

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**Desarrollo de tablero de datos para apoyo de empresas
alimentarias con información relevante para el proceso de
aceptación de productos**

Trabajo de graduación presentado por Javier Estuardo Hernández
Trigueros para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en
Ciencia de la Computación y Tecnologías de la Información

Guatemala,

2024

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería




**Desarrollo de tablero de datos para apoyo de empresas
alimentarias con información relevante para el proceso de
aceptación de productos**

Trabajo de graduación presentado por Javier Estuardo Hernández
Trigueros para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en
Ciencia de la Computación y Tecnologías de la Información

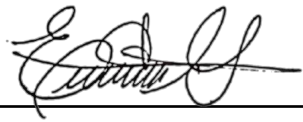
Guatemala,

2024


Vo.Bo.:

(f) 
Elisa Velásquez

Tribunal Examinador:

(f) 
Elisa Velásquez

(f) 
Lynette García

(f) 
Douglas Barrios

Fecha de aprobación: Guatemala, 25 de noviembre de 2024.

Agradecimiento

Extiendo un agradecimiento especial a Dios, quien es mi fortaleza y fuente de sabiduría, a las personas que estuvieron a mi lado durante el proceso de elaboración del presente trabajo, mi familia y amigos, debido a que fueron un gran soporte durante todo el proceso. De igual manera, agradezco el apoyo de Isabella Engelhardt, por la ejecución de las pruebas sensoriales; Douglas Barrios, Lynette García, Elisa Velásquez y Claudia García de la Cadena, por guiarme y brindarme los conocimientos, apoyo y retroalimentación necesaria durante el presente trabajo. Además, extiendo un agradecimiento a los 36 estudiantes que participaron en la investigación, sin su apoyo, participación y cooperación este trabajo no podría haber sido posible.

El presente trabajo aborda un aspecto fundamental para la industria alimentaria: el proceso de aceptación de productos. En un entorno de consumo cada vez más competitivo y diverso, comprender las preferencias y respuestas de los consumidores se ha convertido en una necesidad estratégica. Este proyecto explora cómo el análisis de datos sensoriales y fisiológicos puede aportar hallazgos significativos sobre las preferencias del consumidor y, a su vez, guiar la optimización de productos alimenticios.

A través de un experimento sensorial con cinco tipos de jugos de naranja, se recopilaron datos de aceptación, incluyendo reacciones fisiológicas, como la frecuencia cardíaca, la resistencia y la conductancia de la piel, que revelan la reacción fisiológica de cada muestra en los consumidores. Estos datos, cuidadosamente procesados y organizados, se integraron en un tablero de datos interactivo que permite visualizar, comparar y analizar los resultados de manera clara y comprensible. La construcción de este tablero de datos no solo ofrece una herramienta de interpretación visual, sino que representa un recurso práctico para las empresas alimentarias en su toma de decisiones, orientándolas en el desarrollo de productos que respondan a las verdaderas expectativas del mercado.

Este trabajo tiene como objetivo demostrar cómo el uso de datos fisiológicos y el empleo de herramientas tecnológicas, como los tableros de datos, contribuyen a entender de manera precisa las necesidades y preferencias del consumidor. El análisis exhaustivo y la presentación interactiva de estos datos subrayan la importancia de adoptar un enfoque basado en la evidencia en los procesos de desarrollo y evaluación de productos en la industria alimentaria, ayudando así a transformar la experiencia del consumidor en una ventaja competitiva tangible.

Agradecimiento	III
Prefacio	V
Lista de figuras	IX
Resumen	XI
Abstract	XIII
1. Introducción	1
2. Antecedentes	3
3. Justificación	5
4. Objetivos	7
4.1. Objetivo general	7
4.2. Objetivos específicos	7
5. Marco teórico	9
5.1. Tablero de datos	9
5.1.1. Usos de los tableros de datos	9
5.1.2. Ventajas de los tableros de datos	10
5.1.3. Limitaciones y consideraciones	10
5.2. KPI	10
5.2.1. Características de los KPI	11
5.3. R	11
5.3.1. Uso de R en el análisis de datos	11
5.3.2. Tableros de datos en R	12
5.3.3. Ventajas del uso de R en tableros de datos	12
5.3.4. Desafíos y limitaciones	13
5.4. Proceso de aceptación de productos	13
5.4.1. Factores clave en la aceptación de productos alimenticios	13

5.4.2.	Evaluación y medición de la aceptación	14
5.4.3.	Estrategias para mejorar la aceptación	14
5.5.	Pruebas sensoriales	15
5.5.1.	Tipos de pruebas sensoriales	15
5.5.2.	Importancia de las pruebas sensoriales	15
5.5.3.	Métodos para garantizar validez y fiabilidad	16
5.5.4.	Desafíos en las pruebas sensoriales	16
5.6.	Sensor de respuesta galvánica de la piel	16
5.6.1.	Características y beneficios	17
5.7.	ConsensysPRO	18
6.	Metodología	21
6.1.	Preparación y entrenamiento	21
6.2.	Consideraciones éticas	22
6.3.	Recolección de datos	22
7.	Resultados y discusión	25
8.	Conclusiones	29
9.	Recomendaciones	31
10.	Bibliografía	33
11.	Anexos	35
11.1.	Cronograma de actividades	35
11.2.	Prueba sensorial	35
11.3.	Limpieza de datos	36
11.4.	Código para crear el <i>dataset</i> final	37
11.5.	Promedios de las variables electrofisiológicas	38
11.6.	Excel del conjunto de datos final	39
11.7.	Protocolo de toma de datos	39
11.8.	Resumen estadístico descriptivo	41
11.9.	Correlación entre variables	42
11.10.	Comparación de medias antes y después de la frecuencia cardíaca	42

Lista de figuras

1.	<i>Kit del sensor de respuesta galvánica Shimmer</i>	17
2.	<i>Investigación previa sobre el sensor</i>	21
3.	<i>Una forma de colocarse el sensor</i>	23
4.	<i>Tablero de datos final</i>	26
5.	<i>Valores generales de la frecuencia cardíaca, resistencia y conductancia de la piel para la muestra de jugo adulterado con cafeína</i>	27

Este trabajo tiene como objetivo determinar las características relevantes que influyen en el consumidor en la aceptación de un producto a través del registro de datos fisiológicos para contribuir a estrategias de *neuromarketing* en la industria alimentaria. Se realizó con el uso de sensores de respuesta galvánica de la piel en pruebas sensoriales de cinco distintos jugos de naranja. Estos sensores registran valores como la conductancia y resistencia de la piel, además de la frecuencia cardíaca. Luego de la recolección de datos, se procedió a la limpieza y el análisis de los datos. Ya con el conjunto de datos definitivo, se elaboró el tablero de datos dinámico en el software llamado Tableau, del cual se pudo identificar que las respuestas electrofisiológicas de los participantes mostraron que los jugos bien recibidos propiciaron un aumento en la conductancia de la piel y una mayor frecuencia cardíaca, indicativos de satisfacción. El jugo de naranja natural fue el de mayor aceptación, mientras que el jugo combinado con ajo fue el que más desagrado generó. Este tipo de análisis resulta valioso para las empresas alimentarias, ya que proporciona información novedosa sobre cómo los atributos del producto y el estado emocional del consumidor influyen en la aceptación, guiando la optimización de sus procesos de desarrollo y evaluación de productos.

This study aims to determine the relevant characteristics that influence consumer acceptance of a product by recording physiological data to contribute to neuromarketing strategies in the food industry. The study was conducted using galvanic skin response sensors in sensory tests on five different orange juices. These sensors record values such as skin conductance and resistance, as well as heart rate. After data collection, the data was cleaned and subjected to exploratory analysis. With the final dataset, a dynamic data dashboard was created in the software Tableau, which allowed for the identification that participants' electrophysiological responses indicated that well-received juices prompted an increase in skin conductance and higher heart rates, both indicative of satisfaction. The natural orange juice had the highest acceptance, while the juice adulterated with garlic generated the most displeasure. This type of analysis is valuable for food companies as it provides valuable insights into how product attributes and the consumer's emotional state influence acceptance, guiding the optimization of their product development and evaluation processes.

La excelencia de un alimento se basa en varios factores, como la composición nutricional y la seguridad sanitaria. Sin embargo, su aceptación o rechazo en el mercado depende en gran medida de la percepción subjetiva del consumidor, incluyendo preferencias de color, sabor, textura, consistencia, presentación, entre otros aspectos. Por lo tanto, es crucial realizar pruebas sensoriales con el público objetivo al introducir un nuevo alimento al mercado o al modificar algún aspecto de este [1].

Las pruebas sensoriales de los consumidores predicen el rendimiento en el mercado y la aceptación de nuevos productos alimenticios [2]. Debido a la alta competitividad en el mercado, en la actualidad, existe una alta tasa de fracaso de productos, lo que hace necesario implementar nuevas metodologías que puedan garantizar su éxito. Los métodos convencionales para evaluar la aceptación del consumidor de un producto se basan en medidas explícitas, por ejemplo, evaluaciones escritas con escalas de intensidad, las cuales pueden ser prácticas y fáciles de usar, pero también tienden a proporcionar resultados cognitivamente sesgados [3]. Las elecciones de los consumidores en la vida real están principalmente impulsadas por mecanismos inconscientes en lugar de racionales [4] por lo que las medidas sensoriales supondrían una ventaja para el estudio de mercado.

Es por ello que el presente trabajo tiene como enfoque estudiar los registros de las reacciones sensoriales de los potenciales consumidores ante diferentes productos alimenticios para determinar qué características influyen en el proceso de aceptación de un producto. Estos datos podrían contribuir con el desarrollo efectivo de productos de la industria alimenticia. Se pretendía realizar pruebas al público en general utilizando sensores de respuesta galvánica de la piel, que registran datos fisiológicos de la respuesta del sistema nervioso autónomo, los cuales se analizaron para determinar las características más relevantes o dar distintas perspectivas o hallazgos para los procesos de aceptación de productos de dichas empresas. Esta información será presentada en un tablero de datos para su visualización.

La creciente competencia en la industria alimentaria ha impulsado a las empresas a comprender en profundidad las preferencias y respuestas emocionales de los consumidores frente a sus productos. En este contexto, las técnicas de evaluación sensorial y el uso de respuestas fisiológicas han cobrado relevancia para analizar el grado de aceptación de productos alimenticios. Este estudio se basa en la integración de datos de respuesta galvánica de la piel (GSR, por sus siglas en inglés) y la creación de un tablero interactivo para visualizar y analizar los resultados, lo cual facilita la toma de decisiones en *marketing* y desarrollo de productos.

Diversos estudios destacan el papel de la respuesta galvánica de la piel como una medida efectiva para capturar reacciones emocionales automáticas ante estímulos sensoriales. Por ejemplo, en un estudio se analizó la relación entre las expresiones faciales y las respuestas del sistema nervioso autónomo al probar diferentes jugos, mostrando que el GSR es un indicador confiable de agrado o rechazo frente a ciertos alimentos [2]. Estos resultados subrayan el valor de los datos fisiológicos para mejorar el diseño de productos orientados a satisfacer al consumidor. De manera similar, otro estudio [3] revisó diversas metodologías para evaluar las emociones que los alimentos provocan en los consumidores, y señaló que las técnicas implícitas, como la respuesta galvánica de la piel, ofrecen hallazgos profundos sobre las preferencias y experiencias sensoriales, lo cual es particularmente útil en la formulación de nuevos productos.

En el campo de la creación de tableros de datos para *marketing* y desarrollo de productos, Tableau y otras herramientas de visualización se han utilizado para consolidar y analizar datos de aceptación del consumidor. Por ejemplo, en una investigación se analizó el valor de los tableros interactivos para visualizar datos de mercado en tiempo real, destacando que la integración de datos de múltiples fuentes, como respuestas sensoriales y de consumidores, permite una toma de decisiones más informada y ágil [5]. Otra investigación [6] refuerza esta noción, al demostrar cómo los tableros de datos en *marketing* no solo centralizan la información, sino que también optimizan la comprensión de las preferencias del consumidor al facilitar el análisis comparativo de productos en entornos empresariales.

Finalmente, estudios en diseño de productos y neurociencia del consumidor [7], han demostrado que integrar las métricas fisiológicas y sensoriales en el desarrollo de productos permite a las empresas ajustar sus productos de manera más precisa y estratégica. Esta investigación destaca cómo los datos de GSR pueden complementar las pruebas de aceptación tradicionales, ofreciendo una perspectiva objetiva sobre la respuesta emocional del consumidor ante los productos.

En conjunto, estos antecedentes demuestran la importancia de combinar el análisis fisiológico con herramientas interactivas de visualización para mejorar la aceptación de productos en la industria alimentaria. Este estudio contribuye al conocimiento existente al integrar la respuesta galvánica de la piel y otros datos sensoriales en un tablero de datos, facilitando la evaluación y comparación de productos en tiempo real.

Identificar los principales aspectos que influyen en la aceptación de productos supone una ventaja competitiva crucial para el diseño y desarrollo de nuevos alimentos. La aceptabilidad y el consumo de alimentos están determinados por una serie de factores complejos que influyen en el proceso de toma de decisiones de los consumidores al seleccionar, almacenar, preparar, distribuir y consumir alimentos. Estos factores van más allá de la simple disponibilidad y acceso a los productos, ya que también se ven profundamente afectados por elementos culturales y sociales, como las tradiciones y hábitos alimenticios arraigados en las comunidades. Además, el nivel educativo de las personas juega un papel importante, no solo en términos generales, sino específicamente en su conocimiento sobre nutrición y alimentación saludable. Este conocimiento les permite tomar decisiones más informadas y conscientes al elegir productos alimenticios, influyendo directamente en la percepción de valor y calidad de estos. De este modo, la educación nutricional y la promoción de hábitos alimenticios saludables pueden convertirse en elementos clave para mejorar la aceptación de productos alimenticios en el mercado [8].

Los factores que influyen en la toma de decisión de los consumidores pueden ser subjetivos, como registros escritos o descripción de percepciones. Sin embargo, con el avance de la tecnología y el registro de las respuestas del sistema nervioso autónomo se pueden sumar los factores objetivos. Es ahí donde se aplica el *neuromarketing*, un campo emergente e interdisciplinario que utiliza varias técnicas de registro y análisis de datos fisiológicos, como potenciales evocados (PE), electroencefalograma y tecnología de neuroimagen para identificar los procesos cerebrales relacionados con las decisiones y comportamientos del consumidor. Esto implica que el *neuromarketing* no es simplemente un uso de técnicas objetivas y metodologías para cuantificar, visualizar o graficar los fenómenos cognitivos, sino que se trata de una perspectiva paradigmática que establece que la neurociencia es el marco de referencia adecuado para aplicarse en contextos específicos de la actividad humana que son objeto de estudio del *marketing*. De esta manera, el *neuromarketing* se suma, junto con disciplinas como la psicología, la sociología, la antropología y la economía, al análisis de la toma de decisiones de los consumidores [9].

Es importante comprender que los PE son señales eléctricas generadas por la actividad neural periférica y central como respuesta a estímulos externos, los cuales pueden ser de naturaleza visual, somatosensorial o auditiva. Estos registros se identifican por oscilaciones enmascaradas por la señal de electroencefalografía (EEG) y se describen por la magnitud máxima y mínima de sus amplitudes (pico) y la duración relativa en relación con el estímulo (latencia o tiempo de respuesta). La principal característica de estudio de los PE es la aplicación de un estímulo externo que actúa como referencia clara para investigar los diferentes procesos del sistema nervioso. De este modo, se obtiene información funcional sobre estructuras neurales específicas y se realiza una medición objetiva de la actividad cerebral. Esta información es útil para la detección de actividad nerviosa normal o anormal, la localización de problemas en un segmento del canal nervioso, la caracterización de la severidad de un problema, la intensidad de una respuesta emocional, entre otros usos. En el campo del *neuromarketing*, estos registros suponen uno de los principales puntos de referencia para entender el procesamiento cognitivo que tienen los consumidores al ser expuestos a estímulos específicos representados por productos [9].

4.1. Objetivo general

Determinar las características relevantes que influyen en el consumidor en la aceptación de un producto a través del registro de datos fisiológicos para contribuir a estrategias de *neuromarketing* en la industria alimentaria.

4.2. Objetivos específicos

- Desarrollar un protocolo de toma de datos para facilitar esta etapa en futuros estudios similares.
- Establecer las variables que influyen significativamente en la aceptación de un jugo de naranja a partir de las respuestas galvánicas de la piel.
- Implementar un tablero de datos que facilite la visualización de los datos para desarrollar estrategias efectivas para la aceptación de productos en la industria alimentaria.

5.1. Tablero de datos

Un tablero de datos, conocido en inglés como *dashboard*, es una herramienta visual interactiva que permite a los usuarios monitorear y analizar datos de manera efectiva. Los tableros de datos consolidan información compleja en una representación gráfica fácil de entender, facilitando la toma de decisiones basada en datos. Los tableros de datos son interfaces visuales que muestran información crucial sobre el desempeño de una organización, un proyecto o un proceso específico. Su principal propósito es proporcionar a los usuarios una vista rápida y comprensible de los indicadores clave de rendimiento (KPI), permitiendo un seguimiento continuo y una respuesta ágil a los cambios [10].neuromarketing

5.1.1. Usos de los tableros de datos

Los tableros de datos se utilizan en una variedad de contextos y sectores, incluyendo:

- Empresas: para monitorear el desempeño financiero, ventas, y operaciones [11].
- Salud: para seguir métricas de salud pública, rendimiento hospitalario y resultados de tratamientos [12].
- Marketing: para analizar campañas publicitarias, comportamiento del cliente y métricas de redes sociales [5].
- Educación: para evaluar el rendimiento académico, asistencia y participación estudiantil [13].

5.1.2. Ventajas de los tableros de datos

Los tableros de datos ofrecen numerosas ventajas, entre ellas:

- Visualización clara y concisa: permiten la visualización de datos complejos de forma clara y accesible, facilitando la interpretación rápida de información [10].
- Monitoreo en tiempo real: proveen actualizaciones en tiempo real, lo que permite a los usuarios reaccionar rápidamente a los cambios y tomar decisiones informadas [11].
- Centralización de información: consolidar datos de múltiples fuentes en un solo lugar, mejorando la eficiencia y reduciendo el tiempo dedicado a la búsqueda y recopilación de información [12].
- Facilita la comunicación: mejora la comunicación y el entendimiento entre equipos al proporcionar una plataforma visual común para discutir los datos y tomar decisiones [5].
- Detección de tendencias y anomalías: ayudan a identificar tendencias, patrones y anomalías en los datos, lo que puede conducir a hallazgos valiosos y oportunidades de mejora [13].

5.1.3. Limitaciones y consideraciones

A pesar de sus ventajas, los tableros de datos también presentan algunas limitaciones y consideraciones importantes:

- Dependencia de la calidad de los datos: la precisión y utilidad de un tablero dependen en gran medida de la calidad de los datos que se ingresan. Datos incorrectos o incompletos pueden llevar a conclusiones erróneas [10].
- Sobrecarga de información: existen riesgos de sobrecarga de información si se incluye demasiada data o si no se diseña adecuadamente el tablero, lo cual puede dificultar la interpretación [12].
- Costos de implementación y mantenimiento: la creación y el mantenimiento de tableros de datos pueden implicar costos significativos, tanto en términos de recursos tecnológicos como humanos [11].

5.2. KPI

Un indicador clave de rendimiento, conocido por sus siglas en inglés KPI (*Key Performance Indicator*), es una métrica cuantificable utilizada para evaluar el éxito de una organización, un proyecto, o una actividad específica en alcanzar objetivos y metas predefinidos. Los KPI son esenciales para medir el rendimiento y la eficacia de las estrategias implementadas y para identificar áreas que necesitan mejora [14].

5.2.1. Características de los KPI

- Relevancia: los KPI deben estar directamente relacionados con los objetivos estratégicos del proyecto. Deben medir aspectos que son cruciales para el éxito.
- Cuantificabilidad: los KPI deben ser medibles y expresados en términos numéricos para permitir una evaluación objetiva del rendimiento.
- Alcanzabilidad: deben ser realistas y alcanzables dentro de las capacidades y recursos disponibles.
- Temporalidad: los KPI deben estar definidos dentro de un marco temporal específico para evaluar el progreso en periodos determinados.
- Especificidad: deben ser claros y específicos para evitar ambigüedades en la interpretación de los resultados.

5.3. R

El lenguaje de programación R se ha consolidado como una de las herramientas más poderosas y populares para el análisis de datos y la creación de visualizaciones interactivas, incluyendo tableros de datos. Originalmente, desarrollado para análisis estadístico, R ha evolucionado hasta convertirse en un lenguaje flexible y versátil que puede manejar grandes volúmenes de datos, realizar análisis complejos, y generar informes visuales interactivos, lo que lo hace altamente relevante en diversas áreas, desde la investigación académica hasta el análisis de negocio.

5.3.1. Uso de R en el análisis de datos

R es ampliamente reconocido por su capacidad para gestionar y analizar datos de manera eficiente, especialmente en entornos que requieren análisis estadísticos profundos y precisos. Entre las características que destacan su uso en el análisis de datos, se encuentran:

- Extenso conjunto de bibliotecas estadísticas: R cuenta con una extensa colección de paquetes y bibliotecas que permiten a los usuarios realizar prácticamente cualquier tipo de análisis estadístico. Paquetes como `dplyr` y `data.table` facilitan la manipulación eficiente de datos, mientras que bibliotecas como `ggplot2` son utilizadas para crear visualizaciones de alta calidad y personalizables [15].
- Capacidad de manejo de grandes volúmenes de datos: R es capaz de manejar grandes conjuntos de datos gracias a su integración con herramientas como `Rcpp` (para realizar cálculos en C++) y `parallel` (para procesamiento paralelo). Además, su ecosistema de paquetes soporta bases de datos externas y herramientas de *big data* como Hadoop, lo que lo convierte en una opción viable para análisis a gran escala [16].
- Modelado predictivo y *machine learning*: R es ampliamente utilizado en modelado predictivo y *machine learning* debido a su rica oferta de paquetes como `caret`, que

simplifica el entrenamiento y evaluación de modelos, y `randomForest` o `xgboost`, populares en la construcción de modelos de *machine learning* [17]. Estos permiten a los analistas no solo realizar predicciones precisas, sino también optimizar los modelos para mejorar la toma de decisiones.

5.3.2. Tableros de datos en R

La creación de tableros de datos interactivos en R ha crecido exponencialmente en los últimos años gracias a herramientas como Shiny, que permiten el desarrollo de aplicaciones web interactivas directamente desde R. Estas aplicaciones permiten a los usuarios no solo visualizar datos, sino también interactuar con ellos en tiempo real, lo cual es extremadamente útil en entornos corporativos o académicos donde la presentación de los resultados es tan importante como el análisis en sí.

- **Shiny - creación de tableros interactivos:** Shiny es un paquete que permite construir aplicaciones web interactivas utilizando solo R, sin necesidad de conocimiento en lenguajes de programación web adicionales como HTML o JavaScript. Estas aplicaciones pueden mostrar gráficos dinámicos, tablas de datos y otros elementos visuales que se actualizan en respuesta a las entradas del usuario, lo que lo hace ideal para tableros de control [18].
- **Integración con visualización de datos:** R facilita la integración de visualizaciones avanzadas dentro de los tableros de datos. Por ejemplo, `ggplot2` y `plotly` pueden ser utilizados para generar gráficos interactivos que respondan a las selecciones y filtros realizados por el usuario. Esta funcionalidad es clave para generar tableros efectivos, que permitan a los usuarios finales analizar los datos desde diferentes ángulos sin necesidad de realizar análisis adicionales.
- **Capacidades de reportes automatizados:** con R Markdown, los usuarios pueden generar informes dinámicos que combinan análisis de datos, visualizaciones y texto explicativo en un único documento. Esto es particularmente útil para reportes periódicos o para la automatización de tareas de reporte, donde los tableros de datos pueden actualizarse automáticamente con la información más reciente [19].

5.3.3. Ventajas del uso de R en tableros de datos

- **Flexibilidad y personalización:** R permite una alta personalización en la creación de tableros y análisis. A diferencia de herramientas prediseñadas como Excel o Power BI, R ofrece la posibilidad de diseñar soluciones hechas a medida, adaptadas a las necesidades específicas del usuario.
- **Gratuito y de código abierto:** R es un software de código abierto, lo que significa que es accesible a cualquier persona sin costo de licencia. Además, su comunidad activa de usuarios y desarrolladores contribuye constantemente con mejoras y nuevos paquetes, lo que asegura que R esté siempre actualizado con las últimas técnicas en análisis de datos.

- Integración con herramientas de *big data* y *machine learning*: gracias a su capacidad de integrarse con herramientas como Spark, Hadoop, y *frameworks* de *machine learning*, R es una opción ideal para proyectos que implican grandes volúmenes de datos y necesitan análisis predictivo y aprendizaje automático.

5.3.4. Desafíos y limitaciones

A pesar de sus numerosas ventajas, el uso de R en la creación de tableros de datos presenta ciertos desafíos:

- Curva de aprendizaje pronunciada: aunque R es altamente poderoso, también puede ser difícil de aprender para usuarios sin experiencia en programación. Herramientas como Shiny requieren un conocimiento sólido del lenguaje, así como una comprensión básica de conceptos web para crear aplicaciones interactivas.
- Rendimiento con grandes conjuntos de datos: aunque R ha mejorado su manejo de grandes conjuntos de datos, sigue siendo menos eficiente que lenguajes como Python o Scala en tareas de *big data*, especialmente si no se utilizan correctamente herramientas como Rcpp o integración con bases de datos externas.

5.4. Proceso de aceptación de productos

El proceso de aceptación de productos alimenticios es un aspecto fundamental para la industria alimentaria, ya que determina el éxito comercial de un producto en el mercado. Este proceso está influenciado por una variedad de factores que van desde las características sensoriales del producto hasta la percepción del consumidor y las estrategias de *marketing* empleadas.

5.4.1. Factores clave en la aceptación de productos alimenticios

- Características sensoriales: las características sensoriales, como el sabor, el aroma, la textura y la apariencia, son determinantes fundamentales en la aceptación de productos alimenticios. La evaluación sensorial permite medir estas características y compararlas con las expectativas del consumidor. Domínguez et al. [1] destaca que una evaluación sensorial rigurosa es esencial para garantizar que los productos cumplan con los estándares de calidad y las preferencias del consumidor. La percepción sensorial positiva de un producto es un predictor confiable de su éxito en el mercado [20].
- Preferencias y comportamiento del consumidor: las preferencias del consumidor están influenciadas por factores como la cultura, la experiencia previa, la educación, y las tendencias dietéticas. Köster et al. [4] señala que las decisiones alimenticias son complejas y están condicionadas tanto por factores racionales como emocionales. Además, los consumidores tienden a elegir productos que se alineen con sus valores personales, como la sostenibilidad o el bienestar animal [21].

- Percepción y marca: la percepción del consumidor acerca de un producto está estrechamente vinculada a la marca y la reputación de la empresa que lo fabrica. La marca puede influir significativamente en la percepción del sabor y la calidad, incluso si las características sensoriales objetivas del producto son idénticas a las de un competidor. Schifferstein et al. [22] argumentan que la identidad de la marca y la historia que cuenta son componentes críticos para construir una conexión emocional con el consumidor, lo que a su vez puede aumentar la aceptación del producto.
- Precio y accesibilidad: los consumidores evalúan si el valor percibido de un producto justifica su precio. Este valor percibido incluye no solo las características sensoriales, sino también la marca, la conveniencia, y otros atributos secundarios como el empaque [23]. La accesibilidad, en términos de distribución y disponibilidad en puntos de venta, también juega un papel crucial.
- Innovación y diferenciación: la innovación en la formulación y presentación de productos alimenticios puede ser una estrategia efectiva para captar la atención de los consumidores y diferenciarse en un mercado competitivo. Danner et al. [2] enfatizan que la innovación en productos alimenticios debe equilibrar la novedad con las expectativas del consumidor para no alienar a segmentos clave del mercado.

5.4.2. Evaluación y medición de la aceptación

La medición de la aceptación de productos alimenticios suele involucrar tanto métodos explícitos como implícitos. Entre los métodos explícitos, las encuestas y paneles de degustación son comunes. Estos métodos recopilan datos directos sobre las preferencias y percepciones del consumidor.

Por otro lado, los métodos implícitos, como el análisis de expresiones faciales y la respuesta del sistema nervioso autónomo, ofrecen una comprensión más profunda de las reacciones emocionales subconscientes del consumidor [2]. Estas técnicas de *neuromarketing* han ganado popularidad en la investigación de la aceptación de productos, ya que permiten capturar reacciones que los consumidores podrían no estar dispuestos o no ser capaces de expresar verbalmente.

5.4.3. Estrategias para mejorar la aceptación

- Investigación de mercado y análisis de datos: realizar investigaciones de mercado detalladas permite a las empresas entender mejor las preferencias del consumidor y las tendencias emergentes. El análisis de datos de ventas, encuestas, y estudios de caso puede proporcionar hallazgos valiosos sobre los factores que contribuyen a la aceptación del producto [24].
- Optimización sensorial: a través de la evaluación sensorial y pruebas de consumidor, los fabricantes pueden ajustar las características del producto para maximizar su atractivo. Esto incluye la modificación de ingredientes, la mejora de la formulación, y el ajuste de las propiedades organolépticas [25].

- Estrategias de *marketing* efectivas: las estrategias de *marketing* deben estar alineadas con las percepciones y expectativas del consumidor. La comunicación efectiva del valor del producto, así como el uso de narrativas que resuenen con los valores del consumidor, puede aumentar significativamente la aceptación del producto [5].
- Pruebas de producto: antes de un lanzamiento a gran escala, realizar pruebas de producto en mercados piloto puede ofrecer una visión preliminar de cómo los consumidores recibirán el producto. Estas pruebas permiten realizar ajustes necesarios antes de una distribución más amplia.

5.5. Pruebas sensoriales

Las pruebas sensoriales en alimentos son un método científico utilizado para medir, analizar y comprender las reacciones humanas a las propiedades sensoriales de los alimentos, como el sabor, olor, textura, apariencia y sonido. Este tipo de pruebas es esencial para determinar las preferencias del consumidor, evaluar la calidad del producto, y apoyar el desarrollo de nuevos alimentos que satisfagan las expectativas del mercado [26].

5.5.1. Tipos de pruebas sensoriales

- Pruebas discriminativas: estas pruebas se utilizan para determinar si los consumidores pueden percibir diferencias entre productos. Entre los métodos más comunes se encuentran la prueba triangular, en la cual los evaluadores prueban tres muestras, dos de las cuales son idénticas, y deben identificar la diferente. Otro método es la prueba dúo-trío, donde los evaluadores comparan dos muestras con un control y determinan cuál coincide con el control [27].
- Pruebas descriptivas: las pruebas descriptivas se enfocan en identificar y cuantificar las características sensoriales de un alimento. El análisis descriptivo cuantitativo (QDA) es una técnica avanzada en la cual un panel entrenado evalúa los atributos sensoriales de un producto y los mide en una escala numérica. Esta técnica permite una descripción detallada de los perfiles sensoriales y es particularmente útil en la investigación y desarrollo de productos alimenticios [28].
- Pruebas afectivas o hedónicas: las pruebas afectivas miden el grado de agrado o preferencia de un producto entre los consumidores. Se utilizan principalmente en estudios de mercado para evaluar la aceptación general del producto. Un ejemplo típico es la escala hedónica de 9 puntos, donde los consumidores califican el producto de “me gusta mucho” a “me disgusta mucho” [29]. Estas pruebas son cruciales para predecir el éxito comercial de un producto.

5.5.2. Importancia de las pruebas sensoriales

- Desarrollo de nuevos productos: las pruebas sensoriales permiten a las empresas alimentarias optimizar la formulación de productos antes de su lanzamiento. Al compren-

der las preferencias del consumidor, las empresas pueden ajustar sabores, texturas o aromas para maximizar la aceptación del producto en el mercado objetivo [7].

- Control de calidad: las pruebas sensoriales son una herramienta clave en el control de calidad. Permiten verificar que los productos cumplan con los estándares esperados, especialmente en términos de consistencia y uniformidad entre lotes. Esto asegura que los productos que llegan al consumidor mantengan su calidad a lo largo del tiempo [30].
- Mejora de productos existentes: a través de la retroalimentación obtenida en pruebas sensoriales, las empresas pueden identificar áreas de mejora en productos ya comercializados. Las pequeñas modificaciones en los atributos sensoriales, como el dulzor o la acidez, pueden aumentar significativamente la aceptación del producto [26].

5.5.3. Métodos para garantizar validez y fiabilidad

Para asegurar que los resultados de las pruebas sensoriales sean válidos y confiables, es esencial contar con un diseño experimental adecuado. Esto incluye la selección cuidadosa de los panelistas, la estandarización de las condiciones de prueba, y el uso de controles adecuados [26].

- Selección de panelistas: los panelistas deben ser seleccionados según los objetivos del estudio. Los paneles pueden estar compuestos por consumidores no entrenados para pruebas afectivas, o panelistas entrenados para pruebas descriptivas [27].
- Condiciones de prueba: las pruebas sensoriales deben llevarse a cabo en un entorno controlado para minimizar la influencia de factores externos, como el ruido o la iluminación, que puedan afectar la percepción sensorial [26].
- Análisis estadístico: el uso de métodos estadísticos adecuados, como el análisis de varianza (ANOVA), es crucial para interpretar correctamente los resultados y determinar si las diferencias entre productos son estadísticamente significativas [26].

5.5.4. Desafíos en las pruebas sensoriales

Uno de los principales desafíos en las pruebas sensoriales es la variabilidad inherente en las respuestas humanas, ya que la percepción sensorial puede verse influenciada por factores psicológicos y culturales. Además, existe el riesgo de sesgos, como el sesgo de expectativa, en el que los panelistas pueden influirse por sus expectativas previas sobre el producto. Para mitigar estos efectos, se recomienda utilizar pruebas a ciegas, en las cuales los panelistas no tienen información sobre las muestras evaluadas [30].

5.6. Sensor de respuesta galvánica de la piel

El sensor Shimmer, que se muestra en la *Figura 1*, proporciona conexiones y preamplificación para un canal de adquisición de datos de respuesta galvánica de la piel (medición de

resistencia electrodérmica – EDR/actividad electrodérmica (EDA). Es adecuada para medir las características eléctricas o la conductancia de su piel, así como para capturar una señal de pulso óptico/PPG (fotopleletismograma) y convertirla para estimar la frecuencia cardíaca (FC), utilizando el clip para la oreja Shimmer o la sonda de pulso óptico [31].

Figura 1. *Kit del sensor de respuesta galvánica Shimmer*



Nota. Elaboración propia

El sensor de respuesta galvánica de la piel se utiliza para la biorretroalimentación GSR en tiempo real. El sensor monitorea la conductividad de la piel entre dos electrodos reutilizables adheridos a dos dedos de una mano. Cuando se produce un estímulo, las glándulas sudoríparas se vuelven más activas, lo que aumenta la humedad de la piel y permite que la corriente fluya más fácilmente al cambiar el equilibrio de iones positivos y negativos en el fluido secretado (lo que aumenta la conductancia de la piel). Con esta unidad, también se pueden capturar señales de movimiento de IMU de 10 DoF para permitir un contexto adicional si se desea. Todas las señales se pueden medir simultáneamente y en tiempo real [31].

5.6.1. Características y beneficios

Sistema confiable

- Validado para su uso en aplicaciones de investigación orientadas a la biomedicina.
- Cuatro rangos de medición controlados digitalmente que los desarrolladores utilizan para garantizar mediciones precisas.

Recopilación, visualización y almacenamiento de datos en tiempo real

- Proporciona preamplificación de la señal GSR, la convierte a formato digital y puede transmitir directamente a un dispositivo host sin la necesidad de una unidad receptora intermedia.

- Proporciona recopilación y transmisión de datos fisiológicos en tiempo real a una PC host para visualización y almacenamiento en tiempo real.
- Biblioteca de soporte para análisis de aplicaciones específicas y desarrollo de interfaces de software.

Unidad ligera y portátil

- Diseñado para ser portátil y proporciona datos de alta calidad y científicamente confiables, ya sea como un transmisor inalámbrico o un registrador de datos autónomo.
- Libre de restricciones de cables, el Shimmer GSR proporciona una solución cómoda y sin molestias para atletas, niños, ancianos y pacientes con discapacidad.
- El tamaño pequeño y el diseño liviano (28 g) permiten que la unidad se use en cualquier segmento del cuerpo para lograr un rango completo de movimiento durante todo tipo de tareas o ejercicios, sin afectar su movimiento, técnicas, entre otros.

Adaptabilidad (cableada versus inalámbrica)

- Ofrece un mayor valor ergonómico que las unidades cableadas más grandes.
- Combina fácilmente los datos GSR con el acelerómetro integrado de Shimmer para obtener más información contextual.
- Combina fácilmente datos GSR con la gama completa de módulos de sensores Shimmer biofísicos, cinemáticos y ambientales.

[31]

5.7. ConsensysPRO

Consensys es el software que funciona junto con los sensores Shimmer y que agrega funciones importantes a sus datos en vivo, datos administrados y dispositivos. Está diseñado para la recopilación adaptativa de datos humanos en el campo, ensayos repetibles a gran escala y gestión general de múltiples sensores. Consensys habilita las siguientes funcionalidades:

- Configuración de sensores Shimmer.
- Transmisión de datos en tiempo real.
- Gestión de datos recopilados.

El software Consensys tiene dos versiones para PC (Windows):

- ConsensysPRO

- ConsensysBÁSICO

Para este proyecto se utilizó ConsensysPRO que es la versión más avanzada de Consensys que ofrece una rápida configuración y captura de datos en una interfaz gráfica fácil de usar, con mayor rendimiento y confiabilidad. Las características destacadas exclusivas de ConsensysPRO incluyen:

- Registro y representación gráfica de datos de varios sensores Shimmer.
- Marcadores de eventos.
- Anotaciones de datos.
- Intervalo entre latidos para ECG y PPG.
- Informes de nivel de actividad para datos cinemáticos.
- Filtrado de paso de banda EMG.

[31]

Este software optimiza significativamente el proceso de recolección de datos, permitiendo una gestión eficiente desde las primeras etapas del análisis. Gracias a su capacidad para almacenar automáticamente la información en el sistema, facilita la descarga de archivos en formatos como CSV, que contienen todas las variables y datos necesarios para construir el *dataset* final de manera organizada. Además, el software ofrece opciones integradas para añadir estímulos durante las pruebas, y posibilita la grabación tanto de las respuestas como de las interacciones. Esta funcionalidad puede realizarse mediante las herramientas internas del propio software, o bien empleando recursos externos para grabar la pantalla y descargar los resultados en formatos como texto o video, lo que enriquece el análisis posterior y permite una interpretación más exhaustiva de la información recolectada. Este enfoque integral asegura que cada paso del proceso, desde la recolección hasta el análisis, se realice de manera eficiente y con una alta precisión.

6.1. Preparación y entrenamiento

Primero se realizó una investigación con recursos digitales acerca de la documentación del sensor Shimmer, como se muestra en la *Figura 2*, para saber cómo utilizarlo, qué software son necesarios para visualizar las lecturas que realiza, qué significa cada variable, cómo convertir las lecturas en conjuntos de datos, entre otros factores importantes para la realización de las pruebas. En esta parte se obtuvieron mejores resultados gracias al apoyo de un experto en psicología y en manipulación de sensores similares. Como parte de la investigación, se contó con el apoyo de un experto en estos sensores desde España por medio de videollamadas. Gracias a los recursos de la Universidad del Valle de Guatemala (UVG), se logró obtener la licencia de ConsensysPRO para la grabación, almacenamiento y manipulación de datos.

Figura 2. *Investigación previa sobre el sensor*



Nota. Elaboración propia

6.2. Consideraciones éticas

Asimismo, los estudiantes firmaron un consentimiento informado, asegurando que estuvieran plenamente conscientes de la naturaleza de los productos que probarían y los procedimientos involucrados. Para garantizar la protección de su identidad, en lugar de utilizar sus nombres, se asignaron identificadores numéricos a cada participante, asegurando así un manejo confidencial de la información personal.

6.3. Recolección de datos

Luego, se procedió a la realización de las pruebas, donde participaron 32 estudiantes de la UVG de manera voluntaria y en distintos espacios de tiempo debido. La recolección se realizó uno por uno debido a la disponibilidad del equipo y para asegurar la precisión de los datos. Este grupo de estudiantes se encontraba dentro de un rango de 18 a 25 años, buscando que ninguno presentara algún padecimiento en los sentidos del gusto y el olfato, según autoinforme. La prueba consistió en una prueba sensorial con un estímulo oral, una degustación de cinco diferentes jugos de naranja, de las cuales tres muestras eran naturales y dos de ellas de marcas comerciales. Las muestras fueron colocadas en frascos de una onza con los siguientes códigos:

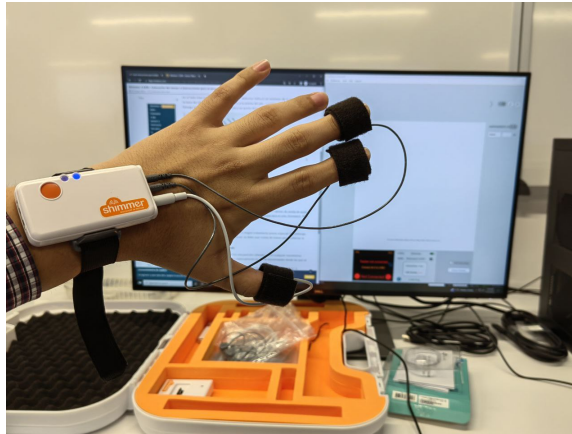
Cuadro 1. *Muestras de jugo con su respectivo código*

Código	Descripción
023	Jugo de naranja Marca 1
108	Jugo de naranja natural
309	Jugo de naranja Marca 2
575	Jugo de naranja adulterado con ajo
712	Jugo de naranja adulterado con cafeína

Nota. Elaboración propia

Las pruebas se llevaron a cabo en el NeuroLab de la UVG, donde se buscó las mejores condiciones ambientales controladas con el fin de que estas no afectaran directamente en las respuestas del consumidor. Es importante resaltar que las naranjas para las muestras de naranja natural fueron adquiridas durante las semanas de prueba para asegurar la consistencia en madurez, acidez y dulzura, factores que posiblemente impactaron en la aceptación. La prueba para cada estudiante consistió en colocar en la muñeca de la mano no dominante el sensor Shimmer3 GSR y conectando los electrodos de respuesta galvánica en los dedos medio y anular, mientras que el sensor de frecuencia cardiaca se colocó en el pulgar, tal como se muestra en la *Figura 3*. Luego, se verificó si se presentaba lectura de los tres electrodos, observando las gráficas de conductancia, resistencia y frecuencia cardiaca. Si se pueden apreciar las gráficas, se empieza a ejecutar la prueba.

Figura 3. *Una forma de colocarse el sensor*



Nota. Elaboración propia

Proceso de recolección de datos

- Ajustes de los sensores: posterior al consentimiento informado, se colocaron los sensores en las manos de los participantes.
- Organización de los materiales: se colocaron las cinco muestras de jugo frente al estudiante, quien debía permanecer sentado y sin mover la mano donde tenía el sensor. También se le dio una galleta salada y agua. Es importante mencionar que las cinco muestras de jugo se les presentaban aleatoriamente a cada estudiante.
- Línea base: los primeros 30 segundos consistían en el registro de la línea base del participante, para asegurar que se estaban recolectando con calidad y hacer los ajustes necesarios.
- Registro de datos sensoriales: luego de este periodo, se le indicó al estudiante que probara la primera muestra y que la calificara en una escala hedónica de 9 puntos. Posterior a esto, se les pidió tomar un sorbo de agua y comer un pedazo de galleta salada, con el fin de que las respuestas electrofisiológicas regresaran a una línea base. Este proceso se repitió consecutivamente con las demás muestras hasta acabar la prueba.

Los datos obtenidos se registraron en ConsensysPRO y se descargaron en formato .CSV para el proceso de análisis. El siguiente paso fue el análisis de los datos obtenidos, en el que se realizó un análisis exploratorio con el fin de entender mejor los datos y su comportamiento.

Resultados y discusión

Para iniciar el desarrollo del tablero de datos, se llevó a cabo una exhaustiva limpieza de los datos recopilados en Python por cada estudiante, ya que algunos elementos como el nombre, ID, sexo y puntuaciones asignadas a cada tipo de jugo no se almacenaban automáticamente en el software. Se conservaron únicamente las columnas que contenían los factores fisiológicos relevantes, renombrando dichas columnas para mejorar su claridad y comprensión. Posteriormente, se integraron todos los archivos CSV de los estudiantes en un único conjunto de datos, consolidado y estructurado como fuente de datos para el tablero.

Para la limpieza de datos se utilizó Python, mientras que el análisis exploratorio se realizó en R, y la construcción del tablero interactivo se efectuó utilizando R Shiny, el cual se muestra en la *Figura 4*. Se utilizó este software por sus múltiples beneficios como su flexibilidad, opciones de personalización, y sobretodo que es gratuito y de código abierto. Este tablero representa un recurso valioso para empresas de la industria alimentaria que buscan mejorar sus procesos de aceptación de productos, comprendiendo qué factores fisiológicos y de preferencia influyen en la aceptación y obteniendo hallazgos clave sobre el impacto del estado físico y emocional en la percepción de los productos.

En el tablero de datos se ilustraron los promedios de puntuación de cada jugo, la frecuencia cardíaca antes y después de la prueba, así como la resistencia y conductancia de la piel y la distribución de las puntuaciones otorgadas. Todos los gráficos del tablero son interactivos, permitiendo filtrarse por variables como edad, sexo y el momento de la prueba (previo o posterior a la ingesta del jugo).

Figura 4. Tablero de datos final

Dashboard Prueba Sensorial

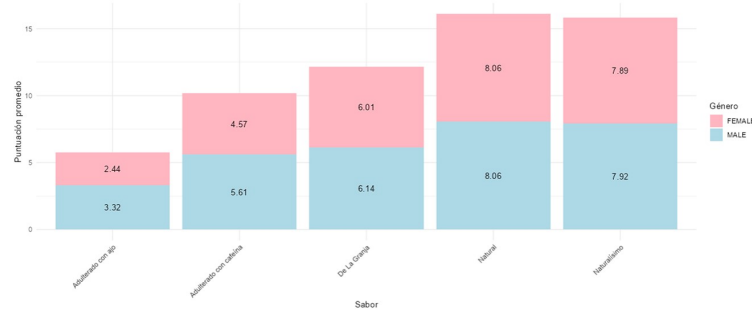
Edad:

Sexo:

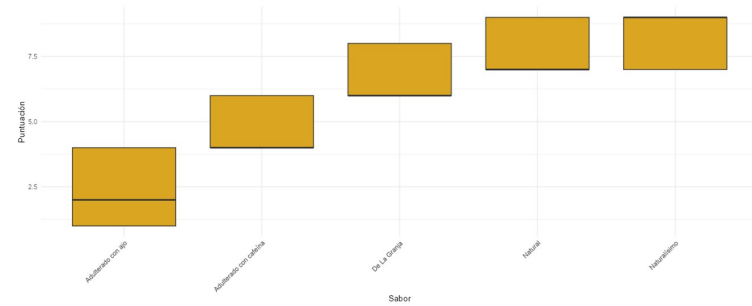
Sabor:

Tiempo:

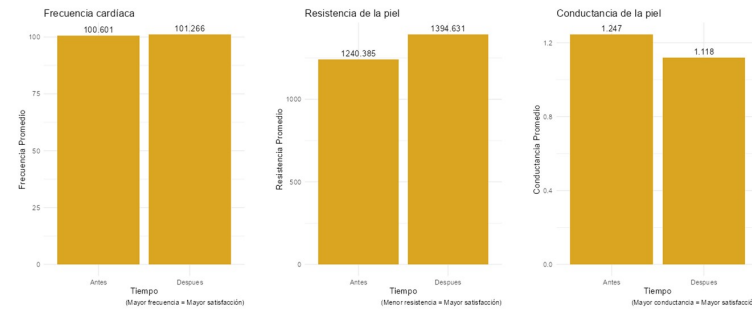
Puntuación promedio de cada jugo



Distribución de puntuaciones por jugo



Indicadores fisiológicos



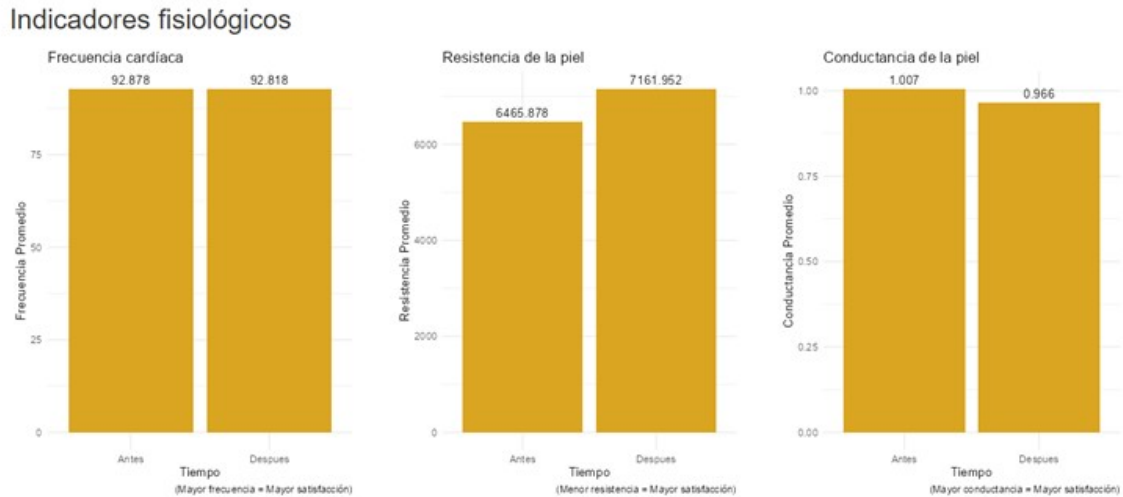
Nota. Elaboración propia

Al analizar los datos, se determinó que el jugo con mayor aceptación entre los consumidores fue el jugo de naranja natural, ya que evocó la mayor reacción positiva en las respuestas fisiológicas y en el puntaje. Mientras que el menos apreciado fue el jugo adulterado con ajo. Al realizar medias de los valores de las respuestas fisiológicas, se puede decir que, en general, las puntuaciones entre hombres y mujeres fueron similares, aunque los hombres calificaron ligeramente mejor los jugos, con la excepción del jugo de naranja natural, que obtuvo alta aceptación en ambos grupos, pero ligeramente mayor por parte de las mujeres. Por lo que se determina que no hay diferencia estadísticamente significativa entre los datos. Además, tanto el jugo de naranja natural como el jugo de la Marca 1 obtuvieron resultados positivos. Por otro lado, el jugo de la Marca 2 mantuvo una aceptación moderada y estable, mientras que las muestras adulteradas generaron rechazo, especialmente el jugo adulterado con ajo.

En cuanto a las respuestas fisiológicas, no se observaron diferencias significativas entre las muestras de jugos en las variables electrofisiológicas medidas. Este resultado podría estar influenciado por el periodo de pruebas, que coincidió con el cierre del semestre, un periodo de mayor estrés entre los estudiantes. Se sabe que el sistema nervioso autónomo de una persona bajo presión manifiesta respuestas atípicas, afectando, por ejemplo, la secreción de sudor. Aunque no hubo diferencias significativas en las respuestas antes y después de la ingesta de las muestras, se notaron ligeras variaciones al comparar el estado previo y posterior al consumo.

Las muestras con mayor aceptación provocaron un aumento en la conductancia de la piel, pues cuando el producto es bien recibido, el cuerpo responde de manera positiva, reflejándose en un incremento de la conductancia. En el caso de las muestras adulteradas, la respuesta corporal fue contraria, mostrando menor conductancia y mayor resistencia de la piel como se muestra en la Figura No.5, lo que se asocia a una respuesta de estrés (Tadeo, 2014).

Figura 5. Valores generales de la frecuencia cardíaca, resistencia y conductancia de la piel para la muestra de jugo adulterado con cafeína



Nota. Elaboración propia

Asimismo, la frecuencia cardíaca, que se relaciona estrechamente con emociones y estados internos, se incrementó en las muestras que causaron satisfacción, como los jugos naturales, mientras que en las muestras adulteradas disminuyó, probablemente debido a la sorpresa y el rechazo generados por el cambio en el aroma y sabor. Este tipo de respuesta fisiológica es inmediata y refleja una reacción emocional neutra del consumidor [32].

El análisis de datos reflejado en el tablero interactivo permitió identificar de manera precisa los factores fisiológicos y de preferencia que influyen en la aceptación de jugos entre los consumidores. El jugo de naranja natural y el de marca Marca 1 obtuvieron altos niveles de aceptación, mientras que las muestras adulteradas, especialmente la adulterada con ajo, generaron un claro rechazo. Las respuestas electrofisiológicas de los participantes mostraron que los jugos bien recibidos propiciaron un aumento en la conductancia de la piel y una mayor frecuencia cardíaca, indicativos de satisfacción. En contraste, las muestras adulteradas se asociaron con una disminución de la frecuencia cardíaca y un incremento en la resistencia de la piel, reflejando una respuesta de sorpresa y rechazo. Sin embargo, factores externos, como el periodo de estrés académico, pudieron haber afectado algunas de las respuestas fisiológicas, lo cual subraya la importancia de considerar el contexto de los participantes en futuros estudios.

Además, se proporciona información clave sobre la distribución de las respuestas fisiológicas y la aceptación de los productos. Permitted identificar relaciones significativas entre el agrado o rechazo y los cambios en la conductancia de la piel y la frecuencia cardíaca. Estos enfoques proporcionaron una base cuantitativa sólida para interpretar las reacciones del consumidor con un nivel de objetividad mayor al de las encuestas tradicionales. Este tipo de análisis resulta valioso para las empresas alimentarias, ya que proporciona información interesante sobre cómo los atributos del producto y el estado emocional del consumidor influyen en la aceptación, guiando la optimización de sus procesos de desarrollo y evaluación de productos.

La creación del protocolo de toma de datos no solo optimiza la consistencia y precisión en la captura de datos, sino que también minimiza los posibles errores y variaciones entre pruebas. Es una herramienta valiosa para replicar el estudio y comparar resultados con mayor fiabilidad, facilitando el trabajo de investigadores que deseen realizar estudios similares en el ámbito de la aceptación de productos alimenticios.

La respuesta galvánica de la piel es un indicador válido y sensible de la aceptación de estos productos, permitiendo evaluar de manera objetiva las reacciones emocionales del con-

sumidor. Este hallazgo resalta el valor de las métricas fisiológicas en estudios de aceptación de alimentos y abre oportunidades para su aplicación en otros productos de la industria alimentaria.

La implementación del tablero de datos ha permitido centralizar y visualizar de forma clara y accesible los datos recopilados, facilitando la interpretación de los resultados y la toma de decisiones. La capacidad interactiva del tablero proporciona una visión integral de las variables fisiológicas y de aceptación, posibilitando que los responsables de marketing y desarrollo de productos identifiquen patrones y ajusten sus estrategias de manera precisa. En conjunto, el tablero representa una herramienta estratégica para la industria alimentaria, mejorando la eficiencia en la adaptación de productos a las preferencias del consumidor. Para la construcción del tablero se optó por R Shiny, una plataforma gratuita y de código abierto que facilita el desarrollo de aplicaciones web interactivas sin necesidad de conocimientos avanzados en desarrollo web. Comparado con herramientas comerciales como Tableau o Power BI, Shiny ofrece una mayor flexibilidad en la personalización de visualizaciones y en la integración de análisis estadísticos avanzados directamente dentro de la aplicación. Además, al ser de código abierto, permite la replicabilidad del proyecto y su adaptación a otros entornos sin restricciones de licencia, lo que lo convierte en una opción accesible y escalable para investigadores y empresas.

Finalmente, este proyecto resalta la importancia del análisis de datos en la toma de decisiones basadas en evidencia dentro de la industria alimentaria. La integración de respuestas fisiológicas y herramientas interactivas de visualización de datos demuestra cómo las ciencias de la computación pueden optimizar procesos de investigación sensorial, permitiendo una comprensión más profunda de la aceptación de productos. Su aplicación en la industria alimentaria, no solo optimiza la toma de decisiones en el desarrollo de nuevos productos, sino que también abre nuevas posibilidades en la investigación del comportamiento del consumidor, consolidando el papel de la tecnología en la innovación del sector.

Recomendaciones

Es importante tener en cuenta que los sensores funcionan únicamente con versiones de Bluetooth 5.0 o superiores. En caso de que los electrodos del sensor no proporcionen lecturas o presenten inestabilidad, se recomienda aplicar una pequeña cantidad de crema humectante en las manos del sujeto y ajustar correctamente los electrodos. Para evitar interferencias en la lectura de los datos, es aconsejable mantener dispositivos electrónicos como teléfonos y relojes a una distancia considerable del sensor.

La combinación de datos sensoriales y subjetivos pueden dar una medida completa acerca de las preferencias de los consumidores. Los datos electrofisiológicos y percepciones visuales, marcas o información cultural ayudarán a la industria alimentaria. Considerar incluir estos datos en los tableros también podría facilitar la toma de decisiones en la introducción de alimentos.

Finalmente, se sugiere a los departamentos de análisis de datos de las empresas alimentarias que apliquen los hallazgos obtenidos en sus productos y consideren desarrollar modelos de predicción para anticipar qué productos elegirá un consumidor, basándose en las características conocidas de estos.

-
- [1] M. R. Domínguez, *Guía para la evaluación sensorial de alimentos*. La Habana, Cuba: Editorial Universitaria, 2007.
 - [2] L. Danner, S. Haindl, M. Joechl y K. Duerrschmid, «Facial expressions and autonomous nervous system responses elicited by tasting different juices,» *Food Research International*, vol. 64, págs. 81-90, 2014.
 - [3] S. Lagast, X. Gellynck, J. J. Schouteten, V. De Herdt y H. De Steur, «Consumers' emotions elicited by food: A systematic review of explicit and implicit methods,» *Trends in Food Science & Technology*, vol. 69, págs. 172-189, 2017.
 - [4] E. P. Köster, «Diversity in the determinants of food choice: A psychological perspective,» *Food Quality and Preference*, vol. 20, n.º 2, págs. 70-82, 2009.
 - [5] D. Chaffey y F. Ellis-Chadwick, *Digital Marketing: Strategy, Implementation and Practice*. Pearson Education, 2016.
 - [6] D. Stirrup, *Mastering Tableau 2021: Building effective dashboards to accelerate business decision making*. Packt Publishing, 2021.
 - [7] A. V. A. Resurrección, *Consumer Sensory Testing for Product Development*. Springer Science & Business Media, 2019.
 - [8] INCAP, *Diplomado a Distancia en Seguridad Alimentaria y Nutricional*, MDE/154.
 - [9] C. Salazar, «La neurociencia del consumidor como horizonte de investigación, conceptos y aplicaciones. Un enfoque paradigmático,» *Universidad & Empresa*, vol. 21, págs. 143-166, 2011.
 - [10] S. Few, *Information Dashboard Design: The Effective Visual Communication of Data*. O'Reilly Media, Inc., 2006.
 - [11] H. Kerzner, *Project Management Metrics, KPIs, and Dashboards: A Guide to Measuring and Monitoring Project Performance*. John Wiley & Sons, 2017.
 - [12] W. W. Eckerson, *Performance Dashboards: Measuring, Monitoring, and Managing Your Business*. John Wiley & Sons, 2011.
 - [13] N. Sclater, *Learning Analytics Explained*. Routledge, 2017.

- [14] D. Parmenter, *Key Performance Indicators: Developing, Implementing, and Using Winning KPIs*. John Wiley & Sons, 2015.
- [15] H. Wickham, *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer, 2016.
- [16] D. Eddelbuettel, *Seamless R and C++ Integration with Rcpp*. Springer, 2013.
- [17] M. Kuhn y K. Johnson, *Applied Predictive Modeling*. Springer, 2013.
- [18] W. Chang, J. Cheng, J. J. Allaire et al., *Shiny: Web Application Framework for R*. 2021, R package version 1.6.0.
- [19] Y. Xie, J. J. Allaire y G. Grolemond, *R Markdown: The Definitive Guide*. Chapman y Hall/CRC, 2018.
- [20] H. Tuorila y E. Monteleone, «Sensory food science in the changing society: Opportunities, needs, and challenges,» *Trends in Food Science & Technology*, vol. 20, n.º 2, págs. 54-62, 2009.
- [21] P. Rozin et al., «The value of food: Effects of the label .organic.ºn perceptions of healthfulness and taste,» *Appetite*, vol. 57, n.º 3, págs. 636-639, 2011.
- [22] H. N. J. Schifferstein et al., *Consumer-Driven Innovation in Food and Personal Care Products*. Woodhead Publishing, 2013.
- [23] J.-B. E. M. Steenkamp, *Dynamics in Consumer Behavior with Respect to Agricultural and Food Products*. Springer Science & Business Media, 1997.
- [24] P. Kotler y K. L. Keller, *Marketing Management*, 15th. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education, 2016.
- [25] H. Stone y J. L. Sidel, *Sensory Evaluation Practices*. Elsevier, 2004.
- [26] J. E. Manfugás, *Evaluación sensorial de los alimentos*. Editorial Universitaria (Cuba), 2020.
- [27] H. T. Lawless y H. Heymann, *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices*. Springer Science & Business Media, 2010.
- [28] H. Stone, R. Bleibaum y H. A. Thomas, *Sensory Evaluation Practices*. Elsevier, 2012.
- [29] A. M. Muñoz y E. Chambers, «Sensory shelf-life estimation: A case study,» *Food Quality and Preference*, vol. 15, n.º 6, págs. 635-644, 2004.
- [30] M. Meilgaard, G. V. Civille y B. T. Carr, *Sensory Evaluation Techniques*. CRC Press, 2006.
- [31] Shimmer, *Shimmer Discovery In Motion*, 2021. dirección: <https://shimmersensing.com>.
- [32] N. G. Bustamante Ovalle y F. A. Ruiz Cortes, *Análisis de la Frecuencia Cardíaca para determinar el Efecto de la Estimulación Musical en Estudiantes de Educación Superior*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2018.

11.1 Cronograma de actividades

Actividad	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
Estado del arte									
Definición del problema									
Investigación previa									
Pruebas									
Análisis de datos									
Elaboración del dashboard									
Redacción del informe									

Reuiones	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
Con el equipo									
Con stakeholders									

11.2 Prueba sensorial



11.3 Limpieza de datos

```
1 import pandas as pd
2
3 # Ruta al archivo CSV
4 ruta_al_csv = 'Prueba Sensorial Jugos (CSVs)/Participante 36.csv'
5
6 # Leer el archivo CSV y convertirlo en un DataFrame
7 df = pd.read_csv(ruta_al_csv, encoding='latin-1')
8
9 # Recortar las primeras 26 filas del DataFrame
10 df = df.iloc[26:]
11
12 # Restablecer el índice para que comience desde cero
13 df = df.reset_index(drop=True)
14 df.index = df.index + 1
15
16 # Lista de nuevos nombres de columnas
17 nuevos_nombres = ["Row", "Timestamp", "EventSource", "SlideEvent", "StimType", "Duration", "CollectionPhase", "SourceStimuliName",
18                  "EventSource", "SampleNumber", "Timestamp_RAW", "Timestamp_CAL", "System_Timestamp_CAL", "Wide_Range_Accelerometer_X_RAW",
19                  "Wide_Range_Accelerometer_X_CAL", "Wide_Range_Accelerometer_Y_RAW", "Wide_Range_Accelerometer_Y_CAL",
20                  "Wide_Range_Accelerometer_Z_RAW", "Wide_Range_Accelerometer_Z_CAL", "V_SenseRaw", "V_SenseCal",
21                  "Internal_ADC_A15_PPG_RAW", "Internal_ADC_A15_PPG_CAL", "GSR_RAW", "GSR_Resistance_CAL", "GSR_Conductance_CAL",
22                  "Heart_Rate_PPG_ALG", "TBI_PPG_ALG", "Packet_Reception_Rate_RAW"]
23
24 # Asignar los nuevos nombres de columnas al DataFrame
25 df.columns = nuevos_nombres
26
27 # Mantener solo las columnas que nos interesan
28 columnas_a_mantener = ["Timestamp", "SlideEvent", "StimType", "CollectionPhase", "SourceStimuliName", "GSR_Resistance_CAL",
29                       "GSR_Conductance_CAL", "Heart_Rate_PPG_ALG"]
30 df = df[columnas_a_mantener]
31
32 # Datos importantes a tomar en cuenta
33 name = "36"
34 age = "23"
35 gender = "MALE"
36
37 # Agregar las nuevas columnas con el mismo valor en cada fila
38 df['Respondent_Name'] = name
39 df['Respondent_Age'] = age
40 df['Respondent_Gender'] = gender
41
42 # Reemplaza los valores de -1 con NaN en la columna "Heart_Rate_PPG_ALG"
43 df['Heart_Rate_PPG_ALG'] = df['Heart_Rate_PPG_ALG'].astype(str).str.strip().replace('-1', "NaN")
```

```

1 # Crear una nueva columna llamada 'When'
2 df['When'] = 'TBD' # Asigna un valor por defecto a toda la columna
3
4 # Asignar valores de "Antes" y "Despues" a las filas de 'When' para cada juego
5 df.loc[12:3030, 'When'] = 'Antes'
6 df.loc[3031:4281, 'When'] = 'Despues'
7 df.loc[4301:8180, 'When'] = 'Antes'
8 df.loc[8181:9431, 'When'] = 'Despues'
9 df.loc[9449:11626, 'When'] = 'Antes'
10 df.loc[11627:12877, 'When'] = 'Despues'
11 df.loc[12897:14887, 'When'] = 'Antes'
12 df.loc[14888:16138, 'When'] = 'Despues'
13 df.loc[16151:18800, 'When'] = 'Antes'
14 df.loc[18801:20051, 'When'] = 'Despues'

1 # Crear las nuevas columnas 'Flavor' y 'Score' con valores por defecto
2 df['Flavor'] = 'TBD'
3 df['Score'] = 'TBD'
4
5 # Asignar valores dependiendo del valor en la columna 'codigo'
6 df.loc[df['SourceStimuliName'] == 'M-712', ['Flavor', 'Score']] = ['Adulterado con cafeina', '7']
7 df.loc[df['SourceStimuliName'] == 'M-108', ['Flavor', 'Score']] = ['Natural', '8']
8 df.loc[df['SourceStimuliName'] == 'M-309', ['Flavor', 'Score']] = ['De La Granja', '6']
9 df.loc[df['SourceStimuliName'] == 'M-023', ['Flavor', 'Score']] = ['Naturalisimo', '8']
10 df.loc[df['SourceStimuliName'] == 'M-575', ['Flavor', 'Score']] = ['Adulterado con ajo', '5']

1 # Guardar el DataFrame en un archivo CSV
2 df.to_csv('CSVs Limpios/Participante 36.csv', index=False)

```

11.4 Código para crear el *dataset* final

```

1 import pandas as pd
2 import os
3
4 # Ruta a la carpeta que contiene los archivos CSV
5 carpeta = 'C:/Users/xaviv/Dropbox/PC/Documents/1NG en CC y T1/Megaproyecto/CSVs Limpios'
6
7 # Obtener la lista de archivos en la carpeta
8 archivos_csv = [archivo for archivo in os.listdir(carpeta) if archivo.endswith('.csv')]
9
10 # Verificar que haya al menos un archivo CSV
11 if len(archivos_csv) > 0:
12     # Leer el primer archivo CSV para obtener las columnas y datos
13     df = pd.read_csv(os.path.join(carpeta, archivos_csv[0]))
14
15     # Iterar sobre los demás archivos CSV y unirlos sin duplicar las columnas
16     for archivo in archivos_csv[1:]:
17         df_actual = pd.read_csv(os.path.join(carpeta, archivo))
18         df = pd.concat([df, df_actual], ignore_index=True)
19
20     # Guardar el DataFrame combinado en un nuevo archivo CSV
21     df.to_csv('big_data.csv', index=False)
22     print('Archivos CSV combinados exitosamente.')
23 else:
24     print('No se encontraron archivos CSV en la carpeta.')
25

```

11.5 Promedios de las variables electrofisiológicas

```
1 import pandas as pd
2
3 # Ruta al archivo CSV
4 ruta_al_csv = 'big_data.csv'
5
6 # Leer el archivo CSV y convertirlo en un DataFrame
7 df = pd.read_csv(ruta_al_csv, encoding='latin-1')
8
9 # Mostrar las primeras filas del DataFrame
10 print(df.head())
```

```
1 # Filtrar el DataFrame para solo incluir filas con 'Antes' y 'Despues' en la columna 'When'
2 df_filtrado = df[df['When'].isin(['Antes', 'Despues'])]
3
4 # Especificar las columnas para las que quieres calcular el promedio
5 columnas_promedio = ['GSR_Resistance_CAL', 'GSR_Conductance_CAL', 'Heart_Rate_PPG_ALG']
6
7 # Calcular el promedio solo para las columnas de interés
8 tabla_promedio = df_filtrado.groupby(['Respondent_Name', 'When', 'SourceStimuliName'])[columnas_promedio].mean().reset_index()
```

```
1 # Exportar la tabla resultante a un archivo CSV
2 tabla_promedio.to_csv('resultados.csv', index=False)
```

resultados.xlsx							
	A	B	C	D	E	F	
1	Respondent_Name	When	SourceStimuliName	GSR_Resistance_CAL	GSR_Conductance_CAL	Heart_Rate_PPG_ALG	
2		1	Antes	M-023	2,899.01	0.35	88.05
3		1	Antes	M-108	2,547.53	0.39	89.52
4		1	Antes	M-309	2,721.48	0.37	89.43
5		1	Antes	M-575	2,991.85	0.33	89.32
6		1	Antes	M-712	2,735.98	0.37	81.76
7		1	Despues	M-023	3,000.65	0.33	91.80
8		1	Despues	M-108	2,596.34	0.39	89.62
9		1	Despues	M-309	2,831.67	0.35	91.25
10		1	Despues	M-575	2,958.26	0.34	93.22
11		1	Despues	M-712	2,641.82	0.38	88.11
12		2	Antes	M-023	1,850.31	0.54	82.03
13		2	Antes	M-108	1,159.93	0.87	67.65
14		2	Antes	M-309	1,480.88	0.68	83.36
15		2	Antes	M-575	2,145.44	0.47	76.89
16		2	Antes	M-712	2,171.61	0.46	82.41
17		2	Despues	M-023	2,096.99	0.48	79.36
18		2	Despues	M-108	1,309.88	0.76	74.57
19		2	Despues	M-309	1,652.18	0.61	88.05
20		2	Despues	M-575	2,341.91	0.43	72.99
21		2	Despues	M-712	2,148.26	0.47	84.96
22		3	Antes	M-023	3,534.37	0.28	102.64
23		3	Antes	M-108	3,323.60	0.30	98.58

11.6 Excel del conjunto de datos final

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Timestamp	SlideEvent	StimType	CollectionPhase	SourceStimuliName	OSR Resistance CAL	OSR Conductance CAL	Heart Rate PPG ALG	Respondent Name	Respondent Age	Respondent Gender	When	Flavor
0.535	StartSlide	TextImage	StimuliDisplay	M-712	2645.546431	0.3514262051	74	1	21	MALE	TBD	Adulto
8.0945				M-712	2645.546431	0.3514262051	74	1	21	MALE	TBD	Adulto
16.507				M-712	2645.546431	0.3514262051	74	1	21	MALE	TBD	Adulto
24.3195				M-712	2645.546431	0.3514262051	74	1	21	MALE	TBD	Adulto
32.132				M-712	2645.546431	0.3514262051	76	1	21	MALE	TBD	Adulto
39.9445				M-712	2645.546431	0.3514262051	76	1	21	MALE	TBD	Adulto
47.757				M-712	2645.546431	0.3514262051	76	1	21	MALE	TBD	Adulto
55.5695				M-712	2645.546431	0.3514262051	76	1	21	MALE	TBD	Adulto
63.382				M-712	2645.546431	0.3514262051	76	1	21	MALE	TBD	Adulto
71.1945				M-712	2645.546431	0.3514262051	76	1	21	MALE	TBD	Adulto
79.007				M-712	2645.546431	0.3514262051	76	1	21	MALE	TBD	Adulto
86.8195				M-712	2645.546431	0.3514262051	76	1	21	MALE	TBD	Adulto
94.632				M-712	2645.546431	0.3514262051	76	1	21	MALE	TBD	Adulto
97.3105	StartMedia	TextImage	StimuliDisplay	M-712	2645.546431	0.3514262051	76	1	21	MALE	TBD	Adulto
102.4445				M-712	2645.546431	0.3514262051	76	1	21	MALE	Antes	Adulto
110.257				M-712	2645.546431	0.3514262051	76	1	21	MALE	Antes	Adulto
118.0695				M-712	2645.546431	0.3514262051	76	1	21	MALE	Antes	Adulto
125.882				M-712	2645.546431	0.3514262051	76	1	21	MALE	Antes	Adulto
133.6945				M-712	2645.546431	0.3514262051	76	1	21	MALE	Antes	Adulto
141.507				M-712	2645.546431	0.3514262051	76	1	21	MALE	Antes	Adulto
149.3195				M-712	2645.546431	0.3514262051	76	1	21	MALE	Antes	Adulto
157.132				M-712	2645.546431	0.3514262051	76	1	21	MALE	Antes	Adulto
164.9445				M-712	2641.955636	0.351870302	76	1	21	MALE	Antes	Adulto

11.7 Protocolo de toma de datos

Protocolo de recolección de datos para evaluación sensorial mediante respuesta galvánica de la piel

Objetivo

Establecer un protocolo para la recolección de datos sensoriales mediante sensores de respuesta galvánica de la piel con el fin de comparar las reacciones antes y después de consumir un producto y medir la valoración subjetiva del participante sobre el producto.

Descripción General

Este protocolo permite la recolección de datos para estudios sensoriales en los que se analiza la respuesta fisiológica de los participantes ante estímulos de consumo de productos. Los datos obtenidos permitirán evaluar cambios fisiológicos y subjetivos (puntaje de satisfacción) para cada producto, antes y después de su consumo.

Definición de Variables y Parámetros

- **ID del Participante:** Identificador único asignado a cada participante.
- **Edad:** Edad del participante en años.
- **Frecuencia Cardíaca (FC):** Medida en latidos por minuto (BPM) antes y después de consumir el producto.
- **Conductancia de la Piel (CP):** Medida en microsiemens (μS), tomada antes y después del consumo del producto.
- **Resistencia de la Piel (RP):** Medida en ohmios (Ω), antes y después del consumo.
- **Calificación del Producto (Puntaje):** Valoración subjetiva del producto por el participante en una escala de 1 a 9 (o según se decida).

Procedimiento de Recolección de Datos

Preparación del Participante

1. A cada participante se le asigna un **ID único** y se registra su **edad**.
2. Explicar el procedimiento al participante, asegurando que comprende los pasos de la prueba y la función de los sensores.

Preparación de los Sensores

1. Colocar los sensores en el participante, asegurando que estén bien ajustados para medir:
 - Frecuencia Cardíaca (FC).
 - Conductancia de la Piel (CP).
 - Resistencia de la Piel (RP).
2. El sensor se coloca en la muñeca de la mano no dominante y los electrodos se colocan alrededor de los dedos. Para una mejor precisión en las lecturas, se recomienda colocarlos en las yemas de los dedos, pero para mayor comodidad y más importante aún si deben realizar movimientos físicos con la mano, se recomienda colocarlos más abajo o hasta debajo de los dedos.
3. Los electrodos que miden las respuestas galvánicas de la piel se colocan en el dedo medio y anular, mientras que el electrodo que mide la frecuencia cardíaca se coloca en el dedo pulgar.
4. En caso de que los electrodos del sensor no proporcionen lecturas o presenten inestabilidad, se recomienda aplicar una pequeña cantidad de crema humectante en las manos del sujeto y ajustar correctamente los electrodos.

Recolección de Datos por Estímulo

Para cada producto a evaluar:

1. **Medición Inicial:** Registrar la FC, CP y RP antes del consumo del producto (etiqueta "Pre").
2. **Consumo del Producto:** El participante consume el producto de prueba.
3. **Medición Posterior:** Registrar nuevamente la FC, CP y RP después del consumo del producto (etiqueta "Post").
4. **Calificación del Producto:** Solicitar al participante que otorgue un puntaje al producto.

Repetición del Procedimiento

- Repetir los pasos anteriores para cada producto a evaluar en la prueba.

Criterios de Inclusión y Exclusión

- **Inclusión:** Participantes que acepten los términos de la prueba sensorial, comprendan el procedimiento y no presenten condiciones de salud que alteren las mediciones (como enfermedades cardiovasculares o de la piel).
- **Exclusión:** Participantes que no puedan completar el procedimiento, o presenten conductas que alteren los datos (movimiento excesivo, desconexión de sensores).

Control de Calidad de los Datos

- **Calibración:** Verificar que los sensores están correctamente calibrados antes de cada sesión.
- **Validación de Datos:** Realizar un doble registro o revisar que los datos de cada medición (Pre/Post) estén completos antes de que el participante abandone el estudio.
- **Consistencia de Mediciones:** Asegurar que las mediciones se realicen en el mismo orden y bajo las mismas condiciones para todos los participantes.

Almacenamiento y Seguridad de los Datos

- Todos los datos (ID, edad, mediciones fisiológicas y calificaciones) serán almacenados en una base de datos protegida, cumpliendo con normativas de privacidad y confidencialidad.
- Los datos se almacenarán en formato digital seguro, con acceso restringido al equipo investigador.

Análisis de los Datos

- Los datos se analizarán comparando las mediciones Pre/Post de cada parámetro fisiológico para cada producto.
- Se calcularán estadísticas descriptivas de las calificaciones otorgadas a cada producto.
- Si es posible, se realizará un análisis correlacional entre los cambios fisiológicos y las calificaciones subjetivas.

11.8 Resumen estadístico descriptivo

Resumen Estadístico Descriptivo

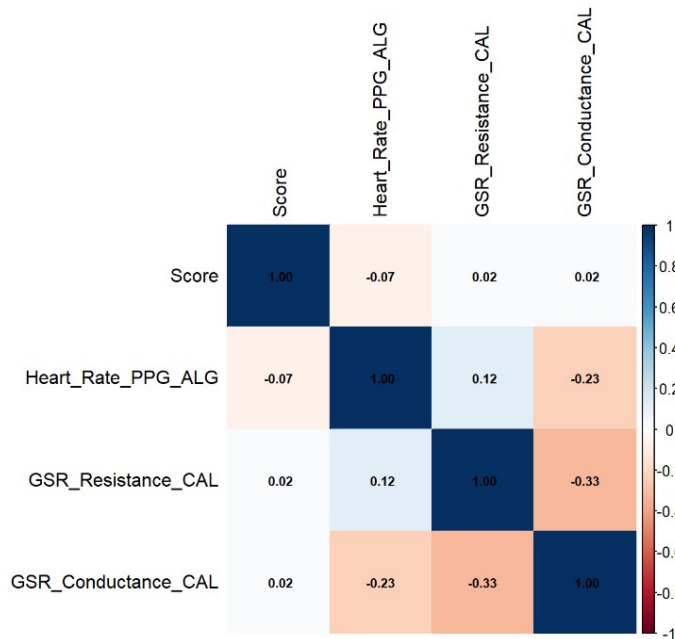
```
summary(select_if(data, is.numeric))
```

```
##   Timestamp      GSR_Resistance_CAL GSR_Conductance_CAL Heart_Rate_PPG_ALG
## Min.   : 56.36   Min.   : 216.1   Min.   :0.008658   Min.   : -1.00
## 1st Qu.: 46891.81 1st Qu.: 686.3   1st Qu.:0.361194   1st Qu.: 84.00
## Median : 93721.26 Median : 1285.9 Median :0.777667   Median : 91.00
## Mean   : 99909.57 Mean   : 7284.0 Mean   :0.981727   Mean   : 91.94
## 3rd Qu.:144344.22 3rd Qu.: 2768.6 3rd Qu.:1.457143   3rd Qu.: 99.00
## Max.   :306590.87 Max.   :115500.0 Max.   :4.627892   Max.   :213.00
##                NA's   :3                NA's   :3                NA's   :170550
## Respondent_Name Respondent_Age      Score
## Min.   : 1.0     Min.   :17.00   Min.   :1.00
## 1st Qu.:10.0    1st Qu.:19.00   1st Qu.:4.00
## Median :20.0    Median :21.00   Median :6.00
## Mean   :18.8    Mean   :20.52   Mean   :5.85
## 3rd Qu.:27.0    3rd Qu.:22.00   3rd Qu.:8.00
## Max.   :36.0    Max.   :24.00   Max.   :9.00
##
```

11.9 Correlación entre variables

Correlación entre Variables Fisiológicas y Puntuaciones

```
correlaciones <- cor(select(data, Score, Heart_Rate_PPG_ALG, GSR_Resistance_CAL, GSR_Conductance_CAL), use = "complete.obs")  
corrplot(correlaciones, method = "color", addCoef.col = "black", tl.col = "black", number.cex = 0.7)
```



11.10 Comparación de medias antes y después de la frecuencia cardíaca

Comparación de Medias Antes y Después (Frecuencia Cardíaca)

```
heart_test <- t.test(Heart_Rate_PPG_ALG ~ When, data = data)  
heart_test
```

```
##  
## Welch Two Sample t-test  
##  
## data: Heart_Rate_PPG_ALG by When  
## t = -56.508, df = 323297, p-value < 2.2e-16  
## alternative hypothesis: true difference in means between group Antes and group Despues is not equal to 0  
## 95 percent confidence interval:  
## -2.348146 -2.190715  
## sample estimates:  
## mean in group Antes mean in group Despues  
## 91.35851 93.62794
```