

**Análisis del uso de diversos edulcorantes en bebidas funcionales y su impacto en la percepción sensorial**

Andrés Felipe Bosa Cañón

Miguel Ángel Pablos Perea

Facultad de ingeniería, Universidad EAN

Especialización en Gerencia de Proyectos y Machine Learning

Seminario de Investigación Especialización

Mr. Emanuel Elberto Ortiz Ruiz

Bogotá D.C, Colombia 18 de mayo de 2025

## Resumen

El estudio analiza el impacto de diversos edulcorantes en la percepción sensorial de bebidas funcionales, dada la creciente demanda de productos con bajo contenido de azúcar. Se evalúa cómo influyen estos compuestos en dulzura, retrogusto y textura, considerando su aceptación por parte del consumidor. La investigación se fundamenta en estudios previos sobre edulcorantes naturales y artificiales, destacando sus efectos en la percepción y en la intención de compra. Se busca identificar la opción más adecuada para optimizar el desarrollo de bebidas saludables y competitivas en el mercado.

Palabras clave: edulcorantes, percepción sensorial, bebidas funcionales, dulzura, consumo, innovación.

## Problema de Investigación

### Antecedentes del problema.

La innovación en productos funcionales dentro de la industria de alimentos y bebidas ha sido impulsada por el creciente interés de los consumidores en alternativas más saludables y sostenibles. De acuerdo con Euromonitor International (2022), el mercado de bebidas funcionales ha mostrado un crecimiento significativo, impulsado por la demanda de productos que ofrezcan beneficios adicionales para la salud, como el fortalecimiento del sistema inmunológico, la reducción del estrés y el aumento de energía. En este contexto, la reformulación con edulcorantes alternativos representa un desafío clave para las empresas del sector.

La incorporación de edulcorantes en la formulación de bebidas funcionales responde a la necesidad de reducir el contenido de azúcar sin afectar el sabor ni la aceptación del consumidor. Investigaciones previas han demostrado que la percepción sensorial de un producto varía considerablemente según el tipo de edulcorante empleado, impactando no solo la dulzura, sino también el retrogusto y la sensación en boca (Drewnowski & Rehm, 2021). Además, la creciente preferencia por ingredientes naturales ha llevado a un incremento en el uso de edulcorantes como

la estevia, el eritritol y los polioles, en contraste con la disminución del empleo de opciones artificiales como el aspartame y la sucralosa (Mooradian, Smith & Tokuda, 2017).

Investigaciones recientes han señalado que algunos edulcorantes pueden generar sabores residuales o modificar la percepción de otras características sensoriales en las bebidas, lo que influye en la preferencia del consumidor (Chen et al., 2020). Asimismo, se ha identificado que ciertos edulcorantes artificiales están asociados con posibles efectos adversos para la salud, lo que impacta negativamente la intención de compra (Sylvetsky et al., 2019). En contraste, el estudio de Liska et al. (2019) sugiere que los edulcorantes de origen natural pueden mejorar la aceptación del producto, ya que los consumidores los perciben como opciones más saludables.

## **Descripción del problema**

En la actualidad, se busca desarrollar una nueva línea de bebidas funcionales con bajo contenido de azúcar que conserve una alta aceptación sensorial entre los consumidores. La elección del edulcorante adecuado representa un reto, ya que la sustitución de la sacarosa por otras alternativas puede alterar el perfil organoléptico del producto y afectar su competitividad en el mercado.

Dado que la percepción sensorial es un factor determinante en la preferencia del consumidor, resulta esencial analizar cómo distintos edulcorantes influyen en características como la dulzura, el retrogusto y la textura del producto. La ausencia de estudios específicos en el contexto local sobre la aceptación de bebidas funcionales con diferentes edulcorantes hace que sea necesario obtener información detallada para respaldar la toma de decisiones en el proceso de desarrollo de productos.

## **Pregunta de investigación**

¿Cómo influyen los diferentes tipos de edulcorantes utilizados en bebidas funcionales en la percepción sensorial del consumidor, y cual sería la opción más adecuada para mejorar la aceptación del producto?

## Objetivos

### Objetivo general

Evaluar el impacto de los diferentes tipos de edulcorante utilizados en bebidas funcionales sobre la percepción sensorial del consumidor, con el fin de identificar la opción más adecuada para optimizar la aceptación del producto.

### Objetivos específicos

Analizar las características sensoriales de diferentes edulcorantes empleados en bebidas funcionales, considerando dulzor, retrogusto y sensación en boca.

Determinar la preferencia del consumidor por bebidas funcionales formuladas con distintos tipos de edulcorantes a través estudios de pruebas sensoriales realizados en la industria o la academia.

Analizar la aplicación teórica de Machine Learning en la identificación del edulcorante no calórico óptimo para la reformulación de bebidas funcionales, considerando estudios previos y su impacto en la percepción sensorial y aceptación del consumidor

Comparar la percepción de naturalidad de los edulcorantes en función de la opinión del consumidor.

Identificar tendencias y/o patrones de consumo en relación con la elección de bebidas funcionales con edulcorantes alternativos.

Proponer recomendaciones para la selección del edulcorante óptimo en la formulación de bebidas funcionales, considerando la aceptación del consumidor y la viabilidad del producto.

## Justificación

Las nuevas regulaciones junto con el constante cambio en la dinámica del mercado de bebidas funcionales provocan que la industria esté en constante exploración e innovación de su portafolio. Estos cambios deben estar muy bien enfocados en satisfacer las necesidades del mercado, los clientes y los objetivos de las empresas, así como en cumplir con las exigencias normativas aplicables. Es crucial definir el rumbo de estas iniciativas: ya sea incursionar en el mercado con productos innovadores, mejorar la imagen de productos existentes, o ser más eficientes a través de cambios en procesos y materias primas. Además, la adopción de nuevas regulaciones relacionadas con la salud pública, como la regulación del contenido de azúcar en los alimentos, impulsa a la industria a buscar alternativas más saludables y aceptables para los consumidores.

En este contexto, la elección de edulcorantes adecuados es esencial. Los edulcorantes no solo afectan el perfil nutricional del producto, sino también su percepción sensorial, lo cual es determinante para la aceptación del consumidor. Por lo tanto, investigar cómo diferentes tipos de edulcorantes influyen en la percepción sensorial es clave para desarrollar productos saludables y atractivos. Esta investigación permitirá a las empresas innovar y adaptarse a las nuevas demandas del mercado, asegurando que sus productos cumplan con las regulaciones y satisfagan las expectativas de los consumidores.

Actualmente, el creciente interés de los consumidores por los alimentos más saludables y sostenibles impulsa la necesidad de investigar y reformular productos con edulcorantes alternativos. Esto puede ayudar a las empresas a satisfacer esta demanda y mejorar su competitividad en el mercado. Además, abordar la reducción del consumo de azúcar es crucial para combatir problemas de salud como la obesidad y la diabetes. Al identificar edulcorantes que mantengan un buen sabor, podemos desarrollar productos que ayuden a las personas a llevar una dieta más saludable.

Con esta investigación y sus resultados, las empresas obtendrán información clave sobre cómo los consumidores perciben diferentes edulcorantes. Esto les ayudará a tomar decisiones informadas al innovar en la formulación de sus productos o en la creación de nuevos productos, asegurando que sean bien aceptados en el mercado. Además, el estudio contribuirá al conocimiento académico en el campo

de la ciencia de los alimentos, al analizar la relación entre los edulcorantes y la percepción sensorial. También permitirá explorar cómo diferentes edulcorantes afectan características sensoriales específicas como la dulzura, el retrogusto y la textura.

## Marco Teórico

En esta investigación, se explora el uso de diversos edulcorantes en bebidas funcionales y su impacto en la percepción sensorial del consumidor. La reformulación de bebidas con edulcorantes alternativos responde a la creciente demanda de productos con bajo contenido de azúcar, sin afectar su aceptación sensorial y su competitividad en el mercado.

### 1. Edulcorantes

Según la European Food Safety Authority (2024), Los edulcorantes son aditivos empleados para endulzar alimentos y bebidas, como refrescos, postres y productos bajos en calorías o destinados al control de peso. Algunos, como la sucralosa o el aspartamo, son considerablemente más dulces que el azúcar. Pueden obtenerse de extractos vegetales, derivados de plantas, síntesis química o procesos biotecnológicos con microorganismos, como en el caso del eritritol.

Aunque muchas sustancias con sabor dulce se usan como edulcorantes, la normativa de la Unión Europea no clasifica como tales a los monosacáridos, disacáridos y ciertos alimentos que los contienen, a pesar de su función edulcorante en diversas aplicaciones.

#### 1.1 Tipos de edulcorantes

Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de Argentina (2014), los edulcorantes se pueden clasificar en dos grupos principales:

- **Edulcorantes nutritivos:** Son aquellos que, al ser consumidos, aportan 4 kilocalorías por gramo. En este grupo se incluyen la sacarosa (azúcar), la glucosa, la fructosa, la miel y los polialcoholes, como el sorbitol, el manitol y el xilitol, los cuales proporcionan 2.4 kcal por gramo.
- **Edulcorantes no nutritivos:** Son compuestos que endulzan sin aportar calorías o cuyo contenido calórico es insignificante debido a la pequeña cantidad utilizada. Se caracterizan por su alto poder edulcorante. Algunos de ellos tienen un límite máximo de uso en ciertos productos, como alimentos reducidos en calorías o bebidas con menor contenido

energético.

Otra forma de clasificarlos es según su origen:

- **Edulcorantes naturales o calóricos:** Proceden de alimentos o sustancias naturales.
- **Edulcorantes artificiales o no calóricos:** Son compuestos con un elevado poder edulcorante que no aportan calorías. En muchos casos, se combinan diferentes tipos de edulcorantes para potenciar su efecto endulzante.

En la siguiente tabla se presentan los principales edulcorantes, clasificándolos según su tipo, su capacidad de endulzar en relación con el azúcar, sus usos más comunes y su estatus regulatorio según la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA) (MedlinePlus, 2023).

**Tabla 1.** Principales edulcorantes: tipos, propiedades y aplicaciones.

<b>Edulcorante</b>	<b>Tipo</b>	<b>Dulzura relativa vs. sacarosa</b>	<b>Usos y características</b>
Aspartamo (Equal, NutraSweet)	Nutritivo	220 veces más dulce	No resiste el calor, se usa en bebidas; etiquetado obligatorio para personas con fenilcetonuria (FCN); posible carcinógeno según un grupo experto, pero la FDA lo considera seguro.
Sucralosa (Splenda)	No nutritivo	600 veces más dulce	Usado en bebidas, postres congelados, jugos y gelatinas; resistente al calor, apto para cocinar y hornear.
Sacarina (Sweet 'N Low, Sweet Twin, NectaSweet)	No nutritivo	200-700 veces más dulce	Se usa en bebidas y alimentos dietéticos; puede tener un retrogusto amargo o metálico; no apto para cocinar u hornear.

Estevia (Truvia, Pure Via, Sun Crystals)	No nutritivo	Depende del extracto utilizado	Derivado de la planta <i>Stevia rebaudiana</i> ; considerado suplemento dietético; reconocido como seguro por la FDA.
Acesulfamo K (Sunett, Sweet One)	No nutritivo	200 veces más dulce	Termoestable, usado en bebidas y productos bajos en calorías, junto con otros edulcorantes; similar en sabor y textura al azúcar.
Neotamo (Newtame)	No nutritivo	7,000-13,000 veces más dulce	Se usa en bebidas dietéticas y alimentos; apto para hornear y como endulzante de mesa
Fruta del monje (Luo Han Guo)	No nutritivo	100-250 veces más dulce	Extraído de una fruta parecida al melón; termoestable, apto para hornear y cocinar; más concentrado que el azúcar.
Advantame	No nutritivo	20,000 veces más dulce	Se usa como edulcorante general; termoestable, apto para hornear; poco utilizado.

**Nota.** Adaptado de (MedlinePlus, 2023)

## 1.2 Propiedades funcionales de los edulcorantes.

Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de Argentina (2014), Los edulcorantes no solo aportan dulzor, sino que también desempeñan otras funciones en los alimentos.

Por ejemplo, pueden equilibrar ciertos sabores, como reducir la astringencia de la uva o suavizar el picante del chocolate. Algunos edulcorantes calóricos, como el jarabe de maíz alto en fructosa, actúan como conservantes en mermeladas y gelatinas, ya que ayudan a inhibir el crecimiento microbiano. En el caso de las carnes curadas, se utilizan tanto para su conservación como para potenciar su sabor.

Además, en productos horneados contribuyen al desarrollo del color y el sabor mediante reacciones como la caramelización y la reacción de Maillard. También aportan cuerpo, textura y una mejor palatabilidad en jarabes, dulces, helados y productos de panificación, mejorando así su calidad

sensorial.

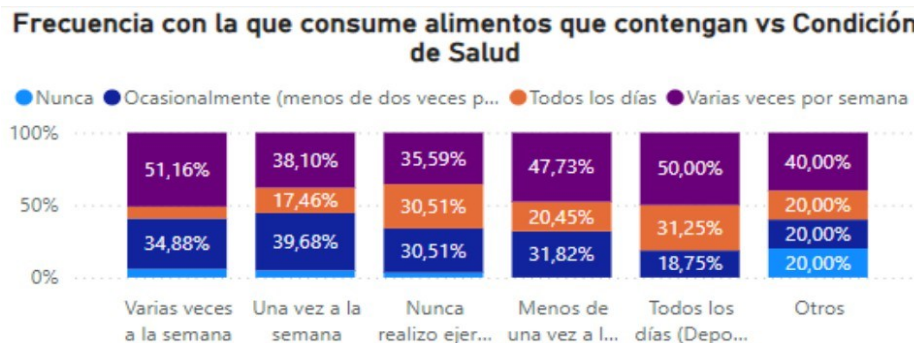
### **1.3 Beneficios para la salud**

Sustituir el azúcar añadido por edulcorantes puede ayudar a reducir el riesgo de caries dentales. Además, estos sustitutos no elevan los niveles de glucosa en la sangre, lo que los convierte en una alternativa útil para quienes necesitan regular su consumo de azúcar. También pueden contribuir al control del peso en niños y adultos con sobrepeso u obesidad a corto plazo, ya que suelen tener un bajo o nulo contenido calórico. No obstante, aún no se ha determinado con certeza su efectividad en la gestión del peso a largo plazo. En última instancia, lo más importante es mantener una alimentación equilibrada y acompañarla de actividad física regular para favorecer la salud en general. (Mayo Clinic, 2023)

### **1.4 Salud física y alimentación baja en calorías**

Existe una correlación significativa entre la frecuencia de ejercicio y el consumo de alimentos edulcorados. Las personas que entrenan a diario tienen una mayor tendencia a consumir estos productos varias veces por semana (50%). En contraste, quienes no practican ejercicio presentan una distribución más equilibrada, con un 35.59% que los consume varias veces por semana y un 30.51% que los ingiere diariamente. Asimismo, en la categoría "Otros", se observa una polarización en los hábitos de consumo, con un 40% que los consume varias veces por semana y un 20% diariamente. Estos datos indican que quienes realizan actividad física con regularidad tienden a incorporar estos alimentos con mayor frecuencia en su dieta (Lerma Celada, Acevedo Quintero, & Suárez, 2024)

**Figura 1.** Frecuencia de consumo de edulcorantes versus condición de salud.



*Nota.* tomado de (Lerma Celada, Acevedo Quintero, & Suárez, 2024)

### 1.5 Afecciones a la salud

El 15 de mayo del 2023, la OMS emitió una guía en la que desaconseja el uso de edulcorantes artificiales como estrategia para controlar el peso o prevenir enfermedades no transmisibles, ya que su consumo prolongado no ofrece beneficios y podría representar riesgos para la salud. El informe indica que estos edulcorantes no contribuyen a la reducción de grasa corporal y podrían incrementar el riesgo de desarrollar diabetes tipo 2 y enfermedades cardiovasculares (Lassale & Palomar, 2023)

Según Lassale y Palomar (2023) esta recomendación se basa en una revisión exhaustiva de estudios observacionales y de intervención que analizaron su impacto en la obesidad, caries dental, diabetes, enfermedades cardiovasculares, cáncer, enfermedad renal crónica y conducta alimentaria. Aunque la OMS no encontró una relación concluyente entre los edulcorantes y el cáncer, algunos estudios sugieren que un consumo elevado, especialmente de sacarina, podría estar relacionado con el cáncer de vejiga, aunque la evidencia es limitada y de baja calidad. Esto ha generado debate sobre la seguridad de los edulcorantes en relación con el riesgo de cáncer.

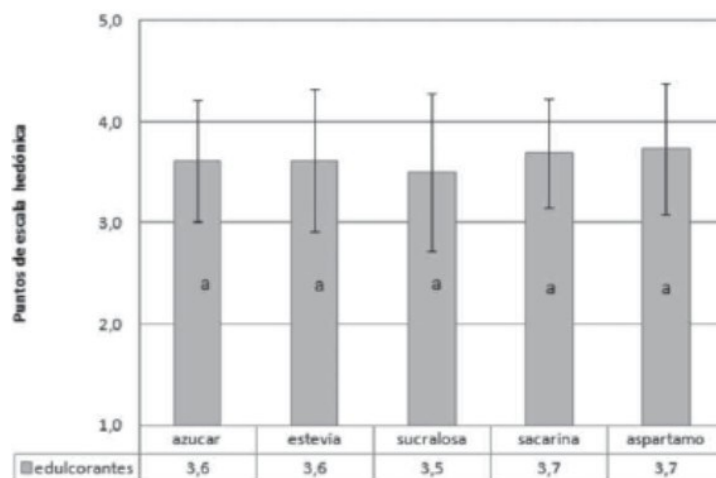
### 1.6 Estudio previo sobre el uso de edulcorantes en bebidas.

Un estudio cualitativo, prospectivo y observacional realizado por Delgado, Berrios y Arancibia (2015), evaluó la aceptabilidad sensorial de jugos de naranja endulzados con diferentes edulcorantes (azúcar, estevia, sucralosa, sacarina y aspartamo) en un panel de 59 estudiantes universitarios. Se realizaron pruebas de aroma y sabor mediante una escala hedónica de cinco puntos, y los resultados fueron analizados estadísticamente a través de ANOVA y el test de DUNCAN.

Los hallazgos indicaron que el aroma no se veía afectado por el tipo de edulcorante, pero sí se encontraron diferencias significativas en el sabor. Los jugos endulzados con azúcar y sucralosa fueron los mejor valorados, mientras que aquellos con sacarina obtuvieron la menor aceptación. Se observaron diferencias en la percepción según el sexo de los evaluadores: los hombres tendieron a preferir jugos con sucralosa, sacarina y estevia, mientras que las mujeres mostraron mayor aceptación por los endulzados con azúcar y aspartamo. (Delgado, Berrios, & Arancibia, 2015).

La figura 1. Representa los resultados que obtuvieron Delgado, Berrios y Arancibia (2015) en cuanto a la aceptabilidad de jugos de naranja con diferentes edulcorantes de acuerdo con el aroma.

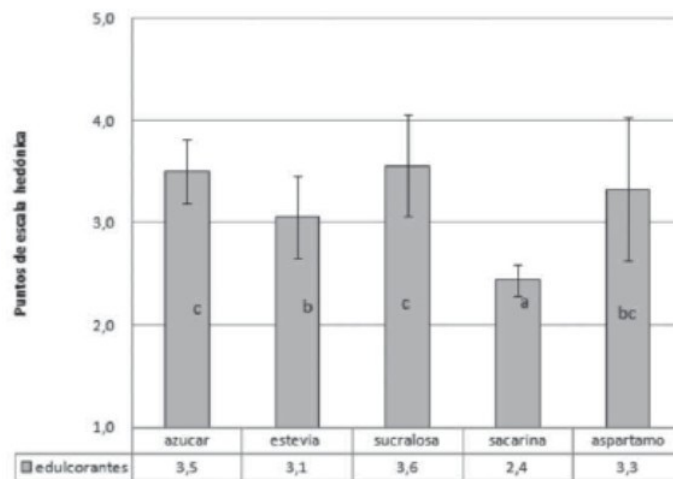
**Figura 2.** Aceptabilidad de jugos de naranja con diferentes edulcorantes de acuerdo con el aroma.



*Nota.* tomado de (Delgado, Berrios, & Arancibia, 2015).

La figura 2. Representa los resultados que obtuvieron Delgado, Berrios y Arancibia (2015) en a la aceptabilidad de jugos de naranja con diferentes edulcorantes de acuerdo con el sabor.

**Figura 3.** Aceptabilidad de jugos de naranja con diferentes edulcorantes de acuerdo con el sabor.



*Nota.* tomado de (Delgado, Berrios, & Arancibia, 2015).

Los resultados coinciden con investigaciones previas que destacan la sucralosa como un edulcorante con un perfil sensorial similar al azúcar y sin sabor residual amargo, lo que la hace una opción viable para reducir el consumo de azúcar en productos industrializados. Asimismo, el estudio enfatiza la necesidad de desarrollar alternativas edulcorantes que mantengan la aceptabilidad sensorial y respalden estrategias de salud pública para reducir el consumo de azúcares añadidos, considerando su relación con el aumento de obesidad y enfermedades metabólicas. (Delgado, Berrios, & Arancibia, 2015).

## 2. Bebidas funcionales

Un alimento funcional es aquel que, además de aportar nutrientes esenciales para el organismo, contiene un componente con una acción específica que contribuye a mejorar alguna función biológica. Este componente puede ser un nutriente o una sustancia no nutritiva que genera un efecto fisiológico adicional, brindando beneficios que van más allá de la simple nutrición. Su consumo puede estar asociado con la prevención de enfermedades o la mejora del bienestar general, lo que permite que se le atribuyan propiedades funcionales e incluso efectos positivos para la salud, siempre que su eficacia esté respaldada por evidencia científica. (Amador et al., 2003)

## 2.1 Características y beneficios

Las bebidas funcionales han ganado popularidad en el mercado debido a su capacidad para proporcionar beneficios adicionales a la salud, ya sea de forma natural o mediante la adición de ingredientes nutracéuticos. Estos ingredientes incluyen vitaminas, minerales, prebióticos, probióticos, polifenoles y otros compuestos bioactivos que pueden ayudar a mejorar la salud digestiva, cardiovascular, ósea y mental, entre otras. La regulación de estos productos permite que las empresas comuniquen sus beneficios a través de declaraciones de propiedades saludables (CLAIMS), reguladas por normativas nacionales e internacionales (Naranjo Gómez, 2022).

**Tabla 2.** Clasificación de Bebidas Funcionales.

<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>	<b>Ejemplos de Ingredientes Funcionales</b>	<b>Beneficios Potenciales</b>
<b>Bebidas funcionales naturales</b>	Contienen compuestos bioactivos sin necesidad de fortificación.	Antioxidantes naturales del té verde, polifenoles de frutas.	Reducción del estrés oxidativo, mejora de la salud cardiovascular.
<b>Bebidas fortificadas</b>	Enriquecidas con vitaminas, minerales o compuestos bioactivos.	Calcio de leche, omega-3, proteínas aisladas de soya.	Fortalecimiento óseo, mejora del rendimiento cognitivo y físico.
<b>Bebidas prebióticas y probióticas</b>	Contienen microorganismos benéficos o sustancias que favorecen su crecimiento.	Inulina, fibra prebiótica, lactobacilos.	Mejora de la salud intestinal, refuerzo del sistema inmunológico.
<b>Bebidas energéticas y estimulantes</b>	Diseñadas para aumentar la energía y el rendimiento físico o mental.	Caféina, guaraná, taurina, creatina.	Aumento del estado de alerta, mejora del rendimiento físico.

<b>Bebidas relajantes o anti-estrés</b>	Contienen extractos botánicos con efectos calmantes.	Pasiflora, valeriana, extractos florales.	Reducción del estrés y mejora de la calidad del sueño.
<b>Bebidas cosmeceúticas</b>	Incorporan ingredientes con beneficios para la piel y la apariencia física.	Coenzima Q10, aloe vera, colágeno.	Retraso del envejecimiento, mejora de la hidratación de la piel.

*Nota.* Adaptado de (Naranjo Gómez, 2022).

## 2.2. Tendencias actuales en el mercado de bebidas funcionales

Las bebidas funcionales representan una tendencia creciente en el mercado de alimentos y bebidas, con un alto potencial de crecimiento debido a la demanda de productos que aporten beneficios adicionales a la salud. La segmentación de estos productos permite dirigirse a diferentes poblaciones con necesidades específicas, y su éxito depende del cumplimiento de normativas y de la validación científica de sus beneficios. La industria tiene la oportunidad de innovar continuamente y desarrollar productos que combinen sabor, practicidad y propiedades saludables, consolidándose como una opción atractiva para los consumidores modernos. (Naranjo Gómez, 2022).

**Tabla 3.** Segmentación del Mercado de Bebidas Funcionales

Segmento de Consumo	Características Principales	Ejemplos de Ingredientes
<b>Niños y adolescentes</b>	Bebidas enriquecidas con nutrientes esenciales para el crecimiento.	Calcio, hierro, zinc, vitaminas.
<b>Mujeres</b>	Enfocadas en la salud ósea, control de peso y bienestar general.	Isoflavonas, colágeno, omega-3.

<b>Deportistas</b>	Diseñadas para mejorar el rendimiento y la recuperación muscular.	Proteínas, aminoácidos, electrolitos.
<b>Adultos mayores</b>	Productos que ayudan a mantener la salud ósea, cardiovascular y cognitiva.	Polifenoles, ácidos grasos esenciales, antioxidantes.

*Nota.* Adaptado de (Naranjo Gómez, 2022).

### 2.3 Estudio previo de edulcorantes en una bebida funcional y su perfil sensorial

El estudio evaluó el efecto de la leche de soya, pasta de cacao y distintos edulcorantes en una bebida funcional mediante un diseño ADEVA trifactorial y la prueba de Tukey. Se analizaron 12 formulaciones con 36 unidades experimentales, midiendo color, olor, sabor y apariencia con 30 catadores no entrenados (Moreira-Macías et al., 2023).

**Tabla 4.** Resultados del Análisis de Varianza (Valor-P)

Variable	A	B	C	A*B	A*C	B*C	ABC
<b>Color</b>	1.000	0.000*	0.000*	0.007*	0.000*	0.000*	0.000*
<b>Olor</b>	0.000*	0,043*	0.053*	0,043*	0.034*	0.045*	0.000*
<b>Sabor</b>	0.000*	0.000*	0.000*	0.037*	0.012*	0.033*	0.022*
<b>Apariencia</b>	0.000*	0.000*	0.023*	0.000*	0.007*	0.015*	0.010*

**\*Significativo (p<0.05), NS: No significativo.**

*Nota.* Tomado de (Moreira-Macías et al., 2023).

Los resultados indicaron que la mejor combinación para el color fue 50 mL de leche de soya, 10 g de cacao y sacarosa, para el olor 50 mL de leche de soya, 10 g de cacao y panela, para el sabor 50 mL de leche de soya, 10 g de cacao y stevia, y para la apariencia 50 mL de leche de soya, 10 g de cacao y panela (Moreira-Macías et al., 2023).

**Tabla 5.** Mejores Combinaciones según la Prueba de Tukey

Variable	Factor A (Leche de soya)	Factor B (Cacao)	Factor C (Edulcorante)
Color	50 mL	10 g	Sacarosa
Olor	50 mL	10 g	Panela
Sabor	50 mL	10 g	Stevia
Apariencia	50 mL	10 g	Panela

*Nota.* Tomado de (Moreira-Macías et al., 2023).

Se concluye que el tipo de edulcorante y la concentración de cacao influyen significativamente en las propiedades sensoriales, mientras que la cantidad de leche de soya no afectó el color. Se recomienda estudiar formulaciones con mayor concentración de ingredientes (Moreira-Macías et al., 2023).

## 2.4 Los alimentos funcionales en el mercado

Rubiano Carmona (2014) asegura que las observaciones exploratorias permitieron caracterizar la oferta de alimentos y bebidas funcionales en Medellín, destacando productos que promueven beneficios saludables.

### Exhibición de Productos

En los almacenes de cadena Éxito y Carulla, los productos están organizados por categorías con buena señalización, iluminación, promociones y precios visibles en góndolas. En contraste, MercaSano, un mercado pequeño, exhibe productos en estanterías de madera sin mucha publicidad, destacando marcas emergentes y algunas importadas sin precios visibles (Rubiano Carmona, 2014).

### Variedad de Productos

Los yogures son la categoría más desarrollada en los almacenes de cadena, con opciones que favorecen la digestión, fortalecen defensas y contienen probióticos. También hay variedad de bebidas funcionales, incluyendo leches sin lactosa, aguas saborizadas con ingredientes naturales y maltas con acai y guaraná. La categoría de galletas y granolas destaca por sus ingredientes integrales y altos en fibra (Rubiano Carmona, 2014).

En MercaSano, toda la oferta es funcional, con productos altos en proteínas, bajos en grasa, sin conservantes y con ingredientes alternativos. Se encuentran jugos verdes, bebidas energizantes naturales, claras de huevo, arepas con chía y Whey Protein, quesos bajos en grasa, frutos secos y cereales integrales. También ofrece opciones horneadas saludables como panes, harinas y brownies con proteína, además de papas fritas en aceite de oliva, mantequillas de maní con endulzantes naturales y barras de proteína para deportistas (Rubiano Carmona, 2014).

En general, la oferta de alimentos funcionales en Medellín está en crecimiento, con mayor variedad en almacenes de cadena y productos especializados en mercados locales (Rubiano Carmona, 2014).

### **3. Percepción sensorial**

El Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP, 2020) destaca que el objetivo principal de la Ciencia y Tecnología de los Alimentos es procurar por todos los medios un aumento tanto de la cantidad como de la calidad de los alimentos producidos, ante una población mundial creciente y ante el predominio cada vez mayor de la producción industrial de alimentos sobre la producción casera, es en esta parte donde tiene su aplicación la Evaluación Sensorial.

Actualmente, las pruebas sensoriales representan las técnicas más efectivas para evaluar las características organolépticas de un alimento, ya que no existen dispositivos mecánicos o electrónicos que reemplacen la evaluación realizada por un experto capacitado. A través del entrenamiento y el estudio de las percepciones, es posible obtener tanto respuestas afectivas como analíticas. En el contexto de normativas internacionales de calidad, el análisis sensorial proporciona herramientas sencillas para determinar el nivel de aceptación de un producto (Picallo, 2009).

### **3.1 Flavor**

Soto Zamora (2018) explica que el flavor de un alimento resulta de la combinación de las sensaciones de sabor y aroma. Este se debe a la presencia de numerosas moléculas, aunque las de menor tamaño son las que tienen un mayor impacto, ya que alcanzan rápidamente la nariz, donde son percibidas. El sabor es una sustancia química que puede estar compuesta por un único compuesto o por una mezcla de varios, ya sean de origen natural o sintético, y su función principal es aportar total o parcialmente un determinado sabor sin ser consumido por sí mismo. Los sabores están formados por sustancias aromáticas seleccionadas para aportar notas específicas a la mezcla final.

### **3.2. Estímulos sensoriales**

Los estímulos que percibe un consumidor se clasifican en mecánicos (textura del alimento), térmicos (sensación de frío o calor), luminosos (color del producto), acústicos (sonido al masticar), químicos (sabor y aroma) y eléctricos (reacciones bioeléctricas en el organismo) (Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, 2014)

El consumidor sigue una secuencia de percepción al evaluar un alimento: primero el color, luego el olor, seguido de la textura percibida por el tacto, posteriormente el sabor y, por último, el sonido que produce al ser masticado e ingerido (Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, 2014)

#### **3.2.1 Los Sentidos en la Evaluación Sensorial**

Los cinco sentidos permiten identificar propiedades de los alimentos y responder preguntas como su origen, frescura, almacenamiento y vida útil (Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, 2014)

#### **Vista**

El ojo humano es el encargado de percibir el color, la apariencia, la forma, el tamaño, el

brillo y la consistencia visual de un alimento. Además, la percepción del color influye en la interpretación de los sabores, ya que muchas veces se asocian a experiencias previas del consumidor (Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, 2014).

### Olfato

El sentido del olfato, ubicado en la nariz, permite percibir los olores y aromas de los alimentos. Para que una sustancia pueda ser detectada, debe ser volátil y soluble en agua, permitiendo que los vapores lleguen a las células olfatorias y sean interpretados en la corteza cerebral (Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, 2014)

Existen siete olores primarios que el ser humano puede percibir: alcanforado (alcanfor), almizclado (almizcle), floral (flores), mentolado (menta), etéreo (éter), picante (pimienta) y pútrido (alimentos en descomposición). Sin embargo, el olfato se fatiga con el tiempo, lo que significa que, tras una exposición prolongada a un mismo olor, el cerebro deja de percibirlo, aunque sigue detectando otros aromas (Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, 2014)

### Gusto

La lengua es el órgano encargado de la percepción del gusto. Sus papilas gustativas pueden identificar cuatro sabores fundamentales:

- **Dulce:** Se percibe en la punta de la lengua y está presente en alimentos como azúcar y miel.
- **Salado:** Se detecta en toda la lengua y es característico de la sal y los snacks.
- **Ácido:** Se percibe en los laterales de la lengua y está presente en alimentos como el limón y el vinagre.
- **Amargo:** Se encuentra en la parte posterior de la lengua y se asocia con alimentos como el café y el cacao puro (Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, 2014)

El sabor de un alimento es el resultado de la combinación del olor, el aroma y el gusto. Por ello, cuando una persona está resfriada, su capacidad para percibir los sabores disminuye considerablemente (Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, 2014)

## Tacto

El sentido del tacto permite percibir la textura, viscosidad, adhesividad, dureza y otras características de los alimentos, tanto a través de la piel como de la lengua (Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, 2014)

Las características de la textura se dividen en:

- **Mecánicas:** Relacionadas con la respuesta del alimento a la deformación, como la dureza y elasticidad.
- **Geométricas:** Asociadas con la forma y orientación de las partículas del alimento, como la granulosis o porosidad.
- **Composición:** Relacionadas con la presencia aparente de ciertos componentes, como la harinosidad o humedad (Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, 2014)

## Oído

El oído cumple un papel en la evaluación sensorial a través del sonido que produce un alimento al ser masticado e ingerido, lo que influye en la percepción de su textura y frescura (Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, 2014)

El oído humano se divide en tres partes:

- **Oído externo:** Capta los sonidos.
- **Oído medio:** Transmite las vibraciones.
- **Oído interno:** Convierte las señales en impulsos nerviosos que llegan al cerebro.

Además de su función auditiva, el oído también es responsable del equilibrio corporal gracias al aparato vestibular, que regula la orientación espacial del cuerpo (Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, 2014)

### 3.3 Métodos de evaluación sensorial

### 3.3.1 Métodos de Respuesta Objetiva

El juez evalúa sin considerar su preferencia personal, basándose en conocimientos previos y criterios estandarizados. Se requiere entrenamiento y repetibilidad en los juicios (Wittig de Penna, 2001).

**Tabla 6.** Pruebas de respuesta objetiva

Tipo de Prueba	Descripción
Pruebas de Valoración	Evalúan la calidad de manera rápida mediante escalas
Pruebas de Diferencia	Detectan diferencias entre muestras comparadas
Pruebas Analíticas	Determinan características específicas y perfiles sensoriales

*Nota.* adaptado de (Wittig de Penna, 2001).

#### Tipos de Pruebas de Valoración

- Prueba Descriptiva: Permite evaluar hasta seis muestras según una escala de calidad de "excelente" a "malo". No requiere panel entrenado.
- Prueba Numérica: Asigna un valor en una escala del 0 al 100 para ponderar la calidad. Necesita panel entrenado.
- Prueba de Puntaje Compuesto: Evalúa múltiples variables (color, olor, sabor, textura, etc.), expresando los resultados en una escala de 100 puntos (Wittig de Penna, 2001).

### 3.3.2. Métodos de Respuesta Subjetiva

El juez emite una opinión basada en su percepción y preferencia, sin entrenamiento previo, permitiendo evaluar factores psicológicos que influyen en la aceptación del producto (Wittig de Penna, 2001).

**Tabla 7.** Pruebas de Respuesta Subjetiva

<b>Tipo de Prueba</b>	<b>Descripción</b>
<b>Pruebas de Preferencia</b>	Evalúan la preferencia del consumidor entre dos o más productos
<b>Pruebas de Aceptabilidad</b>	Determinan si un producto es aceptado o rechazado por los consumidores

*Nota.* adaptado de (Wittig de Penna, 2001).

### **Tipos de Pruebas de Preferencia**

- Preferencia Simple o Pareada: Comparación directa entre dos productos.
- Ordenamiento: Se clasifican los productos según preferencia.
- Escala Hedónica: Se mide el grado de agrado en una escala sensorial (Wittig de Penna, 2001).

### **Tipos de Pruebas de Aceptabilidad**

- Panel Piloto: Grupo reducido de consumidores para evaluación preliminar.
- Panel de Consumidores: Evaluación con un gran número de personas sin entrenamiento (Wittig de Penna, 2001).

### **3.4 Metodología de Evaluación Sensorial**

El diseño experimental es clave para obtener resultados confiables. En pruebas como el Test Numérico, se definen características de calidad y se presentan las muestras en bloques balanceados (Wittig de Penna, 2001).

Ejemplo de distribución de muestras en pruebas de selección:

1. Se presentan las muestras en sesiones organizadas en bloques de tratamiento.
2. Cada juez evalúa distintas combinaciones de muestras.
3. Se analizan los datos estadísticamente para determinar el mejor producto.

En estudios comparativos, como el Test de Puntaje Compuesto, se ponderan varias características del producto dentro de una escala de 100 puntos, lo que permite identificar atributos deficientes y diferenciar productos de alta y baja calidad (Wittig de Penna, 2001).

#### **4. Asuntos regulatorios de alimentos en Colombia**

En Colombia, la regulación de los edulcorantes se enmarca en la normativa de etiquetado nutricional y frontal de alimentos. La Resolución 810 de 2021 del Ministerio de Salud y Protección Social establece los requisitos que deben cumplir los alimentos envasados o empacados para consumo humano, incluyendo la información sobre edulcorantes (Ministerio de Salud y Protección Social [MinSalud], 2021).

Posteriormente, la Resolución 2492 de 2022 introdujo modificaciones significativas, reemplazando los sellos circulares por octagonales y añadiendo advertencias específicas para edulcorantes. Según esta resolución, cualquier cantidad de edulcorantes en un producto debe ser informada mediante un sello que indique "contiene edulcorantes" (MinSalud, 2022). Esta medida busca garantizar que los consumidores estén plenamente informados sobre la presencia de edulcorantes en los productos que adquieren.

Es importante destacar que estas regulaciones también abarcan aspectos relacionados con la publicidad, promoción y patrocinio de alimentos y bebidas dirigidos a niños, niñas y adolescentes, con el objetivo de promover hábitos de consumo más saludables en la población (MinSalud, 2022).

#### **5. Factores que influyen en las preferencias y elecciones de los consumidores**

Las preferencias y elecciones de los consumidores de bebidas funcionales están influenciadas por diversos factores, incluyendo percepciones de salud, ingredientes, estrategias de marketing y tendencias de consumo.

Uno de los principales determinantes es la percepción de beneficios para la salud, ya que

los consumidores buscan productos que prometan mejorar la digestión, aumentar la energía o reforzar el sistema inmunológico. En el Reino Unido, por ejemplo, se ha popularizado el consumo de cafés con "hongos funcionales" ricos en omega-3 y vitaminas, especialmente entre los jóvenes de 16 a 34 años (AS.com, 2025).

Otro factor clave es la preferencia por ingredientes naturales y la ausencia de aditivos artificiales. Un estudio realizado en Alemania evidenció que muchas aguas saborizadas contienen edulcorantes artificiales, lo que ha generado preocupaciones sobre sus efectos en la salud (El HuffPost, 2025).

Las estrategias de marketing y tendencias sociales también juegan un papel importante. Las campañas publicitarias que asocian estas bebidas con estilos de vida saludables han incrementado su atractivo entre los jóvenes. En España, el consumo de bebidas energéticas en adolescentes ha aumentado debido a estrategias de marketing que las vinculan con una imagen de rebeldía y alto rendimiento (El País, 2024).

Por último, la disponibilidad y accesibilidad también determinan el consumo, ya que los productos funcionales con amplia distribución en supermercados y plataformas en línea suelen tener mayor demanda.

En conclusión, la preferencia por bebidas funcionales está influenciada por una combinación de factores relacionados con la salud, la percepción de los ingredientes, el marketing y el contexto demográfico de los consumidores.

## **6. Aprendizaje Automático como herramienta para la Selección de Edulcorantes**

En el contexto de esta investigación, resulta valioso apoyarse en herramientas avanzadas de análisis de datos para determinar qué edulcorante ofrece el mejor desempeño en bebidas funcionales. El Aprendizaje Automático, comúnmente conocido como Machine Learning (ML), se plantea como una técnica apropiada para este propósito.

El aprendizaje automático, es un campo de la inteligencia artificial que permite a los

sistemas aprender de los datos, identificar patrones y mejorar su rendimiento sin necesidad de programación explícita. Se basa en algoritmos que ajustan sus parámetros de manera iterativa para optimizar la toma de decisiones con mínima intervención humana (DataScientest, s.f.).

En esencia, un algoritmo de ML mejora su desempeño en una tarea conforme recibe más experiencia (datos de entrenamiento). De hecho, Mitchell (1997) lo define formalmente así: “un programa aprende de la experiencia E con respecto a cierta tarea T y una medida de desempeño P, si su desempeño en T, medido por P, mejora con E” (Mitchell, 1997, p. 2). En otras palabras, el modelo aprende de ejemplos previos para resolver de forma autónoma tareas específicas, sin estar programado explícitamente para cada caso (Berzal, 2018). El ML experimento un crecimiento significativo en la década de 1990 debido a la mejora en el poder computacional y la disponibilidad de grandes volúmenes de datos. (Robots Authority, 2024).

Existen diferentes tipos de aprendizaje automático, comúnmente agrupados en tres categorías principales: supervisado, no supervisado y por refuerzo. En el aprendizaje supervisado, el algoritmo entrena usando ejemplos de entrada con sus respectivas salidas conocidas (etiquetas) para aprender una función que prediga el resultado a partir de nuevas entradas (Sarker, (2021). Técnicas supervisadas clásicas incluyen la regresión (cuando la variable objetivo es continua) y la clasificación (cuando se busca asignar categorías) (Buskirk et al., 2018). Por otro lado, el aprendizaje no supervisado no utiliza una variable dependiente conocida, sino que busca descubrir estructuras subyacentes en los datos, como agrupaciones o patrones comunes (Buskirk et al., 2018).

Finalmente, el aprendizaje por refuerzo involucra algoritmos que aprenden mediante prueba y error, recibiendo recompensas o castigos según sus acciones, común en sistemas de control y juegos.

Ahora bien y una vez estudiado todo el contexto de los edulcorantes, una de las aplicaciones más novedosas de ML es el análisis de señales cerebrales para entender cómo el organismo percibe distintos edulcorantes. Mediante tecnologías como la electroencefalografía (EEG), es posible registrar la actividad neuronal en respuesta a estímulos de sabor dulce, y luego

utilizar algoritmos de ML para hallar diferencias sutiles en esas señales. Estos enfoques permiten ir más allá de los cuestionarios de sabor tradicionales, revelando respuestas implícitas del sistema nervioso que podrían pasar desapercibidas para el propio catador.

Algunos ejemplos destacados de esta línea de investigación son:

### **Clasificación de edulcorantes mediante redes neuronales en EEG**

En un estudio de 2022, Atzingen et al. registraron señales EEG de sujetos que probaban jugo de maracuyá endulzado alternativamente con azúcar (sacarosa) o con edulcorantes no calóricos (sucralosa y aspartame). Emplearon una red neuronal profunda de tipo convolucional (CNN) para analizar directamente las señales EEG crudas, dejando que el modelo “aprendiera” los patrones distintivos asociados a cada edulcorante. La CNN logró identificar características ocultas en las ondas cerebrales y clasificar correctamente el edulcorante consumido, superando otros métodos tradicionales que requerían procesar previamente las señales con técnicas más complejas. En otras palabras, el algoritmo detectó diferencias en la respuesta neuronal a pesar de que los tres endulzantes producían un dulzor de intensidad equivalente. Cabe resaltar que la red tuvo especial facilidad para distinguir los edulcorantes bajos en calorías (sucralosa y aspartame) y prácticamente no los confundió con el azúcar; de hecho, ningún patrón de sucralosa fue malinterpretado como azúcar, aunque ocasionalmente las muestras de azúcar se clasificaron como si fuesen de edulcorante. Esto sugiere que el cerebro de los participantes respondió de manera suficientemente diferente al azúcar vs. a los sustitutos, al punto que la IA pudo separarlos, lo cual coincide con hallazgos previos de que solo el azúcar activa por completo ciertos circuitos de recompensa dopaminérgica en el cerebro. Este experimento demuestra el potencial de usar aprendizaje profundo sobre EEG para evaluar objetivamente el impacto sensorial-neurológico de distintos edulcorantes.

### **Uso de árboles de decisión para diferenciar estímulos dulces en EEG**

Otra investigación (Romeo-Arroyo et al., 2022) exploró la combinación de datos EEG con respuestas declaradas de los participantes para comprender la percepción de dulzor. Se presentaron distintos tipos de estímulos: aromas dulces vs. no dulces, soluciones de sabor

dulce vs. sabores no dulces, e incluso alimentos con flavor dulce (sabor+aroma) vs. no dulce. Mientras los participantes evaluaban su agrado y emociones, se registraba la actividad cerebral. Posteriormente, mediante algoritmos de ML, los datos fueron entrenados con un modelo supervisado basado en árboles de decisión para clasificar las respuestas EEG, logrando discriminar en cierta medida qué tipo de estímulo había recibido la persona (por ejemplo, identificar si la señal correspondía a oler vainilla dulce o a saborear una solución azucarada).

Los modelos lograron identificar patrones diferenciales en la activación cerebral según si el estímulo tenía cualidad dulce o no. Sin embargo, un hallazgo importante fue la falta de correlación clara entre los datos implícitos del EEG y las respuestas explícitas de gusto o emoción de los participantes. Es decir, aunque se observaron diferencias significativas en las calificaciones de agrado y en las emociones reportadas para los distintos edulcorantes o aromas, esas diferencias no se reflejaron de forma evidente en parámetros sencillos del EEG. Los autores concluyen que las medidas neurofisiológicas aportan información complementaria valiosa, pero todavía es complejo interpretarlas y relacionarlas directamente con la percepción consciente; se requieren más investigaciones y quizás algoritmos ML más sofisticados para aprovechar plenamente las señales EEG en este contexto

El enfoque de estos estudios neurocientíficos apoyados por ML abre una vía innovadora para evaluar edulcorantes. Al registrar la actividad cerebral, es posible captar reacciones inmediatas y automáticas del organismo ante un sabor, revelando diferencias en procesamiento neuronal que podrían influir en la preferencia a largo plazo. En adelante, una integración de EEG + ML en estudios de desarrollo de producto podría ayudar a seleccionar edulcorantes que no solo endulcen, sino que también interpreten y reproduzcan mejor la respuesta neuro-sensorial del azúcar, optimizando así la experiencia del consumidor a un nivel profundo.

Otra aplicación importante de ML en este ámbito es la predicción de la percepción sensorial (intensidad de dulzor, sabor residual, perfil organoléptico) a partir de la composición química o formulación de un producto. Tradicionalmente, para saber cómo sabrá una bebida con cierto

edulcorante, había que prepararla y someterla a catas y análisis sensorial; pero con suficientes datos, los algoritmos pueden aprender las relaciones entre ingredientes y percepciones, permitiendo estimar de antemano qué tan dulce y agradable resultará una determinada combinación. Algunas que destacan son:

### **Modelos químicos-sensoriales (caso de las fresas y compuestos volátiles)**

Un estudio extenso en 2021 realizado por Fan et al. (2021) investigó qué factores químicos eran responsables de la percepción de dulzor y la preferencia del consumidor en fresas. Se analizaron 148 genotipos de fresa a lo largo de siete años, midiendo tanto su composición (azúcares, ácidos orgánicos y 113 compuestos volátiles aromáticos) como las evaluaciones sensoriales de paneles de más de 100 consumidores por muestra. Usando técnicas estadísticas avanzadas y modelos de Machine Learning, los investigadores descubrieron que cierto grupo de moléculas aromáticas (compuestos volátiles) aumentaban la intensidad de dulzor percibido de la fruta independientemente del contenido de azúcar. En total identificaron 20 volátiles con efecto potenciador del dulzor (y varios de ellos también mejoraban la aceptación gustativa). Al incorporar estas variables aromáticas en modelos predictivos de la apreciación de la fresa, los algoritmos lograron explicar un 25% más de la variación en la percepción de dulzor y en el agrado del consumidor en comparación con modelos que solo consideraban los azúcares y ácidos tradicionales. Este resultado demuestra cómo el ML puede manejar la complejidad de múltiples factores sensoriales: en lugar de atribuir el dulzor solo al azúcar, el modelo aprendió que ciertos olores (e.g. notas a vainilla, a ciertos ésteres) hacen que la fresa sepa más dulce de lo que sugeriría su azúcar. En el contexto de bebidas, este hallazgo sugiere estrategias innovadoras, como añadir aromas naturales sin calorías que refuercen la impresión de dulzor. Con herramientas de ML es posible predecir qué compuestos o ingredientes contribuirían a que una formulación se perciba más dulce y placentera, optimizando así la receta (por ejemplo, reduciendo azúcar pero añadiendo un aroma sin calorías que “engañe” al paladar para sentir más dulzor).

### **Plataformas de predicción de dulzor a partir de ingredientes**

Existen softwares especializados que integran modelización matemática y ML para asistir en el desarrollo de fórmulas alimentarias. Por ejemplo, la plataforma Food Solver permite ingresar la composición de una formulación (incluyendo qué edulcorantes y en qué concentraciones) y, basándose en modelos entrenados con datos previos, predice la respuesta de dulzor que generaría esa mezcla. En esencia, el sistema relaciona la concentración de diversas moléculas edulcorantes y açúcares con la intensidad de dulzor resultante, pudiendo incluso simular cómo cambiaría el perfil dulce tras ciertos procesos productivos. Esto habilita a los desarrolladores a ajustar virtualmente las dosis hasta acercarse a un perfil objetivo (por ejemplo, lograr que una bebida endulzada con stevia+eritritol imite lo más posible el sabor de referencia dado por sacarosa). Dichas herramientas ejemplifican cómo el ML hace el desarrollo más eficiente: en vez de confiar únicamente en prueba y error con paneles humanos, se puede filtrar primero numerosas opciones en un “laboratorio virtual de sabores”, identificando las combinaciones más prometedoras para luego validarlas experimentalmente.

### **Lenguas electrónicas impulsadas por IA:**

Paralelamente a los modelos totalmente in-silico, es decir, mediante simulación computacional, los sensores electrónicos de sabor, también conocidos como e-tongues, han avanzado significativamente. Estos dispositivos imitan la función de la lengua humana utilizando conjuntos de sensores químicos, que trabajan en conjunto con algoritmos de ML para interpretar las señales recolectadas. Un ejemplo de esto es una lengua electrónica desarrollada por investigadores de Penn State y NASA, la cual utiliza una serie de transistores sensibles (basados en grafeno) capaces de distinguir pequeñas diferencias en la composición de líquidos. Destaca debido a que no utiliza sensores especializados para cada sustancia, si no que emplea sensores genéricos no selectivos cuyo patrón combinado de respuesta es analizado por una IA que imita la forma en que el córtex gustativo del cerebro procesaría el sabor. Inicialmente, entrenando al sistema con parámetros definidos por humanos, el e-tongue alcanzó alrededor de un 80% de exactitud en la identificación de diferencias químicas entre muestras. Pero al permitir que el algoritmo de ML ajustara por sí

mismo los parámetros a partir de los datos brutos de los sensores (es decir, usando aprendizaje automático más autónomo), la precisión superó el 95%. Esta notable mejora destaca cómo el uso de la IA mediante ML es crucial para extraer el máximo rendimiento de los sensores, detectando variaciones sutiles que escapan a métodos convencionales. En pruebas, esta lengua electrónica logró distinguir entre líquidos muy similares (por ejemplo, distintos tipos de leche, distintas gaseosas saborizadas con edulcorantes, o diferentes blends de café) e incluso detectar indicios de deterioro/calidad en jugos de fruta. En aplicaciones prácticas, dispositivos así pueden asegurar la consistencia de perfiles de dulzor en la producción de bebidas: por ejemplo, verificar que cada lote de una gaseosa dietética tenga “el dulzor justo” y un sabor homogéneo, sin necesidad de recurrir constantemente a catadores humanos.

En conjunto, estas herramientas de ML enfocadas al perfil sensorial permiten optimizar la reformulación de bebidas sin azúcar antes incluso de pasar a pruebas extensivas con consumidores. Al aprovechar datos históricos de formulaciones, información química y sensores biomiméticos, podemos modelar cómo se sentirá el dulzor y otros atributos, e identificar estrategias para cerrar brechas con respecto al azúcar (sea incorporando ciertos volátiles, modulando combinaciones de edulcorantes para evitar defectos, etc.). Esto sienta bases más sólidas al decidir qué edulcorante (o mezcla de edulcorantes) es el mejor candidato para una nueva bebida funcional, considerando no solo su poder edulcorante sino también cómo se experimentará ese dulzor de forma integral (Markey, Lovegrove y Methven, 2015).

Dado que una gran proporción de nuevos alimentos y bebidas fracasan tras su lanzamiento, se han desarrollado modelos de ML para anticipar las preferencias del consumidor antes de comercializar el producto. Estas herramientas permiten relacionar parámetros objetivos de la bebida (p. ej., composición química, atributos de color, nivel de carbonatación o intensidad de dulzor) con las respuestas sensoriales esperadas. Por ejemplo, en cervezas se ha logrado predecir eficientemente el agrado del consumidor: González Viejo et al. (2019) emplearon 15 indicadores de color y formación de espuma medidos por visión computarizada (sistema RoboBEER) como insumos de una red neuronal, logrando correlaciones muy altas ( $R \approx 0,98$ ) entre los valores

predichos y la aceptabilidad real (medida en una escala hedónica). Modelos así permiten acelerar el desarrollo al identificar formulaciones prometedoras in-silico, sirviendo como método de selección rápida de aceptabilidad sensorial durante la reformulación.

Además de predecir la aceptabilidad a partir de la composición, la IA puede evaluar directamente las reacciones subconscientes de los consumidores ante una bebida reformulada. Mediante sensores biométricos y algoritmos de reconocimiento facial es posible medir la emoción y el estado fisiológico durante la cata, obteniendo datos objetivos sobre agrado o rechazo. Estudios recientes integran reconocimiento de expresiones faciales (Ekman & Rosenberg, 2023), respuesta galvánica de la piel (GSR) (Boucsein, 2012) y frecuencia cardíaca (Picard, 2021) para inferir el nivel de aceptación sin depender exclusivamente de encuestas subjetivas.

En resumen, las técnicas de aprendizaje automático están cambiando la manera en que estudiamos las preferencias del consumidor al ofrecer mediciones objetivas y predicciones más acertadas. En este estudio, no basta con medir únicamente la dulzura química; es esencial conocer la reacción global del público. Aunque no aplicamos directamente estos métodos, conocer su potencial nos ayuda a comprender por qué un edulcorante que parece ideal en el laboratorio podría no conectar con los consumidores en la práctica. Esta visión teórica nos brinda una base para interpretar nuestros hallazgos de forma más profunda y abre el camino a futuras investigaciones que integren estas metodologías para validar de manera integral la elección del edulcorante más adecuado.

## Marco Institucional

La industria de alimentos y bebidas está en constante evolución, impulsada por las demandas de los consumidores por productos más saludables y sostenibles. Según un informe de Glion (2023), se espera que la industria crezca a una tasa anual del 8.7%, alcanzando un valor de \$8.9 billones para 2026. Las bebidas funcionales, que ofrecen beneficios adicionales para la salud, han ganado popularidad en los últimos años. Este crecimiento está impulsado por la creciente conciencia de los consumidores sobre la relación entre la dieta y la salud, lo que ha llevado a un aumento en la demanda de alimentos y bebidas funcionales (Glion, 2023).

Este estudio se enmarca dentro de la investigación académica en el campo de la ciencia de los alimentos y la gerencia de proyectos. La academia juega un papel crucial en la innovación y desarrollo de nuevos productos que respondan a las necesidades del mercado.

Las universidades y centros de investigación colaboran frecuentemente con la industria para desarrollar estudios que puedan ser aplicados en la práctica, mejorando la competitividad y sostenibilidad del sector (Cornell SC Johnson, 2023).

El objetivo del estudio es evaluar el impacto de diferentes edulcorantes en la percepción sensorial de los consumidores, con el fin de identificar la opción más adecuada para optimizar la aceptación de bebidas funcionales. Los resultados de este estudio serán útiles tanto para la industria como para la academia, proporcionando información valiosa para la reformulación de productos y el desarrollo de nuevas líneas de bebidas funcionales. La investigación considera las regulaciones y normativas vigentes relacionadas con el contenido de azúcar y el uso de edulcorantes en alimentos y bebidas. Por ejemplo, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) desaconseja el consumo elevado de azúcares libres. Según una directriz publicada en 2015, la OPS recomienda que tanto adultos como niños reduzcan el consumo de azúcares libres a menos del 10% de la ingesta calórica total, y una reducción por debajo del 5% produciría beneficios adicionales para la salud (OPS, 2015). Estas normativas son cruciales para asegurar que los productos desarrollados cumplan con los estándares de salud pública.

### Metodología Enfoque, alcance y diseño de la investigación

El enfoque de esta investigación es cuantitativa, ya que se utilizaron datos numéricos recolectados mediante una encuesta para analizar la percepción del público sobre el uso de edulcorantes en bebidas funcionales. Este enfoque permite medir objetivamente variables como el conocimiento previo, la experiencia práctica, los desafíos percibidos y las estrategias propuestas para la implementación de estos ingredientes en la industria alimentaria. Los datos recolectados serán sometidos a análisis estadístico para identificar patrones, tendencias y niveles de relevancia dados por los encuestados.

El estudio tiene un alcance descriptivo, ya que busca caracterizar y describir el nivel de conocimiento, percepción, experiencia y opinión que tienen los participantes sobre los edulcorantes aplicados en bebidas funcionales. No se pretende establecer relaciones causales entre variables, sino proporcionar una visión general sobre cómo se percibe el uso de estos componentes dentro del contexto alimentario, así como los principales desafíos y recomendaciones para su implementación en la industria.

El diseño metodológico es de tipo no experimental porque no se manipularon variables intencionalmente; se observará la percepción de los participantes tal como se presentaron en su contexto, mediante el uso de un instrumento como una encuesta. Adicional es transversal, ya que la recolección de datos se realizó en un único momento del tiempo, permitiendo obtener una instantánea de la percepción colectiva frente al tema investigado.

### Definición de Variables

Nombre de la variable	Tipo	Dimensiones	Indicadores
Percepción sobre edulcorantes en bebidas funcionales	Dependiente	- Conocimiento - Opinión - Relevancia percibida	- Familiaridad con el tema - Medios - Nivel de relevancia asignado

Experiencia con edulcor	Independiente	-	- Aplicación directa o indirecta - Deseo de aprender más
Barreras para la implementación	Independiente	- Técnicas - Económicas - Organizacionales	- Costos - Resistencia al cambio - Conocimiento limitado
Estrategias para facilitar la adopción	Dependiente	- Formativas - Económicas - Regulatorias	- Capacitaciones - Incentivos - Normativas claras - Casos de éxito
Interés en formación	Dependiente	- Modalidad - Formato	- Preferencia por presencial/virtual - Cursos, talleres, seminarios
Datos sociodemográficos	Independiente	- Edad - Género - Educación - Sector laboral	- Rango - Nivel educativo - Experiencia en la industria alimentaria

## Población y Muestra

La población objetivo de esta investigación está conformada por personas mayores de 18 años con algún nivel de formación o interés en el área de alimentos y bebidas, residentes en Colombia. Se incluyen estudiantes, profesionales del sector alimentario, y consumidores con conocimiento básico en productos funcionales, dado que su percepción y experiencia resultan relevantes para el análisis del uso de edulcorantes en bebidas funcionales.

Según estimaciones del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), para el año 2024, Colombia cuenta con una población aproximada de 48.258.494 habitantes. Sin embargo, dado que la investigación no pretende generalizar resultados para toda la población del país, sino recoger información específica de individuos con vínculo o afinidad hacia el sector alimentario, se optó por una muestra no probabilística por conveniencia. Esta decisión responde a la accesibilidad de los participantes, la disponibilidad de recursos, y la naturaleza exploratoria del estudio.

Para la recolección de datos, se proyecta aplicar una encuesta de selección múltiple dirigida principalmente a personas vinculadas con instituciones académicas, centros de investigación, empresas de alimentos y consumidores interesados en tendencias de productos funcionales. Se estima un tamaño de muestra de  $n = 96$  personas, calculado con un nivel de confianza del 95%, un margen de error del 10% y una proporción esperada del 50%, lo cual es común en estudios de investigación cuando no se tiene una proporción estimada.

$$n = \frac{Z^2 * P * (1 - P)}{e^2}$$

Dónde:

- $n$  = tamaño de la muestra
- $Z$  = valor  $z$  asociado al nivel de confianza (para 95%,  $Z = 1,96$ )
- $P$  = proporción esperada (cuando no se conoce, se usa 0.5 por ser la más conservadora)
- $e$  = margen de error (0.10)

$$n = \frac{1,96^2 * 5 * (1 - 5)}{0,1^2} = 96,04$$

## Selección de métodos o instrumentos para recolección de información

Dado el enfoque cuantitativo y descriptivo de esta investigación, se desarrolló una encuesta de selección múltiple como instrumento principal, ajustada a los objetivos y variables del estudio sobre edulcorantes en bebidas funcionales. Aunque no se encontró un cuestionario validado previamente en el contexto colombiano, se diseñó uno propio con base en una revisión teórica.

La encuesta incluye preguntas cerradas distribuidas en cuatro secciones: datos generales, conocimientos y percepciones sobre edulcorantes, su aplicación en el sector y opiniones. Se cuidó la redacción y el orden lógico de los ítems para asegurar claridad y coherencia. Su aplicación será virtual, facilitando el acceso y alcance a distintos participantes. El instrumento se anexa junto con el documento.

## Técnicas de análisis de datos

### 1. Perfil de los encuestados

1. ¿En qué rango de edad se encuentra? (0 punto)

- Menos de 18 años
- 18 - 25 años
- 26 - 35 años
- 36 - 45 Años
- Más de 45 años



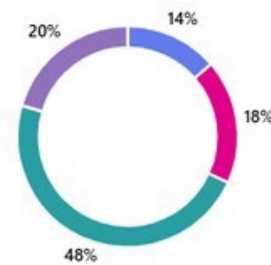
2. ¿Cuál es su género? (0 punto)

- Masculino
- Femenino
- Prefiero no decirlo



3. ¿Cuál es el nivel educativo más alto que ha alcanzado? (0 punto)

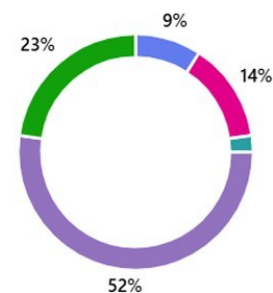
- Educación secundaria
- Educación técnica
- Educación universitaria
- Posgrado (maestría o doctorado)



Resalta que entre los 98 encuestados predomina el género femenino con un 52% entre 26 y 35 años población la cual representa un 27%, con un alto porcentaje igual al 48% con un nivel educativo de pregrado lo cual sugiere que es una muestra pobla.

4. ¿Actualmente trabaja en la industria alimentaria? (0 punto)

- Sí, en un área técnica
- Sí, en un área administrativa
- Sí, en un área de investigación y desarrollo
- No, pero me interesa el sector
- No, y no tengo interés en el sector

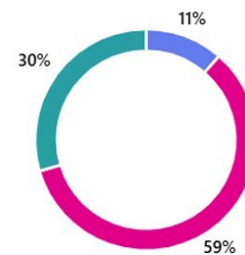


Un gran porcentaje no trabaja en la industria alimentaria, pero se muestran interesados, lo que fortalece la validez del estudio, pues muchos tienen interés en el tema.

## 2. Conocimiento previo

5. ¿Ha escuchado o leído sobre edulcorantes en bebidas funcionales antes de esta encuesta? (0 punto)

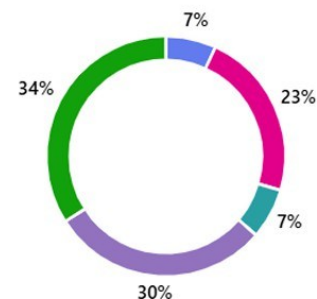
- Sí, estoy familiarizado y tengo experiencia con el tema
- Sí, pero solo tengo un conocimiento básico
- No, nunca he oído hablar del tema



Más del 50% ha escuchado sobre edulcorantes en bebidas funcionales, lo cual muestra que es un tema conocido.

6. ¿A través de qué medios ha adquirido información sobre edulcorantes en bebidas funcionales? (0 punto)

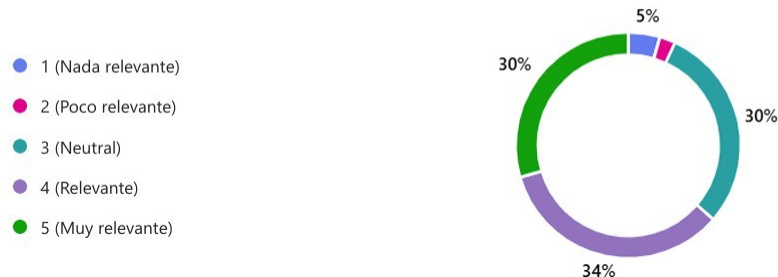
- Formación académica
- Experiencia laboral
- Publicaciones científicas o artículos especializados
- Redes sociales o medios de comunicación
- Otro



Otras fuentes de información son más aceptadas que las que se contemplaron en la encuesta teniendo un 34 %, seguido de las redes sociales y la experiencia laboral.

### 3. Percepción de relevancia

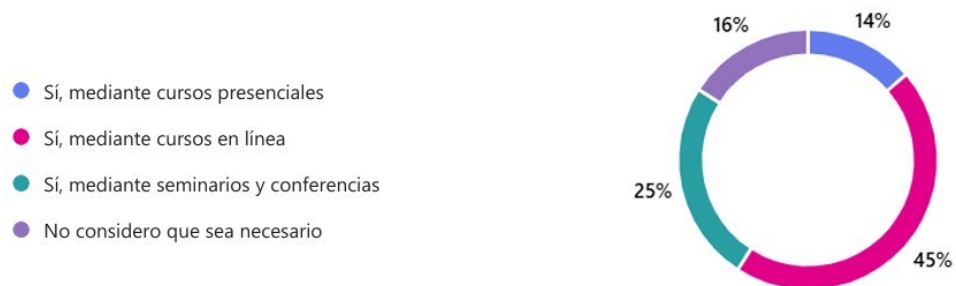
11. En una escala del 1 al 5, ¿qué tan relevante considera que es el edulcorantes en bebidas funcionales para el desarrollo de nuevos productos en la industria alimentaria? (0 punto)



En promedio, los participantes calificaron con 3.83 sobre 5 la relevancia del uso de edulcorantes en el desarrollo de nuevos productos, lo cual refleja una valoración positiva del tema con tendencia a ser un tema relevante.

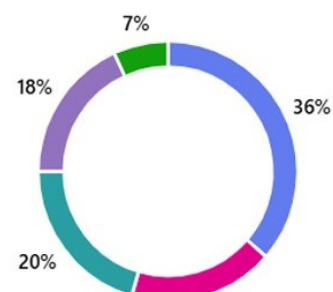
### 4. Interés en la formación

12. ¿Cree que sería beneficioso recibir formación sobre este tema? (0 punto)



13. ¿Qué formato de capacitación le resultaría más atractivo y accesible? (0 punto)

- Talleres prácticos
- Conferencias con expertos
- Cursos en línea con certificación
- Publicaciones especializadas o guías técnicas
- Otro

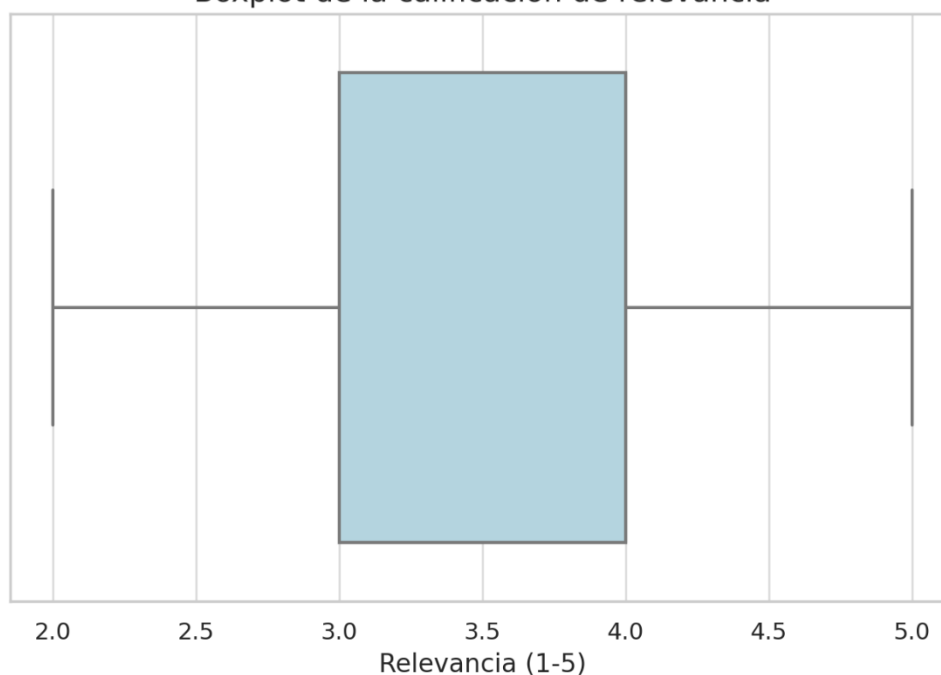


La gran mayoría manifestó que sí le gustaría recibir capacitación sobre el tema. Los formatos preferidos fueron:

- Talleres prácticos
- Cursos en línea con certificación

A partir de toda esta información podemos calcular la dispersión y tendencia central para la calificación de la relevancia del tema (escala 1-5)

Boxplot de la calificación de relevancia



**Estadísticos clave:**

- Media: 3.82
- Mediana: 4
- Moda: 4
- Desviación estándar: 0.72
- Valor mínimo: 2
- Valor máximo: 5

**Interpretación del boxplot:**

- La mayoría de los j (outliers), lo que sugiere homogeneidad en las opiniones.
- La mayoría de los valores están concentrados entre 3 y 5.
- La mediana (línea dentro de la caja) está en 4, lo que indica que al menos la mitad de los encuestados considera el tema bastante relevante.
- No se observan valores atípicos (outliers), lo que sugiere homogeneidad en las opiniones.

## Conclusiones

La presente investigación permitió evidenciar la percepción de los consumidores frente al consumo de bebidas funcionales edulcoradas. En línea con el objetivo principal, se identificó que existe una alta aceptación hacia estos productos, especialmente por parte de consumidores jóvenes y con hábitos de alimentación orientados al bienestar. Esto sugiere una oportunidad significativa para el desarrollo y posicionamiento de bebidas que integren beneficios funcionales con ingredientes naturales, especialmente en contextos urbanos como Bogotá.

Los resultados obtenidos muestran que la estevia es ampliamente aceptada como edulcorante natural, debido a su origen vegetal y bajo aporte calórico, coincidiendo con estudios previos que destacan su potencial como sustituto del azúcar en productos saludables (Goyal et al., 2010; Chatsudthipong & Muanprasat, 2009). Además, la inclusión de frutas tropicales no solo enriquece el perfil sensorial de las bebidas, sino que también potencia su valor nutricional, lo cual ha sido respaldado por investigaciones como las de De Ancos et al. (2017), que destacan los antioxidantes y micronutrientes presentes en estas frutas.

Desde una perspectiva de innovación en alimentos, este estudio contribuye al cuerpo teórico sobre el diseño de productos centrados en las preferencias del consumidor, como lo indican Grunert (2010) y Sijtsema et al. (2002), al señalar la importancia de combinar atributos sensoriales atractivos con beneficios funcionales claros. La buena receptividad de las bebidas prototipo durante las pruebas sensoriales preliminares refuerza esta idea y abre la posibilidad de futuras mejoras y validaciones comerciales.

El análisis integrador aporta un marco teórico sólido para implementar estrategias en diversos ámbitos clave. En el ámbito neuro-sensorial, se exploran respuestas cerebrales a distintos edulcorantes utilizando modelos predictivos basados en ML; en el ámbito sensorial-químico, se desarrollan herramientas de ML para ajustar la intensidad del dulzor y el perfil de sabor en función de la composición química de las bebidas; y, finalmente, en el ámbito de aceptación del

consumidor, se garantiza la viabilidad técnica y comercial de las propuestas mediante el análisis de grandes volúmenes de datos sobre preferencias y tendencias del mercado. Estas aplicaciones del aprendizaje automático no solo mejoran la precisión de los estudios, sino que también aceleran el desarrollo de productos personalizados.

En términos generales, el diseño de bebidas funcionales con base en estevia y frutas tropicales no solo es técnicamente viable, sino también altamente pertinente dadas las tendencias del mercado y las expectativas de los consumidores. No obstante, futuras investigaciones deberían centrarse en aspectos como la estabilidad de los compuestos bioactivos bajo distintas condiciones de almacenamiento, la validación de beneficios funcionales en estudios clínicos y la exploración de nuevas combinaciones de ingredientes sensorialmente atractivos y funcionalmente efectivos. La integración de técnicas de aprendizaje automático en estas investigaciones puede optimizar la recopilación y el análisis de datos, permitiendo una toma de decisiones más rápida y eficaz..

## Referencias

Amador, J., Guerra, M. T., & Fernández, M. (2003). Alimentos funcionales: su papel en la prevención y tratamiento de enfermedades. *Revista Española de Salud Pública*, 77(3), 281-290. [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1135-57272003000300003](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272003000300003)

AS.com. (2025, 4 de enero). Ni café ni té: esta es la bebida desconocida en España con un extra de Omega-3 para los desayunos. <https://as.com/tikitakas/estilo/ni-cafe-ni-te-esta-es-la-bebida-desconocida-en-espana-con-un-extra-de-omega-3-para-los-desayunos-n/>

Chatsudthipong, V., & Muanprasat, C. (2009). Stevioside and related compounds: therapeutic benefits beyond sweetness. *Pharmacology & Therapeutics*, 121(1), 41-54.

Chen, Y., Zhang, S., Chen, H., & Zhou, L. (2020). Influence of different sweeteners on sensory attributes and consumer preferences of functional beverages. *Food Research International*, 132, 109076. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109076>

Cornell SC Johnson. (2023). *Food Industry Research*. <https://business.cornell.edu/centers/fimp/food-industry-research/>

De Ancos, B., Sánchez-Moreno, C., & Cano, M. P. (2017). Nutritional and functional characteristics of fruit-based beverages. *Fruit Juices*, 765-793.

Delgado, P., Berrios, R., & Arancibia, C. (2015). Evaluación sensorial de jugos de naranja endulzados con diferentes edulcorantes no calóricos. *Revista Chilena de Nutrición*, 42(1), 10-17. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182015000100010>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (s.f.). ¿Cuántos somos? <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018/cuantos-somos>

Drewnowski, A., & Rehm, C. D. (2021). Consumption of low-calorie sweeteners among US adults is associated with higher diet quality. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 113(2), 429-438. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqaa318>

El HuffPost. (2025, 4 de enero). Investigan la nueva agua de moda y encienden las alarmas al descubrir esto en la mayoría de productos. <https://www.huffingtonpost.es/sociedad/investigan-nueva-agua-moda-encienden-alarmas-descubrir-esto-mayoria-productos.html>

El País. (2024, 27 de octubre). La epidemia del consumo de bebidas energéticas entre adolescentes. <https://elpais.com/mamas-papas/actualidad/2024-10-27/la-epidemia-del-consumo-de-bebidas-energeticas-entre-adolescentes.html>

DataScientest. (s.f.). Machine learning: Definición, funcionamiento y usos. <https://datascientest.com/es/machine-learning-definicion-funcionamiento-usos>

- Mitchell, T. M. (1997). *Machine Learning*. McGraw-Hill.  
<https://www.cs.cmu.edu/~tom/mlbook.html>
- Berzal, F. (2018). *Redes neuronales & deep learning*. Independently published.  
[https://books.google.com/books/about/Redes\\_Neuronales\\_and\\_Deep\\_Learning.html?id=TbZUvwEACAAJ](https://books.google.com/books/about/Redes_Neuronales_and_Deep_Learning.html?id=TbZUvwEACAAJ)
- Robots Authority. (2024). The emergence of machine learning algorithms during the 1990s.  
<https://robotsauthority.com/the-emergence-of-machine-learning-algorithms-during-the-1990s/>
- Fan, Z., Wang, V., Huang, T., Jia, T., Gang, D., Schwieterman, M., Clark, C., Sims, C., Roose, M., & Wang, V. (2021). Título del estudio. *Horticulture Research*, 8(66).  
<https://www.nature.com/articles/s41438-021-00502-5.pdf>
- European Food Safety Authority. (2024, 15 de noviembre). *Sweeteners*. EFSA.  
<https://www.efsa.europa.eu/es/topics/topic/sweeteners>
- Sarker, I. H. (2021). Machine learning: Algorithms, real-world applications and research directions. *SN Computer Science*, 2(160). <https://link.springer.com/article/10.1007/s42979-021-00592-x>
- Buskirk, T. D., Kirchner, A., Eck, A., & Signorino, C. S. (2018). An introduction to machine learning methods for survey researchers. *Survey Practice*, 11(1). <https://doi.org/10.29115/SP-2018-0004>
- Boucsein, W. (2012). *Electrodermal activity* (2nd ed.). Springer Science & Business Media.  
<https://doi.org/10.1007/978-1-4614-1126-0>
- Ekman, P., & Rosenberg, E. L. (2023). *What the face reveals: Basic and applied studies of spontaneous expression using the Facial Action Coding System (FACS)*. Oxford University Press.  
<https://academic.oup.com/book/54195>
- Picard, R. W. (2021). *Affective computing: From emotions to interactions*. MIT Press.  
<https://direct.mit.edu/books/monograph/4296/Affective-Computing>
- Euromonitor International. (2022). *Functional Beverages Market Trends 2022*.  
<https://www.euromonitor.com>
- Glion. (2023). *Food and Beverage Industry Trends 2023*.  
<https://www.glion.edu/magazine/food-beverage-industry-trends/>
- Goyal, S. K., Samsher, & Goyal, R. K. (2010). Stevia (*Stevia rebaudiana*) a bio-sweetener: a review. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 61(1), 1-10.
- Grunert, K. G. (2010). Consumer behaviour with regard to food innovations: Quality

perception and decision-making. *Nutrition Bulletin*, 35(1), 65–73.

Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá. (2020, marzo 3). Análisis sensorial para control de calidad de los alimentos. INCAP. <https://www.incap.int/index.php/es/noticias/201-analisis-sensorial-para-control-de-calidad-de-los-alimentos>

Lassale, C., & Palomar, A. (2023, junio 16). Edulcorantes artificiales: ¿son un riesgo para la salud? ISGlobal. <https://www.isglobal.org/healthisglobal/-/custom-blog-portlet/artificial-sweeteners-are-they-a-health-risk->

Lerma Celada, J. M., Acevedo Quintero, A. M., & Suárez, M. S. (2024). Análisis comparativo del uso de edulcorantes naturales vs los edulcorantes artificiales en la industria alimentaria colombiana. *Universidad EAN*.  
<https://repository.universidadean.edu.co/server/api/core/bitstreams/320b30c9-b79a-4737-9762-56c3a802b42c/content>

Liska, D. J., Mah, E., Brisbois, T., Barrios, P. L., & Baker, C. (2019). Perspective: Nonnutritive sweeteners and the role of the registered dietitian nutritionist. *Advances in Nutrition*, 10(1), 80-88. <https://doi.org/10.1093/advances/nmy061>

Mayo Clinic. (2023, 21 de marzo). Edulcorantes artificiales y otros sustitutos del azúcar. <https://www.mayoclinic.org/es/healthy-lifestyle/nutrition-and-healthy-eating/in-depth/artificial-sweeteners/art-20046936>

MedlinePlus. (2023, 21 de agosto). Edulcorantes y sustitutos del azúcar. <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/007492.htm>

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de Argentina. (2014, febrero). Edulcorantes. *Alimentos Argentinos*. [https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/HomeAlimentos/seguridad-alimentaria-y-nutricion/fichaspdf/Ficha\\_24\\_Edulcorantes.pdf](https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/HomeAlimentos/seguridad-alimentaria-y-nutricion/fichaspdf/Ficha_24_Edulcorantes.pdf)

Ministerio de Salud y Protección Social. (2021). *Resolución 810 de 2021: Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos de etiquetado nutricional y frontal que deben cumplir los alimentos envasados o empacados para consumo humano*. [https://www.minsalud.gov.co/Normatividad\\_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%20810de%202021.pdf](https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%20810de%202021.pdf)

Ministerio de Salud y Protección Social. (2022). *Resolución 2492 de 2022: Por la cual se modifican artículos de la Resolución 810 de 2021*. [https://www.minsalud.gov.co/Normatividad\\_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%202492de%2022.pdf](https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%202492de%2022.pdf)

Mooradian, A. D., Smith, M., & Tokuda, M. (2017). The role of artificial and natural sweeteners in reducing the risk of obesity and diabetes: A review. *Nutrition*, 34, 14-20.

<https://doi.org/10.1016/j.nut.2016.09.003>

Moreira-Macías, R. W., Reinoso-Baque, I. M., Proaño-Molina, M. Y., Durazno-Delgado, L. A., Rosero-Rojas, J. A., & Díaz-Campozano, E. G. (2023). Influencia de la leche de soya, pasta de cacao y distintos edulcorantes en la evaluación sensorial de una bebida funcional. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*, 6(12), 164-176. <https://doi.org/10.46296/ig.v6i12.0109>

Naranjo Gómez, E. (2022, 5 de agosto). Bebidas funcionales, "Una necesidad saludable". *Revista Alimentos*. <https://www.revistaalimentos.com/es/noticias/bebidas-funcionales-una-necesidad-saludable>

Organización Panamericana de la Salud. (2015). *Ingesta de azúcares para adultos y niños*. [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/154587/WHO\\_NMH\\_NHD\\_15.2\\_spa.pdf?sequence=2](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/154587/WHO_NMH_NHD_15.2_spa.pdf?sequence=2)

Picallo, A. (2009, marzo). Análisis sensorial de los alimentos: El imperio de los sentidos. *Encrucijadas* (46). Universidad de Buenos Aires. [https://repositorioubas.sisbi.uba.ar/gsd/collect/encrucci/index/assoc/HWA\\_257.dir/257.PDF](https://repositorioubas.sisbi.uba.ar/gsd/collect/encrucci/index/assoc/HWA_257.dir/257.PDF)

Rubiano Carmona, M. (2014). Aceptación y preferencias de los alimentos y bebidas funcionales por parte de hombres y mujeres de 26 a 46 años de edad de estratos 4, 5 y 6 de la ciudad de Medellín. *Escuela de Ingeniería de Antioquia*. <https://repository.eia.edu.co/server/api/core/bitstreams/6dfdef17-29eb-44d3-bcc4-7478bf424043/content>

Sijtsema, S. J., Linnemann, A. R., van Gaasbeek, T., Dagevos, H., & Jongen, W. M. (2002). Variables influencing food perception reviewed for consumer-oriented product development. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42(6), 565-581.