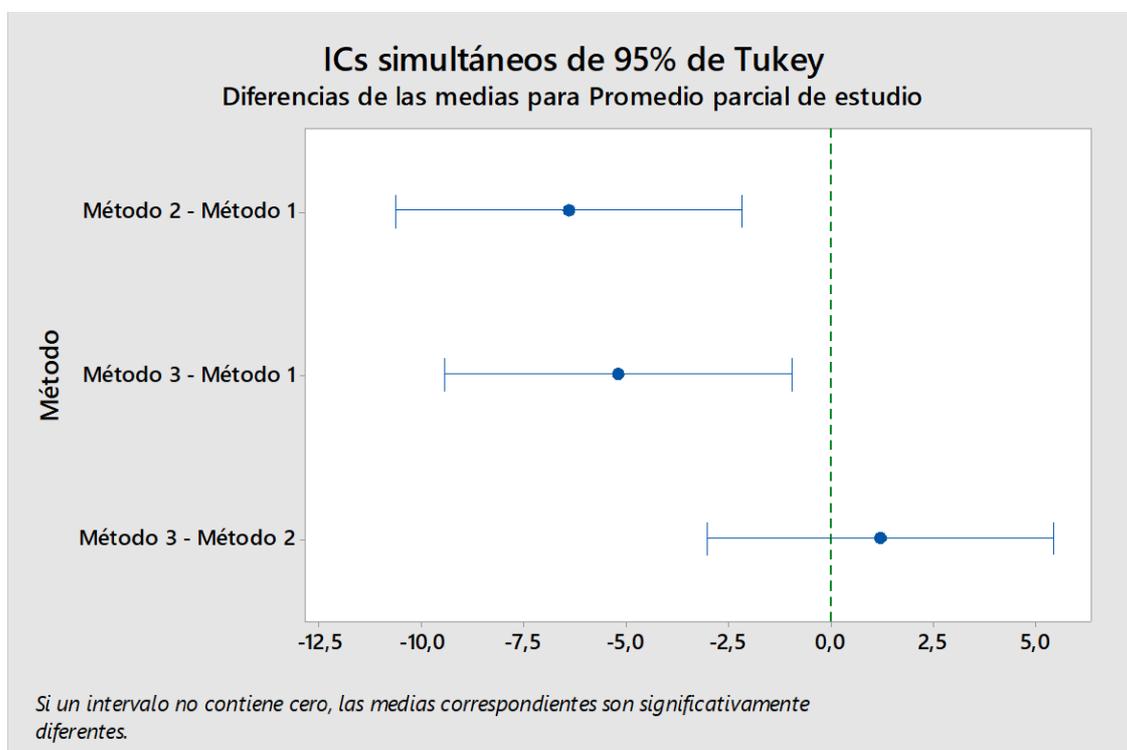


Figura 6. Prueba de comparaciones múltiples.

En base a la Figura 6, A un nivel de significancia del 5%, se concluye que el método 1 es más efectivo porque tiene mayor promedio y difiere significativamente con los métodos 2 y 3, por lo tanto, es el más efectivo por tener mayor promedio y ser diferente al método 2 y 3.

5. DISCUSIÓN

Los datos recolectados de rendimiento académico se hizo basado estrictamente en el método científico, de una manera aleatoria y sin intervención de otras fuentes que no sea las calificaciones obtenidas por los estudiantes, con los que nos lleva a verificar que los métodos de enseñanza basada en las clases magistrales y con ayuda del algoritmo desarrollado en C++, logra de una manera significativa que los estudiantes comprendan uno de los temas más abstractos del álgebra lineal que es el de los espacios vectoriales, que en mucho de los casos conlleva a que los alumnos abandonen o pierdan la asignatura.

Se demostró también que no existe un método único para la enseñanza del álgebra lineal, más bien que el método de enseñanza aplicada de manera eficiente conlleva a que los estudiantes aprendan de la mejor manera temas que por su complejidad requieren de un razonamiento lógico, que, en la educación secundaria en muy poco desarrollado, lo que hace que los estudiantes al llegar a la educación superior fracasen.

Es deber de los docentes buscar la metodología que ayude a los estudiantes a mejorar este proceso de aprendizaje, y a solventar falencias que tienen en el nivel inmediatamente anterior, y así procurar el éxito de los estudiantes y por lo tanto el éxito personal de cada docente.

6. CONCLUSIONES

En función de la prueba de Tukey de la Figura 6, el método 1 tiene mayor promedio, mayor media, mientras que el promedio en el método 2 y 3 es parecido. Estadísticamente, el método 2 y 3 son iguales. Pero el método 1 es distinto porque comparte otra letra.

En base al análisis estadístico, se determinó que el mejor método de enseñanza para estudiantes de ingeniería es el método 1, los estudiantes obtienen un mejor rendimiento académico en la temática de espacios vectoriales cuando el docente utiliza las clases magistrales y la demostración de las propiedades de operación interna realizado en C++.

Los estudiantes tienen una preferencia por el lenguaje de programación C++ ya que el código usado en Matlab implica mayor conocimiento de programación.

Considerar para un futuro tema de investigación, cual es el software adecuado para la enseñanza de valores propios y autovalores, entre ellos se puede mencionar GeoGebra, Wolfram, Matlab, etc

AGRADECIMIENTOS: Se agradece la colaboración de los docentes y estudiantes que participaron en la realización de esta investigación.

REFERENCIAS

- [1] Cardenas, C. H. El Algebra de Viete y soluciones de ecuaciones de tercer y cuarto grado. (1993).
- [2] Soto, J. L. Un estudio sobre las dificultades para la conversión gráfico-algebraica relacionadas con los conceptos básicos de la teoría de espacios vectoriales en R^2 y R^3 . Tesis para optar por el grado de Doctor en Matemática Educativa, Instituto Politécnico Nacional, CINVESTAV, México, D.F. (2003).
- [3] Sierpinska, A. On Some Aspects of Student's Thinking in Linear Algebra. En J. Dorier, & C. M. University (Ed.), On the Teaching of Linear Algebra (pp. 209-246). Michigan: Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. (2000).
- [4] F. Montenegro, A. Gagliardo, S. Mangini, y A. Carrasco. El aprendizaje de Espacios Vectoriales en Álgebra Lineal: Una mirada desde la teoría apoe. Brazilian Journal of Development, 6(11), 84339-84351. 2020.
- [5] E. Dubinsky. "Reflective abstraction in advance mathematical thinking," Advanced Mathematical Thinking. Mathematics Education Library, vol 11, pp 95-123. 2002
- [6] M. Caserio, M. Guzmán, y A. M. Vozzi, "Dificultades en el aprendizaje de matemática. Obstáculos y errores en el aprendizaje del concepto de dependencia e independencia lineal", Acta Latinoamericana de Matemática Educativa, pp. 91-95. 2007.
- [7] A. V. V Lozada, "Una propuesta para la enseñanza del concepto abstracto de espacios vectoriales," PädUAQ. Revista de Proyectos y Textos Académicos en Didáctica de las Ciencias y la Ingeniería, vol 3, pp. 8-15. 2019.
- [8] G. Vergara, A. Avilez, y J. Romero, "Uso de Matlab como herramienta computacional para apoyar la enseñanza y el aprendizaje del álgebra Lineal," Revista MATUA ISSN: 2389-7422, vol. 3, 2016.

Elaboración de Licor Añejo con Almendras de Cacao Nacional (*Theobroma cacao* L.) residual de la clasificación para exportación

*Elaboration of Aged Liquor with National Cocoa Almonds (*Theobroma cacao* L.) residual from the export classification*

Ángel Oliverio Fernández Escobar¹, Guadalupe Cecibel Hidalgo Trejo¹, Valery Rashel Vélez Reyna¹, Nelson Ramiro Villegas Soto¹, Jhunió Abraham Marcía Fuentes²

¹Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador

²Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas, Olancho, Honduras

afernandez@uteq.edu.ec, guadalupectre.hidalgo@uteq.edu.ec, valery.velez2015@uteq.edu.ec, nvillegas@uteq.edu.ec, jmarcia@unag.edu.hn

Resumen: El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la maceración de residuos de almendras de cacao nacional en alcohol etílico rectificado para la obtención de licor añejo. El cacao se usó de forma tostada y sin tostar, y, en concentraciones distintas añadidas al alcohol etílico rectificado de 96.19 °GL contenidas en botellas de vidrio enrazadas a 4 L y dejadas en maceración durante 6 meses; el licor añejado se redujo a 25 ± 1 °GL con una fracción de agua y otra de jarabe de sacarosa de 62.2 °Brix y se realizó la evaluación sensorial considerando los atributos de color, olor, sabor a cacao y preferencia. Se aplicó un diseño bifactorial completamente al azar, con 3 repeticiones. Se usó el software estadístico SPSS, y, el test de Friedman. Del ADEVA se estableció como mejor tratamiento el T₂ correspondiente a cacao nacional tostado y en cantidad de 500 g.

Palabras clave: cacao tostado, polifenoles, alcohol etílico, congenéricos.

Abstract: The objective of this research was to evaluate the effect of the maceration of national cocoa almond residues in rectified ethyl alcohol to obtain old liquor. The cocoa was used roasted and unroasted, and, in different concentrations, added to the 96.19 °GL rectified ethyl alcohol contained in glass bottles set at 4 L and left in maceration for 6 months; The aged liquor was reduced to 25 ± 1 °GL with a fraction of water and another of sucrose syrup of 62.2 °Brix and the sensory evaluation was carried out considering the attributes of color, odor, cocoa flavor and preference. A bifactorial design was applied completely at random, with 3 repetitions. The SPSS statistical software was used, and the Friedman test. From the ADEVA, the T₂ corresponding to roasted national cocoa and in a quantity of 500 g was established as the best treatment.

Keywords: roasted cocoa, polyphenols, ethyl alcohol, congenics.

1. INTRODUCCIÓN

Ecuador es el productor por excelencia de **Cacao** Arriba fino y de aroma, además de ser ricos en antioxidantes, cuya actividad agrícola ha constituido un rubro de relevancia económica por la calidad de esta materia prima para la industria chocolatera [1]. Las concentraciones de polifenoles en las semillas de cacao fluctúan entre 15 a 20% (p/p) y están compuestos por un 37 % de catequinas, 4% de antocianinas y 58% de proantocianidinas, estos contenidos dependen de las reacciones bioquímicas que se generan durante el proceso de fermentación [2].

Los residuos de cacao son una fuente fundamental de antioxidantes naturales, las cuales previenen la aparición de enfermedades, además de que aportan nutricionalmente macronutrientes y micronutrientes [3] [4]. Algunos estudios han evaluado el uso de los residuos de cascarillas de cacao y su efecto en el colón debido al aporte de fibra en pacientes con estreñimiento esto se debe al contenido de fibra dietética insoluble, mientras que el mucílago es buena fuente de fibra dietética soluble, ideal para uso de ingrediente directo en la formulación de alimentos ricos en fibra [5]. La composición química de la cascarilla de cacao es: celulosa 17.39%, hemicelulosa 6.38%, pectina 19.62% y lignina 32.4 %, pectinas del 12.50 al 45% [6].

La fermentación de las almendras de cacao se hace con el objeto de desarrollar los precursores del sabor a chocolate, los que interactúan en el proceso de tostado debido a la reacción de Maillard, desarrollando así los componentes específicos del aroma y sabor a chocolate como por ejemplo alcoholes, ésteres, fenoles, ácidos, entre otros, que contribuyen a una agradable impresión sensorial [7].

La selección de los granos o almendras de cacao destinados a exportación se realiza mediante una clasificadora mecánica que utiliza una gradación de malla de diferentes tamaños alrededor de un tambor cilíndrico giratorio con tornillo helicoidal en el interior para transportar los granos. Durante esta operación, se eliminan en primer lugar los granos rotos y los fragmentos de cáscara, luego por un costado se obtienen almendras de cacao pequeños, posteriormente los de tamaño medio y finalmente los granos grandes de mejor calidad de Grado I. Hay 3 grados de cacao en grano establecido por la Junta de la Industria del Cacao y el Café: Grado I, Grado II y defectuoso. Los granos de cacao defectuosos no se exportan y quedan como residuos o desperdicios. [8]

El licor añejo es una bebida envejecida, la cual extraen los compuestos fenólicos, aldehídos, ésteres, de un barril de madera de roble [9]. El siguiente trabajo consistió en evaluar el efecto de la maceración de almendras de cacao nacional en alcohol etílico rectificado para la obtención de licor añejo con características químicas y sensoriales aceptables. Los aldehídos, ésteres, apariencia, color, olor, sabor a cacao presentes en el licor añejo, fueron extraídos de las almendras de cacao nacional residual de la clasificación para exportación añejado en alcohol de 96.19 °GL por espacio de 6 meses de forma tostada y sin tostar, y, para determinar la preferencia, el licor se diluyó con jarabe de sacarosa y agua a 25 ± 1 °GL. Se espera darle valor agregado a un residuo de un producto agrícola exportable.

2. TRABAJO RELACIONADO

Existen diversas investigaciones que se refieren a la elaboración de varios subproductos con los residuos de cacao tales como:

Lo reportado por Hidalgo y Vera [10] indican que, son escasos los estudios involucrados al aprovechamiento de residuos en el Ecuador, por esto nace la necesidad de averiguar y decidir los diversos usos; y entre otros, desarrollar una tecnología de una bebida alcohólica macerada, con cascarilla de cacao, permitiendo dar valor agregado.

La elaboración del licor añejo tiene como fin obtener una bebida hidroalcohólica aromatizada, a través de diferentes métodos como: maceración, infusión o destilación de algunas sustancias naturales, alcoholes destilados aromatizados o adición de extractos, esencias o aromas, en cuanto a la proporción de azúcar dependiendo del tipo de licor que se desea obtener, consiguiendo un contenido alcohólico de 15° GL y alcanzando los 50° GL [11]. El añejamiento de bebidas es importante debido a que mejora los atributos de calidad, es caracterizado por la presencia de compuestos químicos, esencialmente aldehídos, ésteres y ácidos fenólicos que contribuyen al bouquet de los licores envejecidos [12] [13].

Según Miranda y Tula [14] la calidad del agua juega un rol importante en la fabricación de bebidas alcohólicas, se debe usar agua muy blanda, para que no se presente enturbiamientos en el producto acabado; esta opacidad suele ocurrir debido a la precipitación de los compuestos de calcio, magnesio, carbonatos, entre otros. Cuando se desea operar en frío, o para incorporar agua a los jarabes, es recomendable recurrir a agua destilada.

Según el INEN [15] [16], el agua utilizada para hidratar licores hasta los niveles establecidos debe ser potable, también puede ser desmineralizada, desionizada o destilada. Para el muestreo de análisis microbiológicos, físicos y químicos debe realizarse de acuerdo a los métodos establecidos para el agua potable y residual.

La calidad de los licores tiene estrecha relación con las propiedades de la mezcla de alcohol, agua, azúcar y tipo de materias vegetales que se combinan para su preparación, además sugieren cuidar el carácter de materias primas seleccionadas para su producción [17].

La preferencia de un alimento y bebida refrescante o alcohólica depende de diversos factores, entre ellos destaca propiedades sensoriales como el color, sabor, aspecto, aroma y textura; así mismo, los compuestos aroma y sabor se encuentran en menor concentración tienen un efecto fundamental en la calidad y aceptación [18].

3. METODOLOGÍA

La presente investigación se llevó a cabo en el laboratorio de Bromatología de la Finca Experimental “La María” perteneciente a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicado en el km 7 ½ de la vía Quevedo-El Empalme, Recinto San Felipe; Cantón Mocache, Provincia de Los Ríos. Los análisis del trabajo de investigación se llevaron a cabo en el laboratorio de CODANA S.A., ubicado en la ciudad de Milagro, Provincia del Guayas.

Se hizo una investigación exploratoria ya que no se ha encontrado datos acerca de la preparación de licores añejos con residuos de cacao. El método aplicado en esta investigación es inductivo-deductivo, porque se busca una posible solución al problema ya planteado, que permitirá obtener un proceso tecnológico para elaborar el licor añejo con residuos de cacao.

3.1. Procedimiento

Las etapas de la elaboración de licor de residuos de cacao son:

Recepción de la materia prima. Las almendras de cacao nacional consideradas defectuosas para exportación y que fueron residuo de la clasificación, se recibió en un lugar limpio, seco, aireado y alejado de plagas, cuidando las normativas de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM).

Clasificación y limpieza. Se retiraron las impurezas (todo material extraño a las almendras de cacao: piedrillas, palillos, hojas etc.), luego se clasifica escogiendo las mejores almendras de cacao y se formaron dos lotes en igualdad de proporciones de 2400 g cada uno, ya que una fracción fue tostada y otra no.

Tostado. En un recipiente de acero inoxidable de 5 L, se colocó 2400 g de almendras residuales de cacao clasificadas, y, se procedió a tostar a fuego controlado, en un rango de temperatura de 118 ± 2 °C, agitando constantemente con una paleta de madera hasta obtener un grado óptimo de tostado que define el gusto y aroma que resaltara en el licor.

Pesado. El diseño experimental fue bifactorial a*b (2x2) con 3 repeticiones dando un total de 12 tratamientos con almendras de cacao nacional residual de la clasificación para exportación; por tanto, se pesaron en una balanza analítica OHAUS de precisión 0.1 g., 6 masas de 250 g. y 6 fracciones de 500 g, de conformidad a la combinación del diseño experimental, de cacao residual tostado y cacao residual sin tostar.

Envasado. Pesadas las almendras residuales de cacao nacional fueron colocadas en botellas oscuras tipo ámbar según corresponda el tratamiento, seguido se añadió el alcohol rectificado de 96.19 °GL hasta aforar a los 4 L. La maceración se realizó en botellas de vidrio oscuras, con el fin de evitar efectos adversos por reacciones foto lumínicas que afectan el proceso de añejamiento.

Añejamiento del licor. Una vez mezclado el residuo de cacao, se dejó en reposo o añejamiento por 6 meses, tiempo en el cual, el alcohol ha extraído componentes del cacao y ha conferido al licor unas características sensoriales únicas.

Tamizado. Concluido el proceso de añejamiento, se tamiza la mezcla de alcohol con el residuo de cacao, con el fin de separar de las almendras de cacao nacional.

Dilución del licor añejado. Se preparó un jarabe de sacarosa de 62.2 °Brix y luego de realizar los cálculos según la regla de mezclas o cuadrados de Pearson, se procedió a mezclar así: 249.5 mL de licor añejado de 96.19 °GL más 100 mL de jarabe de sacarosa de 62.2 °Brix y 650.5 mL de agua; teniendo como resultado un licor de 25 ± 1 °GL y 6.22% de sólidos solubles.

Envasado. El licor ajustado a 25 ± 1 °GL, se envasó en botellas oscuras tipo ámbar de 1 L.

Análisis del licor. Las muestras de licor añejadas y diluidas a 24.88 ± 0.88 °GL, fueron evaluados por un panel de cata considerando los atributos de color, olor, sabor a cacao y preferencia. También, se realizó análisis químico en el que se determinó: alcoholes superiores, aldehídos, ésteres, furfural, grado alcohólico y metanol.

3.2. Materiales

Los materiales y equipos utilizados en la investigación:

- Residuos de cacao nacional (almendras residuales de la clasificación del cacao para exportación)
- Botellas de vidrio tipo ámbar
- Cocina a gas
- Paleta de madera
- Paila de acero inoxidable.
- Tubos de ensayo
- Pipetas volumétricas de 10 mL y 20 mL.
- Matraz de 100 mL.
- Matraz de destilación.
- Balones aforados de 50 mL.
- Bureta.
- Micro jeringa de 10 μ L.
- Cromatógrafo de gases.
- Estufa.
- Autoclave.
- Balanza analítica, OHAUS de precisión 0.1 g.
- Termómetro.
- Cámara fotográfica.
- Computadora.
- Manta eléctrica de calentamiento.

3.3. Diseño experimental

Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA), bifactorial A*B (2x2), con 3 repeticiones; siendo el factor A, el tratamiento de las almendras residuales de cacao (a_1 : *cacao sin tostar*, a_2 : *cacao tostado*) y el factor B, los niveles de almendras residuales (b_1 : 500 g. y b_2 : 250 g.). Los

resultados cromatográficos fueron sistematizados en el software estadístico SPSS, y se aplicó la prueba de Tukey al 5% de error; mientras que, para el test de normalidad se usó el examen de Kolmogorov –Smirnov con un 5% de probabilidad de error.

4. RESULTADOS

4.1. Análisis cromatográficos del licor añejo con cascarilla y almendra de cacao nacional

Tabla 1. Resultados de análisis cromatográficos

TRATAMIENTOS*	RESULTADOS DE LA CROMATOGRAFÍA					
	ALDEHIDOS mg/100 cm ³	ÉSTERES mg/100 cm ³	ALCOHOL SUPERIORES mg/100 cm ³	FURFURAL mg/100 cm ³	GRADO ALCOHÓLICO °GL	METANOL mg/100 cm ³
T ₁ R ₁	0.9	10.38	0.0	0.0	24.02	0.32
T ₁ R ₂	1.0	10.42	0.0	0.0	27.20	0.38
T ₁ R ₃	0.98	10.85	0.0	0.0	23.92	0.39
T ₂ R ₁	0.32	4.76	0.0	0.0	24.40	0.38
T ₂ R ₂	0.20	3.86	0.0	0.0	24.66	0.41
T ₂ R ₃	0.23	3.51	0.0	0.0	24.92	0.39
T ₃ R ₁	0.67	6.13	0.0	0.0	24.50	0.30
T ₃ R ₂	0.70	6.56	0.0	0.0	24.84	0.27
T ₃ R ₃	0.68	6.73	0.0	0.0	25.84	0.27
T ₄ R ₁	0.29	1.95	0.0	0.0	24.70	0.38
T ₄ R ₂	0.28	1.15	0.0	0.0	24.64	0.38
T ₄ R ₃	0.28	1.33	0.0	0.0	24.86	0.31

*T₁ = a₁b₁; T₂ = a₂b₁; T₃ = a₁b₂; T₄ = a₂b₂.

En los resultados reportados en la tabla 1 no se observan presencia de alcoholes superiores y furfural, sin embargo, si existieron diferencias entre los tratamientos en aldehídos y esterés, obteniéndose de esta forma los valores más altos para los tratamientos con almendras de cacao sin tostar (a₁) siendo más elevado en el nivel de concentración de 500 g. (b₁). En caso del metanol los valores fueron bajos hallándose similitudes entre los tratamientos formulados, de tal manera se interpretó que la cascarilla de cacao no influye, los datos de metanol que se obtuvieron estaban presentes en el alcohol etílico rectificado extra neutro.

4.2. Análisis estadístico del licor añejo con cascarilla y almendra de cacao nacional

Para una mayor comprensión e interpretación de los resultados, se parte de un análisis estadístico (prueba de normalidad) para la aplicación de técnicas paramétricas o no paramétricas.

La hipótesis a contrastarse es:

H_0 : Las respuestas experimentales del análisis químico del licor añejo se distribuyen de forma normal.

H_a : Las respuestas experimentales del análisis químico del licor añejo no se distribuyen de forma normal.

Tabla 2. Prueba de normalidad

	TEST DE NORMALIDAD					
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
Grado alcohólico	0.298	12	0.004	0.778	12	0.005
Aldehídos	0.200	12	0.198	0.861	12	0.50
Ésteres	0.214	12	0.134	0.822	12	0.17
Metanol	0.207	12	0.164	0.933	12	0.408

Los valores de significancia de Kolmogorov-Smirnov reportados en la tabla 2 son mayores que 0.05 en consecuencia, la hipótesis nula es rechazada y se acepta la hipótesis alternativa.

En la Tabla 3 se detalla la evidencia del resultado del test de Friedman a partir de la hipótesis ya planteada, de la misma manera se detalla los valores de ranking de cada uno de los tratamientos estudiados.

Tabla 3. Ranking de valores de los tratamientos al aplicar el test de Friedman

Rangos	
Tratamientos	Rango promedio
t_1	3.50
t_2	2.00
t_3	2.50
t_4	2.00

Como se puede observar en esta tabla 3, se acepta la hipótesis nula: " H_0 : Al utilizar residuos de almendras de cacao nacional tostado y sin tostar, y, en dos concentraciones en el proceso de obtención de licor añejo existe igualdad en las características químicas del grupo de tratamientos". Siendo el mejor los de menor valor, que corresponden al tratamiento 2 y 4 basado en los residuos de cascarilla y almendra de cacao nacional tostado con 500 y 250 g.

4.3. Análisis sensoriales del licor añejo con cascarilla y almendra de cacao nacional.

De la tabla 4 se desprende el análisis de cada atributo sensorial como son apariencia, color, olor, sabor a cacao y preferencia del licor añejo, así:

Tabla 4. Resultados sensoriales del licor añejo con cascarilla y almendra de cacao nacional.

FACTOR	ATRIBUTOS SENSORIALES DEL LICOR AÑEJO				
	APARIENCIA	COLOR	OLOR	SABOR A CACAO	PREFERENCIA
a ₁ (residuos sin tostar)	5.67 ^a	4.67 ^a	6.00 ^a	10.67 ^a	7.50 ^a
a ₂ (residuos tostados)	9.00 ^b	8.33 ^b	10.33 ^b	7.67 ^a	11.83 ^b
b ₁ (500 g)	8.50 ^a	7.50 ^a	10.00 ^b	9.50 ^a	11.00 ^b
b ₂ (250 g)	6.17 ^a	5.50 ^a	6.33 ^a	8.33 ^a	8.33 ^a
Interacción	6.00 ^{ab}	6.00 ^a	7.00 ^{ab}	7.33 ^a	7.33 ^a
a ₁ b ₁					
Interacción	5.33 ^a	3.33 ^a	5.00 ^a	8.00 ^a	7.67 ^a
a ₂ b ₁					
Interacción	11.00 ^b	9.00 ^a	13.00 ^b	11.67 ^a	14.67 ^b
a ₁ b ₂					
Interacción	7.00 ^b	7.67 ^a	7.67 ^{ab}	9.67 ^a	9.00 ^a
a ₂ b ₂					
CV%	28.39	38.2	29.57	31.33	16.36

*Letras diferentes en la misma columna, representan diferencias con $p \leq 0.05$.

Apariencia. La apariencia presentó diferencias estadísticas significativas ($p = \leq 0.05$) en el Factor A (cacao nacional tostado y sin tostar), el tratamiento T₂ obtuvo el mayor valor (9.0), siendo el T₁ (residuos de cacao sin tostar 500 g) de menor valor, mientras que en el T₃ y T₄ no se obtuvieron diferencias significativas.

Color. El color presentó diferencias significativas en el factor A, siendo el tratamiento T₂ (residuos de cacao tostado 500 g) el de mayor valor (8.33), en tanto que el T₁ fue el de menor valor (4.67), en los tratamientos 3 y 4 no presentó diferencias significativas.

Olor. El olor presentó diferencias significativas en ambos factores, siendo el tratamiento 3 de mayor valor (10.33) y el tratamiento 1 de menor valor (6.00).

Sabor a cacao. Las medias de las variables correspondiente a esta característica no presentaron diferencias significativas en el factor A, los valores que registró esta variable fueron entre 7.67 y 10.67, mientras que en el factor B los valores fueron entre 8.83 y 9.50.

Preferencia. La preferencia presentó diferencia significativa en ambos factores a y b. Siendo el mejor el T₂ correspondiente a cacao nacional tostado y en cantidad de 500 g.

En la Figura 1, se puede apreciar que el T₂ (500 g de almendras de cacao tostado/4L) tiene mayor intensidad en las variables analizadas: color, olor, sabor a cacao, preferencia y apariencia, destacando así la preferencia, olor y sabor a cacao. Dichos aspectos han mejorado el bouquet del licor añejado con almendras residuales de cacao tostado y han sido decisivos al elegir un licor para consumir, debido a que tal tratamiento tiene más alta concentración de almendras de cacao.

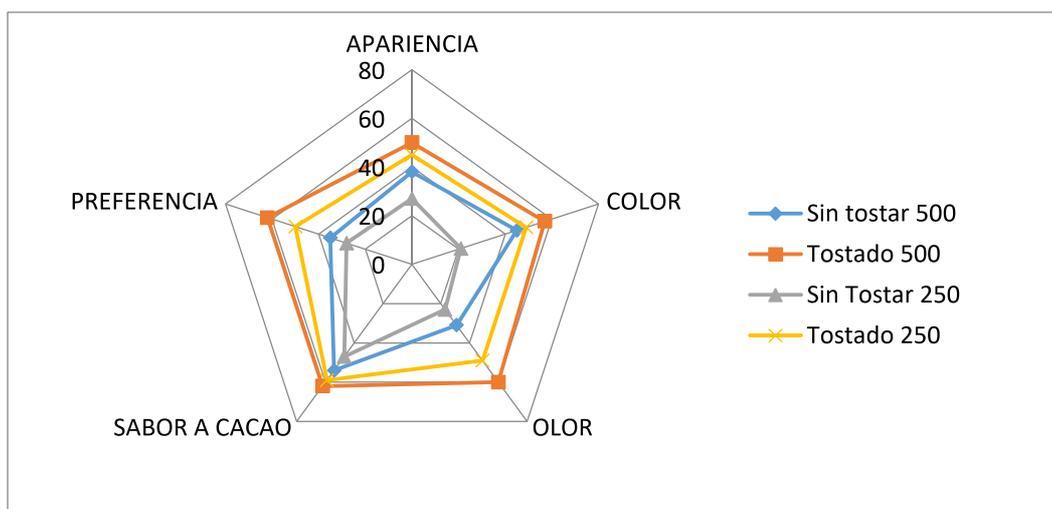


Figura 1. Perfil sensorial del licor añejo obtenido de la maceración con almendras de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) residual de la clasificación para exportación en alcohol etílico de 96.19 °GL.

5. DISCUSIÓN

5.1. Análisis cromatográficos del licor

Alcoholes superiores. Casco, G. afirma que, en el licor comercial Tastacán no hubo presencia de alcoholes superiores, debido a que el alcohol utilizado fue de una alta pureza y después diluido hasta la concentración deseada [19].

En esta investigación se hizo uso de alcohol etílico extra neutro rectificado de 96.19 °GL proveniente de la empresa CODANA S.A., cuando finalizó el proceso de añejamiento del licor fue diluido con agua destilada hasta conseguir la concentración deseada, se tomó en cuenta la norma INEN 1837 para la dilución y la técnica de preparación del jarabe de sacarosa. Por tal razón, al no presentar alcoholes superiores, se puede alegar que los residuos de almendra de cacao nacional sin descascarillar no influyen en la variable analizada.

Aldehídos. En la operación unitaria de tostado de los granos o almendras de cacao se desarrollan componentes aromáticos de origen térmico, los que están en función de los parámetros del mismo y de la composición química del grano; alrededor de 400 compuestos volátiles han sido aislados en esta etapa y, entre las familias químicas se encuentran: aldehídos, ésteres, fenoles, cetonas, compuestos azufrados, nitrilos, pirazinas, furanos, oxazoles y alcoholes [20]

Los aldehídos son una particular característica de los licores, debido a que definen las propiedades aromáticas a los licores añejados, dicha concentración aumenta tenuemente aun cuando se preserva en valores bajos, de tal modo que se forman y posteriormente van siendo de óxidos a ácidos [21].

El contenido de aldehídos reportado en la tabla 1, demuestra que hay una diferencia entre la condición de adición (cacao tostado y cacao sin tostar) y las concentraciones de cacao usadas para macerar, pues, la cesión de esta sustancia de parte del cacao al licor fue mayor en los tratamientos 1 (0.96 ± 0.05) y 3 (0.68 ± 0.02) de cacao residual sin tostar, en comparación al cacao tostado tratamientos 2 (0.25 ± 0.06) y 4 (0.28 ± 0.01).

Ésteres. Según López, los esterres son compuestos que se presentan en mayor concentración en los destilados y a su vez potencian el aroma, y son el hexanoato, octanoato y decanoato de etilo,

que se encuentran inicialmente en la destilación y se incrementa en el proceso de añejamiento del licor de orujo [12].

Este compuesto se encuentra en pequeñas cantidades en las materias primas, incluso cuando debido al añejamiento de las bebidas estas sustancias son elaboradas desde la reacción de esterificación entre los alcoholes y ácidos, pero, la reacción es lenta y cambiante, por tal motivo se espera que la concentración de esteres aumente mientras se amplía los ácidos [22].

El contenido de esteres que se refleja en la Tabla 1, demuestra que hay una diferencia entre tratamientos, pues, el traspaso de esta sustancia de parte del cacao al licor fue mayor en los tratamientos 1 (10.55 ± 0.26) y 3 (6.47 ± 0.31) de cacao residual sin tostar, en comparación al cacao tostado tratamientos 2 (4.04 ± 0.64) y 4 (1.48 ± 0.42).

Furfural. Según Garrido, el furfural aumenta su concentración en el envejecimiento, en el reporte de furfural de la uva se podría considerar que se encuentra ausente en estas especies o porque hay menor cantidad de la materia prima, por lo cual no es perceptible por el detector del equipo; para la detección de dicho compuesto se debe descartar la no coloración en trazas, siendo este el presunto motivo de que no haya sido detectada [23].

En esta investigación, no se obtuvieron resultados de presencia de furfural, posiblemente por las razones expresadas por Garrido.

Grado Alcohólico. Según Moreno et al, hay variabilidad del grado alcohólico en los tratamientos, debido al fenómeno de concentración, que, no es más que una propiedad característica del alcohol etílico [24].

Los diferentes tratamientos se iniciaron el añejamiento con alcohol etílico de $96.19 \text{ }^\circ\text{GL}$, y luego de 6 meses, este grado alcohólico se mantuvo estable. Sin embargo, al reducir el grado alcohólico hubo ligera variación, así: T_1 (25.05 ± 1.87), T_2 (24.66 ± 0.26), T_3 (25.06 ± 0.70) y T_4 (24.73 ± 0.11) esto es debido a errores de exactitud y precisión del analista al realizar la mezcla de tres componentes licor añejado, jarabe de sacarosa y agua para rebajar de 96.19 a $25 \pm 1 \text{ }^\circ\text{GL}$.

Metanol. El alcohol extra neutro etílico rectificado que se usó para el añejamiento de las bebidas inicio con $1.98 \text{ mg}/100\text{mL}$, una vez finalizado el proceso de añejamiento hubo fluctuaciones entre rangos de 0.271 a 0.413 en los tratamientos, los residuos de cacao ayudaron a disminuir de gran manera el metanol que tenía el alcohol etílico durante el proceso de añejamiento, así como el efecto de la dilución con agua y jarabe de sacarosa, hizo que su concentración inicial reduzca.

5.2. Análisis sensoriales del licor

Apariencia. La fase de envejecimiento origina cambios en los licores, una de las razones es que: el alcohol pasa de ser incoloro a presentar tonos amarillos pajizos, esto es propio de los añejados ganando así apariencia y complejidad aromática [25]. Sin embargo, no es considerado de mucha importancia, pero no es otra cosa que la suma de interacciones con los otros parámetros evaluados, obteniéndose como resultado el de mayor apariencia y siendo el más favorable por parte de los catadores el T_2 .

Color. Según Rodríguez, la formación de compuestos volátiles es máxima en calentamientos moderados, sin embargo, que en los tostados fuertes favorece la degradación de los taninos, este compuesto es responsable del color característico de los aguardientes envejecidos [25].

El tratamiento T_2 fue la mejor para los catadores, esto debido al tratamiento térmico (tostado) aplicado a las almendras de cacao nacional que se realizó.

Olor. El olfato es considerado como el más importante a la hora de determinar las características que presenta un alimento [26], sin embargo, González M, afirma que se debe

tomar en cuenta que en el análisis sensorial las bebidas alcohólicas destiladas y envejecidas presenta un matiz distinto al resto de bebidas [27]. El olor que sobresalió en el T₂, el tostado le dio una característica olfativa muy significativa.

Sabor a cacao. Según Goya M, el sabor a cacao no tuvo un elevado porcentaje, justificando que, la bebida ha sido desarrollada desde el mucilago del cacao [28]. Amores, sin embargo, asevera que la fermentación es un aspecto importante para lograr mayor concentración de la calidad del aroma a cacao [29].

En esta investigación se utilizaron los residuos de almendra de cacao nacional sin descascarillar, tostado y sin tostar, dando como resultado el mejor tratamiento el T₂.

Preferencia. González afirma que la preferencia de los alimentos depende de las sensaciones que estos producen. [27].

El tratamiento T₂ que corresponde a la combinación a₂b₁ (almendras de cacao residual tostado y en una dosis de 500 g.), fue considerado por los catadores como el mejor, debido a la conjugación de las características sensoriales que este tenía, por ser cacao tostado que ha desarrollado compuestos aromáticos como cita [20] y el nivel usado era el de mayor concentración. Así, se demostró que el proceso de añejamiento con residuos de almendras de cacao es útil para obtener licores añejados con sabor a cacao y es económico.

Las características sensoriales de los alimentos están condicionadas por el contenido de moléculas bioactivas o compuestos fenólicos, generando una estrecha relación entre sus características organolépticas y su composición fitoquímica [30] [31].

6. CONCLUSIONES

En el licor añejo obtenido no hubo presencia de furfural ni alcoholes superiores, y, el contenido de aldehídos, ésteres y metanol cumplieron con los requisitos establecidos en la Norma INEN 1837.

Del análisis sensorial se concluye que el tratamiento T₂ tuvo la mayor preferencia por la combinación de los atributos analizados, y, corresponde a cacao nacional tostado, en cantidad de 500 g. aforados a 4 litros con alcohol rectificado de 96.19 °GL y luego diluidos a un grado alcohólico promedio de 24.66 °GL y 6.22% de sólidos solubles.

REFERENCIAS

- [1] S. E. Nuñez Loyo, Exportación de cáscaras, películas y demás residuos de cacao hacia Perú, Guatiguará, 2015.
- [2] J. Perea, T. Villamil y J. Herrera, El cacao y sus productos como fuente de antioxidantes: Efectos del procesamiento, Guatiguará, 2009.
- [3] R. Sandler y R. Macrae, «Food technology and nutrition,» *Encyclopedia of food science*, vol. 7, 2003.
- [4] D. Abarca, Identificación de fibra dietaria en residuos de cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad complejo nacional por trinitario, Loja: Universidad Técnica de Loja, 2010.
- [5] S. Millán, M. Bulló, A. Anguera, J. Escribano y G. Castillejo, Estudio controlado, randomizado a doble ciego evaluando el efecto de un suplemento de cáscara de cacao rico en fibra sobre el tránsito colónico en pacientes pediátricos con constipación., 2006.

- [6] L. Baena y N. García, Obtención y caracterización de fibra dietaria a partir de la cascarilla de las semillas tostadas de cacao (*Theobroma cacao* L.) de una industria chocolatera colombiana, Pereira: Universidad Técnica de Pereira, 2012.
- [7] L. Díaz, M. Pinargote y P. Castro, Analisis de las características organolépticas del chocolate a partir de cacao CCN51 tratado enzimáticamente y tostado a diferentes temperaturas, Guayaquil, 2011.
- [8] D. Sukha, «The model ordinance of the international cocoa standards that defines merchantable quality. Faculty of Engineering, The University of the West Indies, St. Augustine.,» 2010. [En línea].
- [9] P. Rubio, «Utilización de fragmentos de roble en los procesos fermentativos y durante el envejecimiento de vinos tintos,» *Dialnet*, 2014.
- [10] C. Alava y J. Vera, «Caracterización físico-químico y sensorial en cascarilla de cacao (*Theobroma caca* L.) nacional trinitario para la elaboración de una bebida alcohólica.,» *Repositorio Digital UTEQ*, 2020.
- [11] M. Jeen y H. Rivero, Elaboración de jarabes, vinos y licores, Venezuela, 2005.
- [12] M. López, H. López y M. Villalón, «Procedimiento para el envejecimiento rápido de bebidas alcohólicas,» Oficina española de patentes y marcas, 1995.
- [13] M. Borragini, Envelhecimento a cachaca com circulacao forcada e aeracao, Brasil, 2009.
- [14] J. Miranda y J. Tula, «Optimización de la tecnología para la formulación de macerado de aguaymanto (*Physalis Peruviana*),» *Repositorio Institucional UNSA*, 2014.
- [15] INEN, «Bebidas alcoholicas.Licores.Requisitos (NTE INEN 1837),» 1991.
- [16] INEN, «Agua Potable. Requisitos (NTE INEN 1108),» 2011.
- [17] A. Reyes, J. Pino y V. Moreira, «Aspectos generales sobre la elaboración del licor de limón,» *Redalyc*, 2011.
- [18] A. Martínez, «Análisis fisicoquímico y sensorial de licores de la Region de Arteaga, Coahuila,» *Repositorio Digital UAAAN*, 2011.
- [19] G. Casco, «Caracterización química de tres marcas comerciales de aguardiente en Honduras (Tatascán, Yuscarán y Ron Plata),» *Biblioteca Wilson Popenoe, Zamorano*, 2005.
- [20] C. Álvarez, E. Pérez, R. Boulanger, L. Mary y E. Cros, «Identificación de los compuestos aromáticos en el cacao criollo de Venezuela usando microextracción en fases sólidas y cromatografía de gases.,» *Redalyc*, nº 19, 2012.
- [21] M. Pomar, «Envejecimiento de vino tinto de la D.O. Tacoronte-Acentejo: influencia de la madera de roble y de las condiciones de vinificación en la evolución de parámetros físico-químicos de interés enológico y su impacto sensorial,» *RIULL Repositorio Institucional, Universidad de la Laguna*, 1997.
- [22] C. Isaza, «Estandarización para el laboratorio de análisis de aguas y alimentos de la universidad tecnológica de Pereira del método para la determinación de metanol, etanol y alcoholes superiores en bebidas espirituosas a través de cromatografía de gases (GC-FID),» 2015.

- [23] A. Garrido, «COMPARACIÓN EN LA COMPOSICIÓN DE MUESTRAS DE DESTILADOS PARA PRODUCCIÓN DE PISCO O AGUARDIENTE DE UVA POR ESPECTROSCOPIA DE MASAS,» *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, vol. 11, nº 2, 2008.
- [24] J. Moreno, G. Rodríguez, H. Aponte y D. Camacho, «Cambios físicos en los aguardientes dulces aromatizados con cáscara de naranja y mandarina,» *Revista de Facultad de Agronomía*, vol. 21, nº 3, 2004.
- [25] R. Rodríguez y B. Suárez, «El roble y su utilización en el envejecimiento del aguardiente de sidra,» *Tecnología Agroalimentaria. Boletín informativo del SERIDA*, 2014.
- [26] C. López, «Estudio del comportamiento de columnas de destilación en la elaboración de aguardientes de orujo : características analíticas y sensoriales de los destilados,» *Repositorio Institucional DA USC*, 01 02 2012.
- [27] M. González, La evaluación sensorial, España: Departamento de biotecnología y ciencia de los alimentos.
- [28] M. Goya, «Obtención de una bebida alcohólica a partir de mucílago de cacao, mediante fermentación anaerobia en diferentes tiempos de inoculación.,» *Repositorio Digital UTEQ*, 2013.
- [29] F. Amores, Calidad integral del cacao y chocolate, 2009.
- [30] J. Marcía, I. Montero, H. Zumbado, R. Lozano, R. Santos, M. Navarro, I. Borrás y S. Saravia, «Quantification of Bioactive Molecules, Minerals and Bromatological Analysis in Carao (*Cassia grandis*).,» *Journal of Agricultural Science*, vol. 12, nº 3, 2020.
- [31] J. Marcía, L. López, I. Borrás, M. Navarro, A. Segura y J. Lozano, «Development of an Innovative Pressurized Liquid Extraction Procedure by Response Surface Methodology to Recover Bioactive Compounds from Carao Tree Seeds,» *Foods, MDPI*, vol. 10, nº 2, 2021.

Evaluación de las Características Físico-Químicas y Sensoriales de la jalea de *Ananas comosus* y *Passiflora edulis*

(Evaluation of the Physical-Chemical and Sensory Characteristics of the jelly of *Ananas comosus* and *Passiflora edulis*)

Ángel Oliverio Fernández Escobar¹, Ariana Yomira Zamora Párraga¹, Daysi Katherine Puente Bosquez¹, Nelson Ramiro Villegas Soto¹, Jhunion Abrahan Marcía Fuentes²

¹ Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador

² Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas, Olancho, Honduras
afernandez@uteq.edu.ec, ariana.zamora2013@uteq.edu.ec, daysi.puente2015@uteq.edu.ec,
nvillegas@uteq.edu.ec, jmarcia@unag.edu.hn

Resumen: El objetivo de esta investigación fue evaluar las características físico-químicas y sensoriales de la jalea de *Ananas comosus*, combinada con zumo y residuos de pulpa concentrada de *Passiflora edulis* en diferentes proporciones. Como variables físico-químicas de respuesta, se evaluó el contenido de sólidos solubles (°Brix), Potencial de hidrógeno (pH), viscosidad absoluta y temperatura de concentración, además, como variable sensorial se evaluó el color, olor, sabor y aceptabilidad general, asimismo, al tratamiento con mayor aceptación, se le realizó análisis microbiológicos de hongos y levaduras. Se aplicó un diseño experimental completamente al azar, con 4 tratamientos y 4 repeticiones. Las respuestas experimentales fueron analizadas en el software estadístico SPSS, validando la distribución normal o no de los valores reportados mediante el test de Kolmogorov –Smirnov con un 5% de error. El perfil sensorial del T₄ obtuvo el mayor índice de preferencia, presentando una media de 66.91 °Brix, un pH de 3.31, una viscosidad absoluta de 6002.15 cP y una temperatura de concentración de 103.70 °C. Los resultados de los análisis de hongos y levaduras, reportaron valores por debajo de los límites permitidos por la NTE INEN1529-10:2013.

Palabras clave: °Brix, viscosidad, zumo, concentrado, residuos.

Abstract: The objective of this research was to evaluate the physical-chemical and sensory characteristics of *Ananas comosus* jelly, combined with juice and concentrated pulp residues of *Passiflora edulis* in different proportions. As physical-chemical response variables, the content of soluble solids (°Brix), hydrogen potential (pH), absolute viscosity and concentration temperature were evaluated, in addition, as a sensory variable, color, odor, flavor and general acceptability were evaluated. Likewise, the treatment with the greatest acceptance underwent microbiological analyzes of fungi and yeasts. A completely randomized experimental design was applied, with 4 treatments and 4 repetitions. The experimental responses were analyzed in the SPSS statistical software, validating the normal distribution or not of the reported values by means of the Kolmogorov –Smirnov test with a 5% error. The sensory profile of T₄ obtained the highest preference index, presenting an average of 66.91 °Brix, a pH of 3.31, an absolute viscosity of 6002.15 cP and

a concentration temperature of 103.70 °C. The results of the analysis of fungi and yeasts, reported values below the limits allowed by the NTE INEN1529-10: 2013.

Keywords: °Brix, viscosity, juice, concentrate, residue.

1. INTRODUCCIÓN

La mermelada es un producto que se prepara a partir de la cocción del fruto entero, en trozos o tamizados y la adición de azúcar, hasta conseguir un producto semifluido y espeso [1]. A diferencia de una jalea que es producto preparado por la cocción de frutas clarificados y azúcares hasta conseguir una consistencia tipo gel [2].

El maracuyá (*Passiflora edulis*) es una de las frutas más solicitadas en el mercado mundial por su distinguido sabor y la correcta acidez de la fruta, su forma de consumo puede ser al natural o en preparaciones. Además, a partir de ella se elaboran jaleas, pulpas, mermeladas y otros derivados comestibles [3]. La piña (*Ananas comosus*) es la fruta tropical de mayor demanda en el mundo, por su agradable sabor y alto contenido de fibra, pero sobre todo porque es una fuente importante de vitaminas, ácido fólico, y al igual que la maracuyá se puede consumir fresca o en conserva [4]. El concentrado de maracuyá es una bebida que posee una gran cantidad de propiedades nutritivas, que puede ser consumido por todas las personas, su sabor ácido y dulce característico, ideal para la elaboración de jugos, helados y por su bajo contenido en grasas es adecuada para tratamientos del colesterol y dietas [5].

Las mermeladas se clasifican por el porcentaje de sus sólidos solubles, en claras/ligeras (45 °Brix) y espesas (65 a 68 °Brix), mientras que por el contenido de fruta se clasifican en tipo A, distribuidas en mezclas de 55% pulpa y 45% azúcar, de tipo B, distribuidas en mezclas de 50% pulpa y 50% azúcar y tipo C, constituida por 45% pulpa y 55% azúcar [1]. Mientras que Alex Condori en su investigación para elaboración de mermeladas, clasificó en primera calidad 50% fruta y 50% azúcar, segunda calidad 45% fruta y 55% azúcar y tercera calidad 35% pulpa y 65% azúcar [6]. Sin embargo, el contenido de azúcar en la combinación para la obtención de un gel de buen sabor y textura debe ser al menos el 60% del peso final de la mermelada, si la cantidad de azúcar añadida es inferior a ese valor puede fermentar la mermelada, provocando la proliferación de hongos y si es superior al 68% puede provocar la cristalización del azúcar durante el almacenamiento [7].

Para la elaboración de mermeladas y jaleas también es requerido el uso de gelificantes, como es el caso de la pectina que es una sustancia natural soluble en agua que se encuentra en frutas u hortalizas; la pectina gelifica en condiciones óptimas de azúcar al 65%, con un pH entre 3 y 3.5, en condiciones de uso entre 0.4% y 0.5% [8], una vez que es añadida, la cocción debe finalizarse cuando se haya obtenido el porcentaje de sólidos solubles, que debe estar dentro de un rango de 65 al 68% [7]. Mientras que Casariego en su investigación concuerda con el contenido de sólidos solubles, pero establece que el pH debe ser entre 3.3 y 3.75, empleando pectina entre 0.5 y 1% [1].

Dentro del proceso de elaboración de mermeladas y jaleas existen problemas que podrían provocar una mermelada poco firme causada por tiempos largos de cocción, dando origen a una hidrólisis de la pectina, enfriamiento excesivo originando la ruptura del gel en el envasado, la sinéresis causado por acidez elevada, exceso de agua invertida, deficiencia de pectina, exceso de agua y capacidad de retención [1] y también la cristalización provocada por elevada cantidad de azúcar, exceso de cocción que da una inversión excesiva, es por cada uno de estos problemas que es necesario comprobar los parámetros de °Brix, pH, y capacidad de gelificación de la pectina al momento de elaborar los productos confitados [7]. La viscosidad no solo es una

propiedad física importante para la industria alimentaria grande, sino también para la producción a pequeña escala de mermeladas y jaleas [9].

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar las características físico-químicas y sensoriales de la jalea de *Ananas comosus*, combinada con zumo y residuos de pulpa concentrada de *Passiflora edulis* en diferentes proporciones. Para su alcance se empleó un diseño experimental completamente al azar, con 4 tratamientos y 4 repeticiones, a partir de análisis físico-químicos (Brix, pH y viscosidad) y análisis sensorial (olor, color, sabor, textura), además se determinó la formulación optimizada mediante el nivel de aceptación, sometiéndose a control microbiológico (hongos y levaduras) para determinar su inocuidad.

2. TRABAJO RELACIONADO

Existen diversas investigaciones que se refieren a la elaboración de productos confitados de tipos jaleas y mermeladas.

Hilario y Coronado [10] definen a la mermelada de frutas como un producto de consistencia gelatinosa, que se obtiene de la cocción y concentración de frutas en buen estado, con o sin adición de agua. La fruta puede ir entera o en trozos y deben encontrarse dispersa en todo el producto.

Según la Norma NTE INEN 2825, define a una jalea como un producto preparado con el zumo de una o más frutas, que es mezclado con productos alimentarios que le aportan un sabor dulce y que es elaborado hasta adquirir una consistencia gelatinosa semisólida [11].

La NTC 285 establece que la principal diferencia entre una mermelada y una jalea es que, la mermelada es de consistencia pastosa, obtenida del concentrado de frutas y la presencia de trozos de frutas, mientras que la jalea es de consistencia semisólida y de aspecto traslúcido, que se obtiene de la cocción y concentración del jugo clarificado de fruta [12].

Montenegro [13] menciona que el azúcar es de vital importancia en la gelificación de mermeladas y jaleas al combinarse con pectina, pero la concentración de azúcar debe impedir problemas como la fermentación y la cristalización. Para la elaboración de mermeladas y jaleas es imposible lograrla sin la adición de pectina para llegar a la consistencia adecuada, tienen la propiedad de provocar la gelificación de la masa, cuando la cantidad de azúcar y la proporción de ácido son adecuadas, el punto de gelificación se produce cuando la cantidad de azúcares de la masa esta alrededor de los 65 °Brix. La cantidad de pectina que debe ser añadida se expresa en grados, por lo tanto, el grado de pectina es la cantidad de azúcar que un kilogramo de pectina puede coagular en condiciones óptimas, es decir a una concentración de azúcar al 66 °Brix y un pH entre 3.0 y 3.4 [14].

Reyes, Pérez y Suncin [15] mencionan que la fruta que va a ser usada en el proceso de elaboración debe ser lo más fresca posible, que habitualmente solo se realiza en mezcla de fruta madura con una que recién empieza su proceso de maduración, en el cual se ha obtenido buenos resultados, debido a que el uso de fruta demasiado madura no resulta adecuada para preparar mermeladas o jaleas, porque no gelificará correctamente. La calidad de una mermelada depende de la calidad de la materia prima que se va a usar, es decir, las frutas deber estas sanas, tanto en su color, consistencia, grado de descomposición y grado de madurez, así como también se la puede clasificar en función al contenido de pectinas naturales que posea, cuanto más tiempo de almacenamiento tiene la fruta, menos cantidad de pectina tendrá [16].

Durante el proceso de elaboración de la mermelada, sino se realiza tomando todas las medidas y parámetros de proceso, se puede generar la sinéresis, que es causada por la contracción del gel con pérdida de líquido y se ve potenciada al tener una cantidad muy baja de sólidos solubles totales. Se puede incrementar por la presencia de gomas, aunque puede suceder

lo contrario, debido a que algunas gomas previenen la sinéresis, ya que actúan como estabilizantes [17]

La evaluación organoléptica consiste en un examen de características totales: color, consistencia, textura, sabor y olor. Esta evaluación determina la aceptación del producto, tiene mayor influencia en el consumidor que las reglamentaciones sanitarias. La evaluación organoléptica se efectúa para tener, cambiar o rectificar el proceso de elaboración cuando el producto no alcance el nivel deseado, aunque cumpla con las reglamentaciones sanitaria [15].

3. METODOLOGÍA

La presente investigación se realizó en los Laboratorios de Bromatología y Rumiología del campus “La María”, Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicada en el km 7 vía Quevedo-El Empalme. F.C.P. a 73 msnm. Cantón Mocache, Los Ríos, Ecuador.

Se utilizó una Investigación Exploratoria, Descriptiva y Experimental. Los métodos aplicados en esta investigación son: de tipo Inductivo-Deductivo, Estadístico y el de Observación.

3.1. Procedimiento

Los pasos a seguir para el proceso de elaboración de jalea de piña, maracuyá y pulpa residual producto del proceso de elaboración del concentrado de maracuyá, fueron los siguientes:

Recepción y pesaje. En esta operación se separaron las frutas por su nivel de madurez, y se rechazaron las que estaban en mal estado, se procedió a pesar las materias primas con ayuda de una balanza gramera para establecer el rendimiento y calcular la proporción de insumos que se agregan después en la preparación de la jalea.

Lavado y desinfección. Se hizo con el objeto de remover residuos de tierra o partículas extrañas presentes en las frutas y minimizar la carga microbiana presente en la corteza de las frutas.

Partido, despulpado y tamizado. Consistió en sustraer el jugo de las frutas, el maracuyá se cortó transversalmente y se extrajo el jugo con ayuda de un tamiz y en el caso de la piña se usó un extractor de jugo.

Pesado. Terminadas las operaciones anteriores se procedió a pesar los zumos de las frutas y la pulpa residual del concentrado del maracuyá de acuerdo con la formulación planteada en el diseño empírico para la obtención de la jalea. También se pesó la cantidad de azúcar añadida.

Mezclado. Los zumos y la pulpa residual se colocaron en una olla de acero inoxidable para ser mezclado con ayuda de un cucharón.

Evaporación y concentración. Los zumos de piña, maracuyá y pulpa residual de concentrado de maracuyá se sometieron a calentamiento y evaporación. La proporción de azúcar fue fraccionada en 3 partes, la primera se incorporó al principio del calentamiento de la mezcla de zumos, luego a intervalos de 10 a 12 min se incorporó la segunda y tercera fracción respectivamente.

La pectina dosificada debe mezclarse perfectamente con al menos el triple de su peso en azúcar que se extrae de una de las tres fracciones señaladas en el párrafo anterior, y, se añadió una vez que la jalea alcanzó los 55 °Brix.

El pH de la jalea se reguló a 3.5 usando ácido cítrico, con el objetivo de formar un gel estable y característico de esta clase de productos. La cocción se suspendió una vez que la jalea alcanzó valores de sólidos solubles entre 65 y 68 °Brix.

Envasado y Sellado. El envasado de la jalea se realizó a una temperatura ≥ 85 °C en envases de vidrio anteriormente esterilizados.

Enfriado. Se esperó a que las jaleas alcancen las temperaturas del medio ambiente.

Almacenado. Una vez que se enfrían se procedió a almacenamiento en un lugar fresco y seco para garantizar la conservación del producto y sus características organolépticas.

3.2. Materiales

Los materiales y equipos que se usaron en esta investigación son los siguientes:

- Refractómetro.
- Balanza analítica.
- pH-metro.
- Termómetro.
- Balanza (precisión 1.0 g).
- Refrigeradora.
- Incubadora microbiológica.
- Contador de colonias.
- Fenolftaleína.
- Agar para cultivo de Aerobios totales.
- Agar para cultivo de Hongos totales.
- Agua peptonada.
- Alcohol.
- Solución de hidróxido de sodio al 40%.
- Solución de ácido bórico al 2%.
- Solución de ácido clorhídrico al 0.1 N.
- Agua destilada.
- Espátula.
- Matraz Erlenmeyer de 250 mL.
- Gotero.
- Bureta graduada.
- Vaso de precipitación de 100 mL.
- Pera de succión.
- Pipetas 5 mL y 10 mL.

3.3. Diseño experimental

Se aplicó un DCA (diseño completamente al azar) sencillo, con 4 tratamientos y 4 repeticiones. Los datos obtenidos fueron analizados en el software estadístico SPSS, partiendo de la distribución normal o no de los valores reportados, aplicando el test de Kolmogorov – Smirnov con un 5% de probabilidad, con el objetivo de comprobar si los datos de la experimentación se distribuyen de manera normal.

4. RESULTADOS

4.1. Análisis físico-químicos de la jalea de piña (*Ananas comosus*), maracuyá (*Passiflora edulis*) y pulpa residual del concentrado de maracuyá

Para una mayor interpretación de los resultados, se parte de un estudio estadístico, (prueba de normalidad) para la aplicación de técnicas paramétricas o no paramétricas.

La hipótesis a emplearse es:

H₀: Los datos de °Brix, pH, temperatura de concentración y viscosidad de la jalea producida utilizando diferentes concentraciones de piña (*Ananas comosus*), zumo de maracuyá (*Passiflora edulis*) y pulpa residual del concentrado de maracuyá, **se distribuyen de forma normal.**

Tabla 1. Prueba de normalidad

	KOLMOGOROV-SMIRNOV			SHAPIRO-WILK		
	ESTADÍSTICO	GL	SIG.	ESTADÍSTICO	GL	SIG.
°BRIX	0.306	20	0.00	0.872	20	0.013
pH	0.312	20	0.00	0.788	20	0.001
TEMPERATURA	0.438	20	0.00	0.580	20	0.000
VISCOSIDAD	0.296	20	0.00	0.787	20	0.001

En los resultados de la Tabla 1 se observa que los valores de significancia de Kolmogorov-Smirnov son menores que 0.05 debido a lo cual, la hipótesis nula es rechazada.

Una vez mostrados los resultados y conclusión del test de normalidad, se proceden a utilizar un grupo de examen no paramétricos para detectar al mejor tratamiento. Este test no paramétrico es el de Friedman que se reportan en la Tabla 2 y Tabla 3.

Tabla 2. Ranking de valores de los tratamientos al aplicar el test de Friedman.

	Rangos	Estadísticos de prueba	
	Rango promedio		
T ₁	3.05	N	20
T ₂	2.73	Chi-cuadrado	11.22
T ₃	2.03	Gl	3
T ₄	2.20	Sig. Asintótica	0.011

Tabla 3: Ranking de valores de los tratamientos, al aplicar el test de Friedman

Algoritmo	Ranking
T1&2	2
T2&2	325
T3&2	95
T4&2	5250000000000004

Valor computado por el test de Friedman 0.2741528082348408

Se puede observar en la Tabla 3 que, el valor computado por el Test de Friedman es: 0.2741528082348408, donde el valor es más grande que 0.05, es decir que estadísticamente no existe diferencia significativa, o sea, que se acepta la hipótesis nula “H₀: Al usar diferentes tratamientos y concentraciones de *Ananas comosus*, zumo y pulpa residual del concentrado de *Passiflora edulis* para la obtención de jalea, no existe diferencia en los valores de °Brix, pH, temperatura y viscosidad en el conjunto de tratamientos”.

4.2. Prueba de Holm

Este método no es necesario efectuar debido a que el test Friedman es mayor que 0.05 por lo tanto no existen diferencias significativas entre los tratamientos.

4.3. Análisis sensoriales de la jalea de piña, zumo de maracuyá y pulpa residual del concentrado de maracuyá

Los valores promedios de la sensometría obtenido de un panel de cata no experto, se reportan en la Tabla 4.

Tabla 4. Promedio del análisis sensorial descriptivo de la jalea de *Ananas comosus* y *Passiflora edulis*.

Tratamientos	Sabor			Olor			Color	
	Piña	Maracuyá	Acido	Piña	Maracuyá	Naranja	Amarillo	Caramelo
T ₁	3.20 ^a	3.40 ^a	3.30 ^a	3.60 ^a	3.80 ^a	2.40 ^a	4.20 ^a	1.90 ^a
T ₂	3.00 ^a	3.20 ^a	3.80 ^a	4.10 ^a	4.50 ^a	3.50 ^b	3.60 ^a	2.00 ^a
T ₃	3.22 ^a	4.11 ^{ab}	3.00 ^a	3.56 ^a	4.67 ^a	4.22 ^b	3.78 ^a	2.70 ^{ab}
T ₄	3.55 ^a	4.73 ^b	4.09 ^a	3.55 ^a	4.36 ^a	2.36 ^a	3.82 ^a	3.18 ^b
X	3.24	3.86	3.55	3.70	4.33	3.12	3.85	2.45
H	0.52	16.68	5.72	4.13	5.46	16.63	1.65	1083
s.e.	ns	*	Ns	Ns	ns	*	ns	*

X=Promedio de las medias

H= kruskal wallis

s.e =Nivel de significancia

A partir de los datos de la tabla 4 se obtiene la figura 1 que describe el perfil sensorial de la jalea de *Ananas comosus* y *Passiflora edulis*, así como, para analizar cada atributo de sensometría estudiado con un panel de cata.

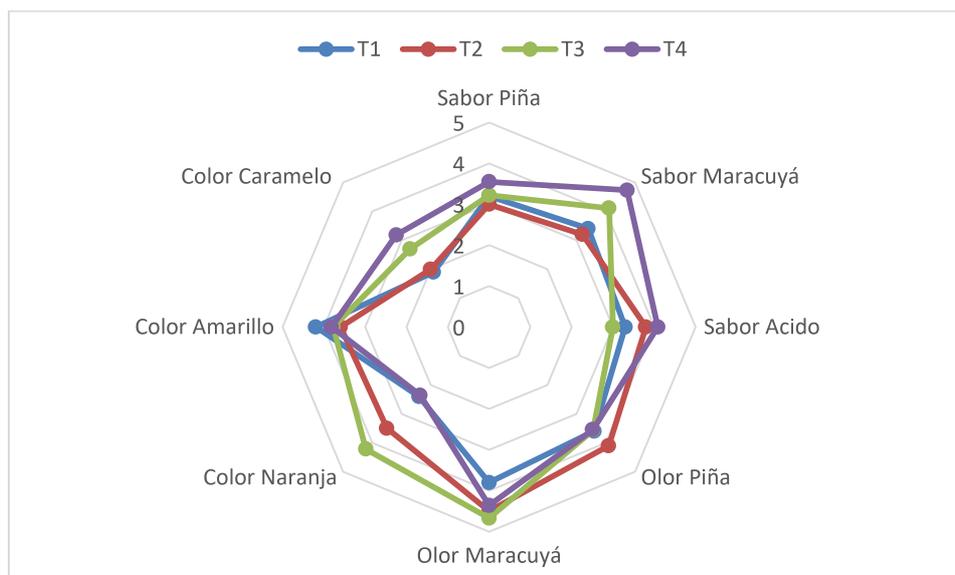


Figura 1. Perfil sensorial de la jalea de *Ananas comosus* y *Passiflora edulis*.

Sabor (piña, maracuyá, ácido). El atributo de sabor evidenció diferencias significativas entre los tratamientos en el caso de la variable maracuyá, cuyo valor promedio mayor fue de 4.73 del T₄, mientras que en las variables de piña y ácido no hubo diferencias significativas entre sus tratamientos.

Olor (piña, maracuyá). El atributo olor no presentó diferencias significativas entre los tratamientos de los atributos analizados como el olor piña y olor a maracuyá. Los valores oscilan entre 3.55 y 4.67; siendo el T₃ en la variable maracuyá quien obtuvo el valor promedio más alto de 4.67.

Color (naranja, amarillo y caramelo). El atributo color naranja difiere el T₃ del T₁ y T₄, pero no presenta diferencia del T₂. El color amarillo no difiere entre tratamientos. Mientras que, el color caramelo en las variables del color naranja y color caramelo el T₄ difiere significativamente del T₁ y T₂, pero no del T₃. Pero, los resultados de la Tabla 4, visualizados mejor en la figura 1 demuestran que el T₃ obtuvo el mayor valor promedio de 4.22, que corresponde al color naranja, y, determina como el mejor tratamiento en cuanto a este atributo.

Aceptación general. En cuanto a la aceptación general el T₄ obtuvo el mayor índice de preferencia que corresponde a (50/30/20) piña-maracuyá-residual, respectivamente.

Al evaluar las propiedades sensoriales (olor, sabor, gusto, color y textura) de manera generalizada de la jalea piña, zumo de maracuyá y pulpa residual del concentrado de maracuyá (Figura 2), se determinó que el T₄ obtuvo el mayor índice de preferencia con un 29%, seguido del T₃ con 26% mientras el T₂ registró el menor valor de preferencia de 20%.

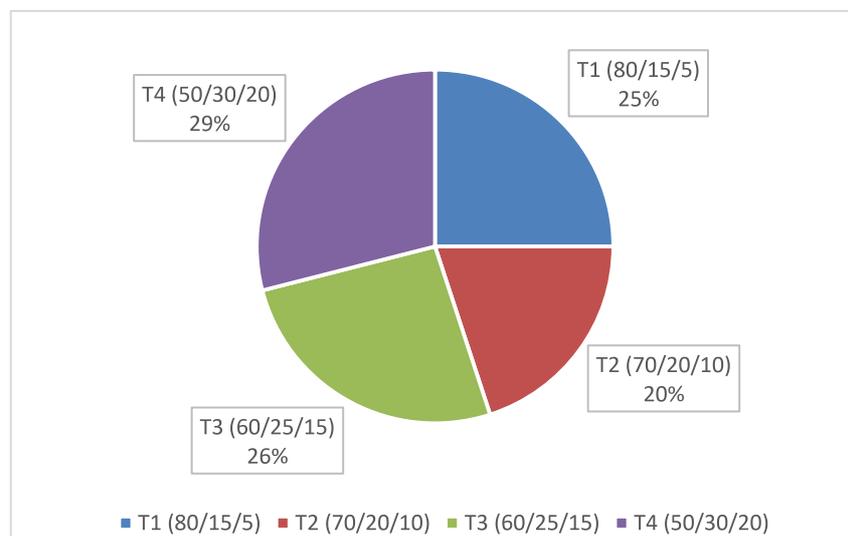


Figura 2. Aceptabilidad general de la jalea.

5. DISCUSIÓN

Mediante el análisis de Friedman de la jalea de piña, maracuyá y la pulpa residual del concentrado de maracuyá (Tabla 2) se determinó que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, con un nivel de significancia del 5%.

5.1 Análisis físico-químico de la jalea de piña, zumo de maracuyá y pulpa residual del concentrado de maracuyá

Brix. Según Rojas, en su estudio de mermelada de uchuva (*Physalis peruviana* L.) argumentó que el punto óptimo de las jaleas oscila en un rango de 65 y 68 °Brix [18]. Si sobrepasa del rango señalado, puede producir una cristalización del producto [19].

Los °Brix promedio de la jalea de *Ananas comosus* y *Passiflora edulis* fue de 66.9.

pH. Rojas en su investigación de jalea de uchuva, el pH obtenido fue de 3.7, demostrando que usando fruta ácida no necesita adición de ácido cítrico para la formación del gel jaleas [18]. Acosta, en su investigación de jalea de fruta mixta con piña, banano y maracuyá baja en caloría encontró que el valor de pH igual a 3 produjo una jalea estable y firme [20].

El valor del pH se ve afectado por la condición de la materia prima usada para las jaleas, cuanto mayor es la acidez de las frutas, menor es el nivel de pH [21].

En los requisitos de la norma NTE INEN 389, se establece que, una jalea debe tener un pH que se encuentre en un rango de 2.8 a 3.5 para ser considerado un producto de calidad [22].

Los datos obtenidos en la investigación tuvieron como resultado una media de 3.3, cuyo valor está dentro del rango de la normativa citada.

Viscosidad absoluta. Pilamala, reportó que al hacer jalea de uvilla con 0.25% de quitosano, la viscosidad absoluta dio un valor 3200 cP, mientras que al no usar ni pectina, ni quitosano, el valor reportado es de 1946.0 cP [23]. La viscosidad en una jalea determinados a una temperatura de 25 °C es de 8000 cP [24]. La jalea de yaca forma un gel de buena calidad con una viscosidad aparente de 286.7 Pa.s; además, se encontró que, sigue el modelo de viscoplastico de Herschel-Bulkley, sin embargo, se puede considerar que se comportan según el modelo de Bingham con poca pérdida de precisión [25].

Mediante el análisis de Friedman se pudo mostrar que el T₄ dio como resultado menor valor de viscosidad de 6001.60 cP, a diferencia del T₁ que presenta el mayor valor con 6002.60 cP y una media de 6002.15 cP.

Temperatura. Según Bridget, menciona que una temperatura de 105 °C ayuda a una correcta concentración de azúcares para la mayoría de conservas [26].

Los resultados obtenidos en temperatura poseen una media de 103.70 °C, con un límite inferior de 103.48 °C y un límite superior de 103.92 °C, la temperatura en jaleas y conservas oscila en un rango de 103 a 106 °C por tal motivo concuerdo con lo expuesto por Bridget en su estudio.

5.2. Análisis sensoriales de la jalea de piña, zumo de maracuyá y pulpa residual del concentrado de maracuyá

Sabor (piña, maracuyá, ácido). Según Argote, en su estudio de mercado para las variables sabor, no encontró diferencia estadísticamente significativa en sus tres muestras planteadas de mermeladas de piña, cocona y manzana [27]. En este caso el tratamiento que tuvo mayor aceptación por parte de los catadores, es el T₄ en el sabor maracuyá, obteniendo un valor promedio de 4.73.

Olor (piña, maracuyá). Román menciona que en ocasiones la jalea no puede presentar el olor característico de la fruta, por lo cual es necesario que los catadores mastiquen por más tiempo la muestra para detectar el sabor o aroma de la maracuyá, debido a que sensorialmente ésta pierde más compuesto volátiles que otras frutas [28]. En esta investigación el T₃ del olor maracuyá, obtuvo el mayor valor promedio de 4.67.

Color (naranja, amarillo, caramelo). Vera, en su investigación de mermelada light de durazno, expresa que el color de una mermelada debe ser brillante y atractivo, sin mucha rigidez [29]. El color que sobresalió fue el naranja, en el T₃, donde obtuvo el mayor promedio de 4.22.

Preferencia o Aceptación general. Según Andrade, Pinto, Alves, Morais y Araújo, en su investigación de jабoticaba en el atributo de preferencia, las jaleas con más concentraciones en cáscaras fueron elegidas por los catadores, es decir, que muestran resultados positivos, considerando así que un producto alimenticio con el índice de aceptación de más del 80%, se considera aceptable [30].

Además, Fuentes *et al.*, determinaron que el uso de conservantes naturales provenientes de aceites esenciales a partir de clavo de olor, inhiben el crecimiento microbiano [27]. Asimismo, Marcía *et al.*, demostró que estos aceites aumentan la vida útil de productos alimenticios, por lo que podrían emplearse como potenciales conservantes en productos confitados como mermeladas y jaleas [28].

En esta investigación, el T₄ tuvo el mayor índice de aceptación por parte de los catadores con un 29%, siendo considerado la formulación idónea para la elaboración de jaleas empleando mezclas de maracuyá y piña.

6. CONCLUSIONES

Mediante el análisis de Test de Friedman aplicado a la evaluación físico química de la jalea de piña en mezcla con maracuyá se determinó una media general de 66.91 °Brix, un pH de 3.31, viscosidad absoluta de 6002.15 cP y 103.70 °C de temperatura de concentración.

El perfil sensorial de la jalea de la combinación 50% piña, 30% zumo de maracuyá y 20% de pulpa residual del concentrado de maracuyá correspondiente al T₄, este obtuvo el mayor índice de preferencia con un porcentaje del 29%, siendo sus atributos más característicos su olor y sabor a piña y maracuyá, resaltando su acidez y color naranja, con algunos matices de color amarillo y moderado color caramelo. Destacándose que se elige como mejor tratamiento al T₄ por un valor porcentual en la preferencia ligeramente mayor al T₃, pero sus atributos de sabor, olor y color.

El análisis de hongos y levaduras realizado al mejor tratamiento presentó valores por debajo de 10 Unidades Formadoras de Colonia, por ende, según la NTE INEN1529-10:2013 se encuentra dentro de los límites permitidos siendo apto para el consumo humano.

REFERENCIAS

- [1] A. Casariego, Mermeladas y Jaleas (Memorias de la Maestría en Procesamiento de Alimentos de la Universidad Agraria del Ecuador. Guayaquil), 2013.
- [2] L. Cedeño, Fundamentos básicos de cálculos de ingeniería química con enfoque en alimentos., Machala: UTMACH, 2018.
- [3] L. G. Vite Toala, Modelo De Negocios Para La Comercialización de Mermelada de Maracuyá endulzado con Stevia en el mercado italiano, Guayaquil: Universidad de Guayaquil, 2016.
- [4] A. Cerrato, «ECO agricultor.» 2013. [En línea]. Available: <https://www.ecoagricultor.com/propiedades-nutricionales-y-medicinales-de-la-pina/>. [Último acceso: 01 Abril 2021].
- [5] F. J. Lucas Hidalgo y C. R. Vareles Roballo, Plan de Exportación de concentrado de

maracuyá producido en la empresa "Exofrut S.A.", para el mercado de Lima, Perú, Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana, 2015.

- [6] A. Condori, «Academia.» 2011. [En línea]. Available: https://www.academia.edu/8972004/INFORME_DE_LA_ELABORACION_DE_MERME_LADA_DE_FRESA_Y_DE_PINA. [Último acceso: 01 Abril 2021].
- [7] E. M. Guato, Utilización de cáscaras de cítricos en la elaboración de mermelada de guaya (Psidium guayaba L.), Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2006.
- [8] C. E. Guerra, Estudio de la incorporación de pulpa de zapallo (Curcubita máxima Dutch) en la elaboración de mermelada de piña (Annanas Cosmosus L.), Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial, 2017.
- [9] K. Brahmana y T. Tamba, «Another side of using load cell to measure the viscosity of a cookie jam for home industries with the ATMEGA328 for monitoring purposes,» *ABDIMAS TALENTA*, vol. 4, n° 2, pp. 525-529, 2019.
- [10] R. Hilario Rosales y M. Coronado Trinidad, Elaboración de mermeladas: Procesamiento de alimentos para pequeñas y micro empresas agroindustriales, Perú: CIED, 2001.
- [11] NTE INEN 2825, Norma para las confituras, jaleas y mermeladas (CODEX STAN 296-2009, MOD), Quito: INEN, 2013.
- [12] N. T. Colombiana, Frutas procesadas. Mermeladas y jaleas de frutas, Bogotá: ICONTEC, 2007.
- [13] G. Montenegro, Estudio de Prefactibilidad para la producción de mermeladas de tomate de árbol, mango y piña, Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2008.
- [14] O. Navarrete, Proceso de elaboración de mermeladas de frutas, Madrid, 2018.
- [15] A. Reyes, C. Pérez y I. Suncin, Optimización del proceso de elaboración de mermelada de piña, en la cooperativa multisectorial de mujeres unidad fé y esperanza R.L., ubicada en la comunidad de Chacraseca de la ciudad de León, León: Universidad Nacional Autónoma de Niacragua, 2017.
- [16] J. Kurlat, Mermeladas, dulces y confituras: mermeladas de durazno, Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), 2009.
- [17] A. V. Ruíz Hernández, Aplicación de Hidrocoloides en Queso Procesado Untable, Valdivia: Universidad Austral de Chile, 2007.
- [18] D. Rojas, S. Velandia y A. Castro, «Aprovechamiento del fruto rajado de uchuva (Physalis peruviana L.) en la elaboración de mermeladas,» *Investigación en Desarrollo e Innovación*, vol. 3, n° 1, pp. 18-24, 2012.
- [19] L. F. Arreaga, La producción y exportación de las principales frutas no tradicionales en las exportaciones totales del Ecuador, periodo 21012-2016., Guayaquil: Universidad de Guayaquil, 2017.
- [20] O. Acosta, F. Viquez y E. Cubero, «Optimisation of low calorie mixed fruit jelly by response surface methodology,» *Food Quality and Preference*, pp. 79-85, 2008.
- [21] M. Tua Siringorigo, A. Sitohang, D. Restuana, R. Tampubon, M. Pandiangan, D. Panjaitan, S. Yanti y D. Oktavia, «Effect of citric acid and sucrose concentration on the quality of

passion fruit jelly with dutch eggplant,» *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 2018.

- [22] NTE INEN 389, Conservas Vegetales, Jaleas de frutas. Requisitos., Quito: INEN.
- [23] A. Pilamala Rosales, Estudio del mejoramiento de textura para jaleas de naranjilla (*Solanum quitoenses*), tomate de árbol (*Cyohomandra betacea*) y uvilla (*Physalis peruviana*) utilizando quitosano, Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2010.
- [24] S. Dipak, «Strange but true: the physics of glass, gels and jellies is all related through rheology,» *School Science*, vol. 99, n° 366, pp. 102-113, 2017.
- [25] A. Tiwari, A. Vidyarthi, V. Nigam y M. Hassan, «Study of rheological properties and storage life of ripe jackfruit products: jam and jelly,» *Asian Journal of Microbiology, Biotechnology & Environmental Sciences*, vol. 18, n° 2, pp. 475-482, 2016.
- [26] J. Bridget, Jaleas y Mermeladas., España: Paidotribo., 2000.
- [27] F. E. Argote, D. P. Vargas y H. S. Villada, «Investigación de mercado sobre el grado de aceptación de mermelada de cococna en Sibundoy, Putumayo,» *Guillermo de Ocknam*, vol. 11, n° 2, pp. 197-206, 2013.
- [28] O. Martinez, M. Roman, E. Gutiérrez, G. Medina y O. Flores, «Caracterización sensorial de fibras de algunas frutas comunes de Colombia,» *VITAE*, vol. 10, n° 2, pp. 9-19, 2003.
- [29] M. N. Vera Retamal, Elaboración de mermelada light de durazno, Santiago de Chile: Universidad de Chile, 2012.
- [30] N. Villela, W. Moreira, L. d. M. Cardoso y L. Pantoja, «Jaboticaba peel for jelly preparation: an anternative technology,» *Ciencia e Tecnologia de Alimentos, Campinas*, vol. 31, n° 4, pp. 864-869, 2011.



UTEQ

UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE
QUEVEDO

¡Seguimos creciendo!