

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS DEL USO DE EDULCORANTES EN  
BEBIDAS ALIMENTICIAS**

**TESIS**

**IV PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL EXTRAORDINARIA 2008**

Para optar el título de:

**INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**MARTHA PAULITA VILCA LLANOS**

**TRUJILLO – PERÚ**

**2014**

**La presente tesis ha sido aprobada por el siguiente Jurado:**

---

**Dr. Antonio Rodríguez Zevallos**  
PRESIDENTE

---

**Dr. Fredy Pérez Azahuanche**  
SECRETARIO

---

**Dr. José Gonzales Cabeza**  
VOCAL

---

**Dr. Carlos Lescano Anadón**  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

*Dedico este trabajo principalmente a **Dios**, por haberme dado la vida y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.*

*A mi padre **Néstor**, por su incondicional apoyo, tanto al inicio como al final de mi carrera; por estar pendiente de mi a cada momento; gracias por ser ejemplo de arduo trabajo y tenaz lucha en la vida.*

*A ti madre **Ángela**, que tienes algo de Dios por la inmensidad de tu amor y por tus incansables cuidados; con todo mi cariño y amor, mil veces gracias a ustedes, por siempre mi corazón y mi agradecimiento por su apoyo incondicional en todos los momentos de mi vida.*

*A mis hermanos **Carlos** y **Luis**, que siempre han estado junto a mí, brindándome su apoyo, que junto a sus ideas hemos pasado momentos inolvidables y son dos de los seres más importantes en mi vida.*

*A mi esposo **Larry**, por su paciencia y comprensión, preferiste sacrificar tu tiempo para que yo pudiera cumplir con el mío, ahora puedo decir que esta tesis lleva mucho de ti, gracias por estar siempre a mi lado.*

*A mi hijo **Jose Mateo**, por ser lo más grande y valioso que Dios me ha regalado, quien es mi fuente de inspiración y la razón que me impulsa a salir adelante.*

## AGRADECIMIENTO

Al **Dr. Carlos Lescano Anadón**, por su apoyo, orientación, amistad y acertada asesoría durante la realización de este trabajo.

A todos los **profesores de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias** por sus enseñanzas y aporte en mi formación profesional.

A todas aquellas personas que de alguna u otra manera estuvieron involucradas en este trabajo de investigación y ayudaron en su realización.

## ÍNDICE GENERAL

CARATULA .....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. GENERALIDADES Y CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE BEBIDAS Y EDULCORANTES.....	3
2.1. Concepto de bebidas .....	3
2.2. Tipos de bebidas.....	4
2.3. Las bebidas alimenticias en la clasificación industrial internacional Uniforme.....	5
2.4. Concepto de edulcorantes .....	6
2.5. Clasificación de edulcorantes.....	7
2.6. Importancia de los edulcorantes .....	10
2.7. Descripción de edulcorantes más importantes.....	12
2.7.1. Alitame .....	13
2.7.2. Ciclamato .....	15
2.7.3. Dihidrochalconas.....	16
2.7.4. Glicirricina .....	17
2.7.5. Taumatina .....	18
2.7.6. Neotame .....	18
2.7.7. Xylitol.....	22

2.7.8. Jarabe de maíz rico en fructosa .....	23
2.7.9. Aspartame .....	23
2.7.10. Acesulfame K .....	24
2.7.11. Sacarina .....	25
2.7.12. Sucralosa .....	27
2.7.13. Estevióside y rebaudiósido.....	28
2.8. Edulcorantes para bebidas aprobados en diferentes países .....	35
III. PERCEPCIÓN HUMANA DEL SABOR DULCE .....	41
3.1. Percepción humana del sabor dulce .....	41
3.2. Poder edulcorante .....	44
3.3. Intensidad de dulzor .....	45
3.4. Percepción de la dulzura.....	46
IV. EDULCORANTES Y SALUD HUMANA.....	47
4.1. Edulcorantes y enfermedades.....	47
4.2. Establecimiento de IDAs .....	48
V. EDULCORANTES EN BEBIDAS ALIMENTICIAS .....	50
5.1. Edulcorantes más usados y aprobados por DIGEMID e INDECOPI.....	50
5.2. Estevia, sucralosa y aspartame en bebidas .....	51
5.3. Métodos de evaluación sensorial de edulcorantes en bebidas .....	53
5.4. Oferta comercial de bebidas con edulcorantes .....	55

VI. ESTUDIOS REALIZADOS SOBRE EL USO DE EDULCORANTES EN BEBIDAS.....	56
VII. PERSPECTIVAS FUTURAS DE INVESTIGACIONES EN EDULCORANTES.....	59
7.1. Importancia del uso de edulcorantes .....	59
7.2. Limitaciones de edulcorantes.....	60
7.3. Sinergia.....	62
7.4. Optimización de las propiedades de sabor .....	65
7.5. Aguas aromatizadas .....	67
7.6. Calidad e inocuidad en el edulcorante empleado.....	68
7.7. Biotecnología y edulcorantes .....	69
7.8. Riesgos y beneficios de edulcorantes artificiales en bebidas alimenticias .....	70
VIII. CONCLUSIONES .....	71
IX. RECOMENDACIONES.....	72
X. BIBLIOGRAFÍA.....	73
ANEXOS .....	80

## ÍNDICE CUADROS

Cuadro 1. Ingesta diaria admisible de edulcorante. ....	12
Cuadro 2. Usos de la Stevia y sus productos.....	34
Cuadro 3. Edulcorantes de volumen .....	40
Cuadro 4. Edulcorantes de alta intensidad .....	40
Cuadro 5. Poder edulcorante de diferentes edulcorantes comerciales .....	46
Cuadro 6. Edulcorantes permitidos en néctares de frutas .....	50
Cuadro 7. IDA de los edulcorantes de alta intensidad permitidos en bebidas.....	51
Cuadro 8. Principales limitaciones técnicas de los edulcorantes de alta intensidad.....	61

## ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Clasificación convencional de edulcorantes.....	9
Figura 2. Estructura química del Alitame .....	14
Figura 3. Estructura química del Ciclamato .....	15
Figura 4. Estructura química de la Dihidrochalcona.....	17
Figura 5. Estructura química de la Neotame .....	19
Figura 6. Curva de concentración- respuesta del Neotame en agua .....	20
Figura 7. Estructura química del Xylitol.....	22
Figura 8. Estructura química del Aspartame .....	24
Figura 9. Estructura química del Acesulfame K .....	25
Figura 10. Estructura química de la Sacarina .....	26
Figura 11. Estructura química de la Sucralosa.....	27
Figura 12. Estructura química del Esteviósido .....	29
Figura 13. Proceso de industrialización de Stevia.....	33

## INDICE DE ANEXOS

Anexo A. Resumen del estado de los edulcorantes para bebidas alimenticias - 2013 .....	81
Anexo B. Estudios epidemiológicos en el consumo de edulcorantes sintéticos .....	84

## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se evaluó el estado actual y perspectivas del uso de edulcorantes en bebidas alimenticias, se organizó la información sobre los edulcorantes utilizados en bebidas alimenticias, describiendo nuevos productos en el mercado de alimentos, también se estableció el estado actual del conocimiento de edulcorantes en bebidas alimenticias, mostrando que productos como la taumantina, estevia, aspartame, entre otros productos, vienen revolucionando la capacidad de endulzar bebidas envasadas con grandes beneficios, cero calóricos para sus consumidores. El consumo de estos ha ido en aumento considerablemente y hoy en día es común ver a las personas consumir edulcorantes en los diferentes tipos de bebidas, ya que la industria de los edulcorantes se ha enriquecido significativamente con la inclusión de técnicas biotecnológicas, las cuales apoyan significativamente la capacidad de elaborar productos cada vez más refinados y naturales en base a procesos menos químicos y más adecuados para la salud humana.

## **ABSTRACT**

In this research assessed the current state and future of uses of sweeteners in food beverages was evaluated. Literature on all the relevant information on the use of sweeteners in food drinks, were a comprehensive reviewed. Descriptions of new products in the market foods and the current state of knowledge of sweeteners in food beverages were also established. Sweeteners like taumantine, stevia, and aspartame, are leading in the beverage moonset with great benefits such as zero - calories for consumers. Consumption of these sweeteners has been considerably increased and today it is common to see people use on sweeteners in different drinks. At the same time, the sweetener industry has benefited significantly with the inclusion of biotechnology techniques, which rely significantly ability to develop increasingly sophisticated and natural products, they are based on no chemicals and are more suitable for healthy human consumption.

## I. INTRODUCCIÓN

Los alimentos dulces, las bebidas dentro de ellos, han sido consumidos por el hombre desde el inicio de su historia y la sacarosa ha sido el edulcorante de mayor consumo. En los últimos años la biotecnología ha introducido en el mercado mundial los edulcorantes artificiales bajos en calorías, a base de componentes químicos, los cuales surgieron para satisfacer las necesidades de personas con limitaciones de consumo de sacarosa y calorías en su dieta. Un área importante de la investigación busca otras alternativas mediante los edulcorantes naturales que no causan efectos nocivos en la salud. (Farfán y Rodríguez, 2010).

La sacarosa es el edulcorante natural más utilizado y tiene propiedades funcionales muy importantes para la industria de los alimentos. Sin embargo existen problemas de salud pública que conducen a millones de personas a limitar su consumo: obesidad, diabetes, caries y los desórdenes de comportamiento como la ansiedad, frustración, depresión y disforia en general (Sánchez y Bárcena, 2010).

La solución a estos problemas de salud pública, ha motivado la búsqueda de otros edulcorantes naturales o artificiales, que reemplacen a la sacarosa (Sánchez y Bárcena, 2011).

Los edulcorantes que no proporcionan energía calórica excesiva (no calóricos), tienen especial importancia porque aportan dulzura al alimento sin perjudicar la salud. Los edulcorantes de alto poder (acesulfame, aspartame, ciclamato y sacarina), se utilizan en la industria de bebidas energizantes, rehidratantes y/o rehidratantes (Restrepo, 2012).

En las bebidas alimenticias se aplican los edulcorantes no calóricos de manera funcional (práctica), económica y segura, buscando incorporar nutrientes y vitaminas, ya que estos son los productos más usados, debido a los nuevos hábitos de vida sana. (OMS, 2010).

El presente trabajo, mediante la recopilación y análisis de la información disponible, pretende organizar el conocimiento existente sobre los edulcorantes utilizados en bebidas alimenticias, con la finalidad de establecer el estado actual del conocimiento así como de definir campos de acción futura, en especial en aquellos relacionados con la investigación.

El objetivo central es el mercado de bebidas envasadas, altamente ligado a los cambios de hábitos alimenticios y nutricionales en un escenario altamente competitivo y de gran crecimiento. (Farfán y Rodríguez, 2010).

## **II. GENERALIDADES Y CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE BEBIDAS Y EDULCORANTES**

### **2.1. Concepto de bebidas**

Las bebidas alimenticias contienen principalmente agua junto a otros elementos, naturales o artificiales, que les incorporan propiedades y características organolépticas agradables y que son necesarias por sus beneficios médicos, y por sus cualidades nutricionales, complementarias de la dieta humana (Gordon, 2011).

Todas las bebidas tienen un ingrediente principal en común: el agua. Existen tantas cantidades de distintas bebidas debido a los gustos individuales, que son ilimitados y creativos. Sin embargo, existe una diferencia fundamental que permite clasificar a las bebidas en dos grandes grupos: las bebidas sin alcohol y las bebidas alcohólicas (Del Castillo, 2013); en este trabajo se hace referencia a las bebidas no alcohólicas.

El agua es un componente esencial de todo ser vivo, siendo el disolvente general biológico; es una biomolécula de naturaleza inorgánica que representa el medio en el que ocurren la mayoría de las reacciones celulares del metabolismo, siendo una sustancia más necesaria para la vida. Los organismos vivos son por ello dependientes del agua para su existencia. Existe además una relación clara y directa entre el contenido de agua y la actividad fisiológica del organismo (Félez, 2010). A partir del agua se elaboran una serie de productos alimenticios, siendo los que mayor contenido tienen, las denominadas “bebidas alimenticias”, que representan un importante sector empresarial industrial de las bebidas envasadas.

El sector industrial de elaboración de bebidas está formado por aquellas empresas de carácter estable que tienen como actividad principal la transformación de productos agrícolas (uva, cebada, maíz,

manzana y otros) en bebidas alcohólicas (vino, cerveza, sidra, licores destilados) o analcohólicas (mosto), así como el tratamiento de aguas de bebida envasadas, gaseosas y refrescos, incluido su envasado (Farfán y Rodríguez, 2011).

En mayor o menor grado los edulcorantes marcan la pauta de la calidad, la modernidad y, en muchas ocasiones, es el elemento determinante de su potencial comercial (Félez, 2010).

La elaboración, preparación, clasificación y determinación de bebidas envasadas se encuentra enmarcada internacionalmente en el *Codex Alimentarius*, el cual agrupa y sistematiza todas las normas que alcanzan la elaboración de las mismas y es emitido y actualizado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO por sus siglas en inglés). La clasificación y denominación nacional en el Perú se rige por el Código de Alimentos que se integra en la Ley General de Salud N° 26842, en la cual se incluyen a todos los productos alimenticios que se elaboran en el Perú (*Codex Alimentarius*, 2008).

## **2.2. Tipos de bebidas**

### **Bebidas no alcohólicas**

Según el *Codex Alimentarius* (2008) se consideran los siguientes tipos de bebidas no alcohólicas:

- Agua
- Leche y bebidas a base de leche
- Bebidas a base de soya
- Jugos de frutas naturales
- Café y té
- Otras infusiones
- Bebidas para deportistas
- Bebidas energizantes

- Aguas aromatizadas, las cuales son mayormente agua con variedad de sabores, y una mínima cantidad de aditivos como acidulantes, edulcorantes, conservantes, saborizantes y aromatizantes o extractos de plantas.

### **Bebidas alcohólicas**

Según Nova y Peña (2012) se consideran los siguientes tipos:

- Vino
- Champagne
- Cerveza
- Licores, etc.

### **2.3. Las bebidas alimenticias en la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU)**

En la clasificación industrial internacional uniforme, la fabricación de bebidas se encuentra enmarcada en la categoría de alimentos.

En el Perú, las denominaciones de bebidas se encuentran bajo los registros de los códigos CIIU 11 (INEI, 2010).

Dentro de la categoría de la industria de productos alimenticios y bebidas, se presenta la elaboración de bebidas (Denominación 11), que abarca las clases:

- 1101 Destilación, rectificación y mezcla de bebidas alcohólicas.
- 1102 Elaboración de vinos.
- 1103 Elaboración de bebidas malteadas y de malta.
- 1104 Elaboración de bebidas no alcohólicas; producción de aguas minerales y otras aguas embotelladas.

Esta última clase comprende las siguientes actividades:

- . Elaboración de bebidas no alcohólicas, excepto cerveza y vino sin alcohol.

- . Producción de aguas minerales naturales y otras aguas embotelladas.
- . Elaboración de bebidas no alcohólicas:  
Bebidas no alcohólicas aromatizadas y/o edulcoradas: limonadas, naranjadas, colas, bebidas a base de jugos de frutas, aguas tónicas, etcétera.

En los puntos de venta de bebidas alimenticias se constata que, en su mayoría utilizan sacarosa; las que utilizan edulcorantes (aspartame, sucralosa, acesulfame de potasio, sacarina, splenda, steviosido, glucosa y fructosa), por lo general son las bebidas light, las bebidas energizantes y las aguas aromatizadas.

#### **2.4. Concepto de edulcorantes**

Según Swithers y Davidson (2008) los edulcorantes son componentes químicos o aditivos alimentarios que confieren sabor dulce y sensación de dulzura a los alimentos. Una de las características de los edulcorantes es que pueden ser sustituidos entre sí, sobre todo en la industria de alimentos y bebidas. El sabor de los edulcorantes y los riesgos de salud pública son factores que inciden en su preferencia.

Los edulcorantes se encuentran al alcance de toda la población, cualquiera sea la franja etárea o condición económica, y su utilización no es controlada por los profesionales pertinentes. Esto se debe a que desde su origen, estos sustitutos de la sacarosa fueron considerados como totalmente inocuos y en la actualidad son sinónimo de “alimentación sana”. Existen importantes organizaciones que certifican la calidad y utilidad de los edulcorantes, en la industria alimentaria para garantizar que se usen de manera totalmente inocua para la salud (Yoldi y Zudaire, 2008).

La sacarosa no es el único compuesto que proporciona una percepción dulce al gusto cuando forma parte de un alimento. Todo

compuesto que produce esa sensación recibe el nombre de edulcorante, y de acuerdo con sus características, pertenece a una clasificación determinada (Restrepo, 2012).

La sacarosa es un producto de gran importancia para el consumo humano por su alto contenido energético y por sus propiedades funcionales. Proporciona en promedio el 12% de los hidratos de carbono, elementos productores de energía en el cuerpo humano (Pérez, 2011).

EL grado de edulcoración o dulzura es una cualidad que tienen algunas sustancias químicas a las que el ser humano ha asociado siempre con placer. Sólo basta remarcar el hecho de que cuando se ingiere algún dulce, chocolate o fruta, se percibe, además de la dulzura, ciertas sensaciones que se experimenta cuando come este tipo de alimentos, de aquí la importancia que estos alimentos tienen entre los consumidores (Snarff, 2009).

## **2.5. Clasificación de edulcorantes**

Según Restrepo (2012), los edulcorantes utilizados en la industria alimentaria están divididos en dos grandes grupos: Edulcorantes naturales o nutritivos y edulcorantes artificiales o no nutritivos. Los edulcorantes nutritivos son aquellos que tienen su origen en alguna planta o fruto. Dentro de este grupo se encuentran la Phylloducina, Osladina, Glucosa, Fructuosa, Sorbitol, entre otros. Los edulcorantes artificiales o no nutritivos son una variedad de compuestos que han sido preparados con la finalidad de incrementar el poder endulzante en los alimentos. Estos incluyen principalmente a los compuestos derivados de la sacarina (Aspartame, Acesulfame K, entre otros). Su principal uso es en el de las bebidas y alimentos bajos en calorías, aderezos, gelatinas, entre otros (*Codex Alimentarius*, 2008).

Los edulcorantes nutritivos proveen calorías o energía a la dieta a razón de unas cuatro calorías por gramo, de manera similar a los carbohidratos o las proteínas. Comprenden las sacarosas edulcorantes (p.ej. las sacarosas refinados, el jarabe de maíz de alta fructosa, la fructosa cristalina, la glucosa, la dextrosa, los edulcorantes provenientes del maíz, la miel, la lactosa, la maltosa, varios jarabes, las sacarosas invertidas o el jugo concentrado de frutas) y los polioles de baja energía o alcoholes la sacarosa (p.ej. sorbitol, manitol, xylitol, isomaltitol y los hidrolizados de almidón hidrogenados) (Frangne, 2012).

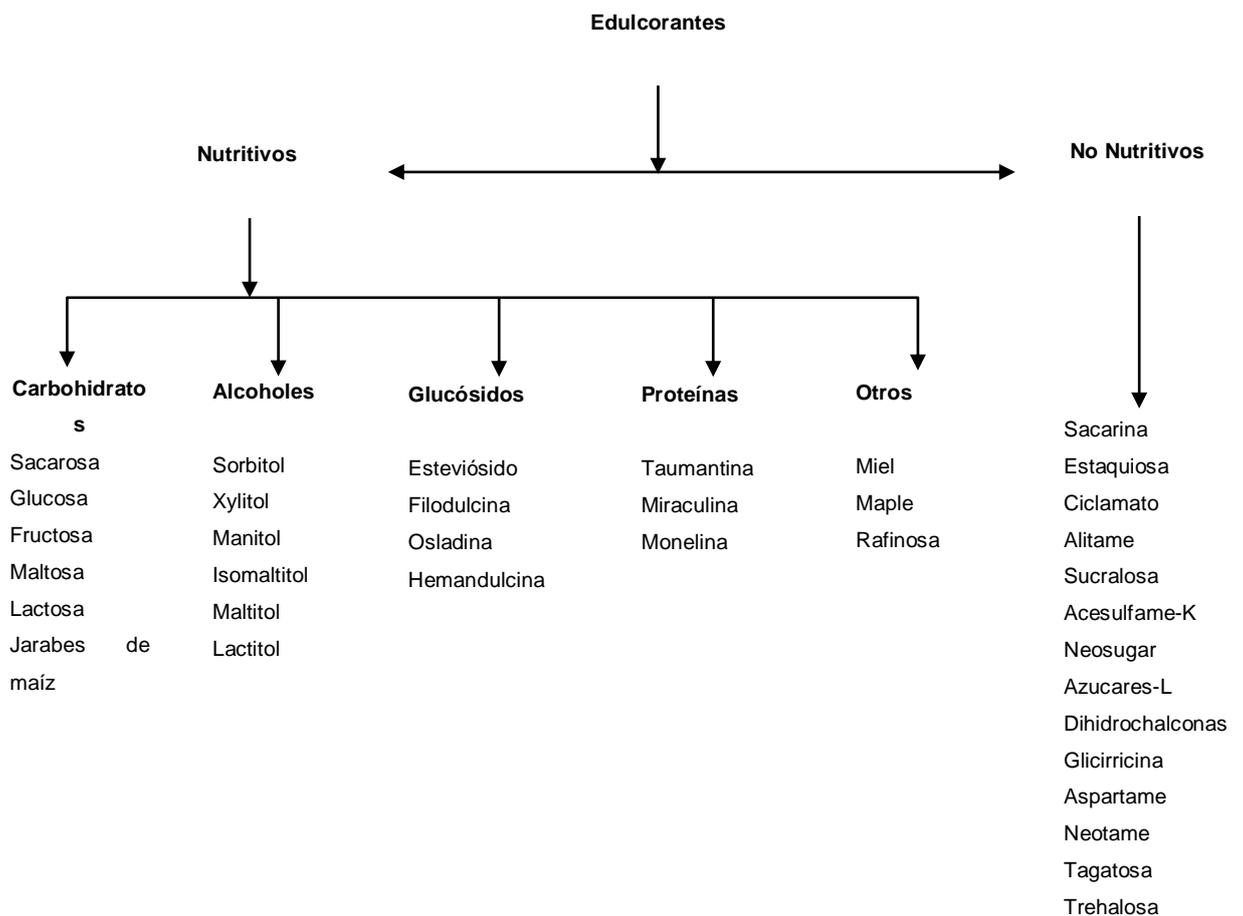
Los edulcorantes no nutritivos, más valorados por su alta intensidad pueden ofrecer a los consumidores una manera de disfrutar el sabor de la dulzura con poca o ninguna ingesta de energía o respuesta glucémica. Pueden contribuir al control del peso o de la glucosa en sangre y a la prevención de las caries dentales. La industria de la alimentación valora estos edulcorantes por muchos atributos; entre ellos cualidades sensoriales (p.ej. un sabor dulce puro, la ausencia de sabor amargo o de olor), seguridad, compatibilidad con otros ingredientes alimentarios y estabilidad en diferentes entornos alimentarios. La tendencia en la industria alimenticia es combinar los edulcorantes de alta intensidad. Las combinaciones pueden causar sinergia (p.ej. la combinación es más dulce que los componentes individuales) lo que puede reducir la cantidad de edulcorante necesario y puede mejorar el sabor dulce general (Frangne, 2012).

Los Estados Unidos de Norteamérica (EE.UU.) lideran el consumo mundial de edulcorantes de alta intensidad con aproximadamente el 50% de la demanda mundial. Desde 1996 EE.UU. ha multiplicado de manera extraordinaria su consumo de edulcorantes desde 0 a 42% de la participación de recursos para endulzar bebidas de diferentes tipos en el 2009, y redujo el consumo de sacarosa de 86 a 40% en el

mismo periodo (Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios - JECFA, 2012).

La mayor diferencia que existe entre uno y otro tipo de edulcorante, aparte del contenido energético, es la cantidad de endulzante que se requiere en la elaboración de un alimento. De aquí se deduce que no solo es importante el edulcorante por sí solo, si no que para su elaboración también hay que pensar en que se va a aplicar (Swithers y Davidson, 2008).

Los edulcorantes según la Figura 1, pueden clasificarse como nutritivos y no nutritivos (Restrepo, 2012).



**Figura 1. Clasificación convencional de los edulcorantes**

Fuente: Restrepo (2012).

## **2.6. Importancia de los edulcorantes en las bebidas alimenticias**

La mayor importancia de los edulcorantes radica en su capacidad de convertir en digeribles diversos alimentos que son necesarios para la dieta, nutrición y sostenibilidad del cuerpo humano. En muchos casos las bebidas son restituyentes de minerales, vitaminas y otros componentes requeridos en la dieta que deben ser administrados en forma de bebidas y estos compuestos llegan a tener sabores que los hacen imposibles de tomar si no es mediante la incorporación de algún saborizante y edulcorante que sin alterar su composición nutricional y calórica lo haga más aceptable por parte de sus consumidores. Es de principal importancia la necesidad de sustituir a la sacarosa (Ortega, 2012).

La sacarosa está catalogada como un alimento no muy satisfactorio y sin un alto valor alimenticio, lo cual hace que los edulcorantes sean permanentemente observados y usados con recelo. La sacarosa causa daño a los dientes y se le ha asociado con diversas enfermedades, por lo que su consumo no es muy recomendable. De estas debilidades de la sacarosa surge la necesidad de encontrar nuevas sustancias que pudieran reemplazar la sacarosa en los alimentos, y lo que llevó finalmente al descubrimiento de los edulcorantes, aun cuando la sacarosa, como producto natural extraído de la caña y otros frutos sigue siendo el preferido de los productos para endulzar alimentos debido a su fuerte poder edulcorante (Potter, 2008).

Los edulcorantes tienen diferentes propiedades físicas y químicas, por lo tanto, su comportamiento en los alimentos es diferente. Por ejemplo, en el caso de las bebidas refrescantes, la sustitución de la sacarosa por edulcorantes no nutritivos no plantea problemas tecnológicos. Pero en algunos alimentos como las galletas o mermeladas, la sacarosa ejerce otras funciones por lo que es

necesario emplear otros agentes para compensar tanto las pérdidas de volumen como otras propiedades funcionales (*Codex Alimentarius*, 2008).

Esto plantea un grave problema en la industria alimentaria aumentando los costos de producción, ya que un alimento dietético o Light debe cumplir con los mismos requisitos de calidad y aceptabilidad dentro de los consumidores, como si se tratara de cualquier otro tipo de alimento.

No porque un alimento sea bajo en grasa o sacarosa tiene que ser de sabor desagradable y poco apetecible para su consumo (Anmat, 2011).

Leyes alimentarias internacionales y nacionales, establecidas por organizaciones competentes, regulan el uso de los edulcorantes. Toman en cuenta aspectos toxicológicos, microbiológicos y sobre todo de seguridad, para detectar los posibles riesgos que el compuesto en cuestión pudiera tener en la salud del hombre. Antes de que un edulcorante sea utilizado en la elaboración de algún producto debe cumplir con las disposiciones establecidas por estas organizaciones (Potter, 2008)

La IDA (Ingesta Diaria Admisible), es la cantidad aproximada de un aditivo presente en un alimento, expresada en relación con el peso corporal y que se puede ingerir a diario, durante toda la vida de una persona, sin que llegue a representar un riesgo apreciable para la salud.

La IDA se expresa en mg/kg de peso corporal/día, la IDA es estipulada por los organismos internacionales regulatorios sobre alimentos, estableciendo por ejemplo para la Sacarina un IDA de 0-5 mg/kg/día (ver Cuadro 1) (Alonso, 2010)

**Cuadro 1. Ingesta diaria admisible (IDA) de edulcorante, según  
FAO y EFSA.  
(mg/kg/día)**

<b>Edulcorante</b>	<b>FAO (Organización de las Naciones unidas para la Alimentación Y la Agricultura)/OMS(Organización Mundial de la Salud)</b>	<b>EFSA (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria)</b>
Acesulfame K	0-15	0-9
Aspartame	0-40	0-40
Ciclamato de Na/Ca	0-11	0-7
Sacarina de Na/Ca	0-5	0-5
Sucralosa	0-15	0-10

Fuente: Alonso (2010)

## **2.7. Descripción de edulcorantes más importantes**

Los edulcorantes se basan en principios descubiertos hace más de medio siglo, y la mayor parte de ellos se han formulado en el siglo pasado, características como poder edulcorante, inocuidad, coloración y sus mejoras y reformulación para satisfacer las demandas de calidad y sostenibilidad en su uso se han logrado en el presente siglo, a partir de las exigencias de los fabricantes de alimentos por ofrecer productos apropiados a las nuevas corrientes de cuidado de la salud (FAO, 2012).

Renwick (2010), señala que los edulcorantes artificiales son los productos endulzantes de mayor uso actualmente debido a la potencia, costo y beneficios calóricos que reportan, entre los que se hallan productos como acesulfame, aspartame, alitame, ciclamato, sacarina y sucralosa, en diferentes países de América (Estados Unidos, Canadá, Brasil), Europa (Finlandia, Reino Unido, Alemania,

Dinamarca, España, los Países Bajos, Noruega, Dinamarca, Italia, Francia), Australia, Nueva Zelanda y Corea. Es de resaltar que este autor indica que no hay IDA oficial establecida en los países mencionados de acuerdo a los artículos revisados en esta publicación y que cada estado o nación promueve una lista propia de estos productos según sus investigaciones y parámetros sanitarios pre-establecidos.

A continuación se presentan detalles de los edulcorantes más usados en el mundo.

### **2.7.1. Alitame**

Se vende bajo el nombre de Aclame™. El alitame es un edulcorante formado de los aminoácidos ácido L-aspártico y D-alanina y una nueva amina (Farfán y Rodríguez, 2011).

Es 2000 a 3000 veces más dulce que la sacarosa, con un sabor limpio y dulce y tiene propiedades edulcorantes sinérgicas cuando se combina con otros edulcorantes bajos en calorías. Debido a que es un edulcorante de alta intensidad, su contribución calórica en la dieta es insignificante (Farfán y Rodríguez, 2011).

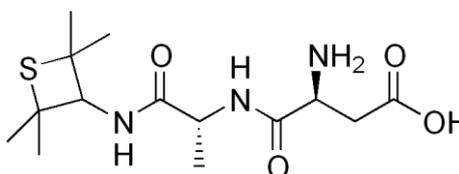
El ácido aspártico del alitame se metaboliza completamente en el cuerpo. El compuesto alanin-amida pasa a través del cuerpo con un cambio metabólico mínimo (Farfán y Rodríguez, 2011).

El alitame es completamente soluble en agua y es estable al calor y al pH. Tiene una vida de anaquel excelente pero puede producir sabores discordantes durante un almacenamiento prolongado en algunas condiciones ácidas. Se puede usar en productos en donde ya se estén utilizando endulzantes, como en productos

horneados, bebidas frías y calientes, preparaciones de fruta, goma de mascar y productos farmacéuticos (Morales, 2010).

Pfizer Inc., la compañía que descubrió el alitame, ha realizado estudios completos en animales y humanos para apoyar su afirmación de que el alitame es seguro para el ser humano y a pedido a la FDA (Food and Drug Administration / Administración de Medicamentos y Alimentos de los Estados Unidos) su aprobación para aplicarlo en su amplia variedad de alimentos y bebidas. El alitame ha sido aprobado para usarse en una variedad de alimentos y bebidas en Australia, Nueva Zelanda, México y China (Saulo, 2009).

Su estructura molecular es la siguiente (Figura 2):



**Figura 2. Estructura química del Alitame**

Fuente: Morales (2010)

Fórmula química:



El Alitame tiene los siguientes beneficios:

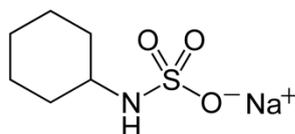
- Sabor dulce puro. Perfil de dulzura cercano a la sacarosa.
- Excelente estabilidad a alta temperatura por lo que puede utilizarse en comidas y productos horneados.
- Apto para diabéticos.
- Seguro para los dientes.
- Sinérgico cuando se lo combina con ciertos otros edulcorantes bajas calorías tales como el acesulfame K, la sacarina y el

ciclamato (las combinaciones son más dulces que la suma de los edulcorantes individuales).

### 2.7.2. Ciclamato

El ciclamato es un edulcorante no calórico (no nutritivo) que es 50 veces más dulce que la sacarosa y es utilizado ampliamente en alimentos y bebidas. Es el menos intenso de los edulcorantes de alta intensidad. Es estable bajo un amplio rango de temperaturas y tiene una larga vida de anaquel. Por su solubilidad, es atractivo para aplicarlo en bebidas y en una variedad de alimentos incluyendo los productos horneados (Benjumea y Correa, 2011).

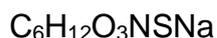
Su estructura molecular es la siguiente (Figura 3):



**Figura 3. Estructura química del Ciclamato**

Fuente: Morales (2010)

Fórmula química:



Se produce por la sulfonación de la ciclohexilamina, procedente del petróleo (Badui, 1999).

Cuando se usa con edulcorantes de bajas calorías, particularmente con sacarina, se obtiene un producto más dulce que con los edulcorantes individuales. La mayoría de la gente no metaboliza el ciclamato (Benjumea y Correa, 2011).

El ciclamato ha sido aprobado para usarse en Canadá y en más de 100 países en Asia, América del Sur, Europa y África. El uso del ciclamato está autorizado en el Perú, para usarse en alimentos y bebidas de consumo humano. Debido a un estudio muy controversial, que sugería que el ciclamato podría estar relacionado con el desarrollo de tumores en ratas, se prohibió el uso de ciclamato en Estados Unidos a partir de 1970. En 1984, el Cáncer Assessment Committee de la FDA revisó las evidencias científicas y concluyó que el ciclamato no es carcinogénico. La National Academy of Sciences reafirmó esta conclusión en 1985, pero la prohibición de su uso persiste en EEUU de Norte América. (Saulo, 2009).

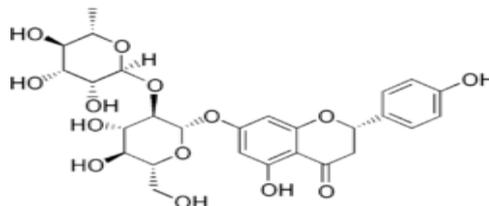
### **2.7.3. Dihidrochalconas**

También conocidas como DHCs, las dihidrochalconas son edulcorantes no calóricos derivados de los bioflavonoides de frutas cítricas que son 300 a 2,000 veces más dulces que la sacarosa, está codificado como E-959. Las DHCs dan un prolongado sabor dulce con un regusto a regaliz. El Neo-DHC de las naranjas de Sevilla es 1,500 veces más dulce que la sacarosa y, actualmente, tiene el mayor potencial para utilizarse en alimentos como gomas de mascar y dulces, así como otras aplicaciones en pasta de dientes, enjuagues bucales y algunos productos farmacéuticos. Entre sus presentaciones se conoce la que viene como un polvo cristalino, blancuzco, inodoro, de un sabor característico intensamente dulce. Aproximadamente entre 1000 y 1800 veces más dulce que la sacarosa (Benjumea, 2011).

Las DHCs están aprobadas para usarse en Estados Unidos de Norte America, como saborizante en productos horneados, bebidas, goma de mascar, productos lácteos congelados, dulces y

salsas. Estos edulcorantes también están aprobados para usarse en la Unión Europea y en Zimbabwe (Saulo, 2009).

Su estructura molecular es la siguiente (Figura 4):



**Figura 4. Estructura química de la dihidrochalcona**

Fuente: Morales (2010)

Fórmula química:



#### 2.7.4. Glicirricina

La glicirricina es un edulcorante no calórico que se extrae del regaliz y es de 50 a 100 veces más dulce que la sacarosa. Debido a su sabor típico a regaliz, su uso es limitado. Es utilizado como saborizante en el tabaco, productos farmacéuticos y en algunos productos de confitería. También se usa como agente espumante en algunas bebidas sin alcohol. Glicirricina está aprobado en Estados Unidos como sabor o reforzante de sabor (Saulo, 2009).

Químicamente, la glicirricina es un glucósido de saponinas triterpenoides. Con la hidrólisis, el glicósido pierde su sabor dulce y se convierte en el ácido glicirretínico aglicona más dos moléculas de ácido glucurónico. La forma de ácido no es particularmente soluble en agua, pero su sal de amonio es soluble en agua a pH superior a 4.5 (Saulo, 2009).

Se reconocen como efectos secundarios de su uso la hipertensión y el edema, relacionados con la inhibición del metabolismo del cortisol en el riñón, y la posterior estimulación de los receptores de mineralocorticoides (Saulo, 2009).

#### **2.7.5. Taumatina**

La taumatina es una mezcla de proteínas intensamente dulces extraídas con agua de la fruta katemfe (*Thaumatococcus danielli*) del Oeste de África. La fruta contiene de una a tres semillas negras cubiertas por un gel y cubierta por una membrana que contiene la sustancia dulce. La taumatina es 2,000 veces más dulce que la sacarosa, con una percepción dulce lenta pero prolongada y con un regusto parecido al regaliz. Tiene efectos endulzantes sinérgicos con sacarina, acesulfame-K y esteviósido. A pesar de que no se puede usar en productos horneados o hervidos, se puede usar como un extensor de sabor en algunos productos cosméticos y farmacéuticos (Saulo, 2009).

La taumatina está aprobada para usarlo en alimentos y bebidas en Israel, Japón y la Unión Europea. Está aprobado para usarse en Estados Unidos como un reforzante de sabor en bebidas, mermeladas y jaleas, condimentos, productos lácteos, yogurt, queso, gomas de mascar, café instantáneo y té. La taumatina está disponible bajo la marca Thalin™ (Saulo, 2009).

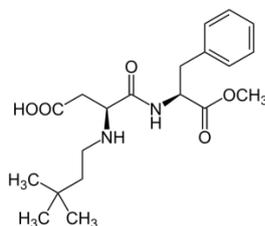
#### **2.7.6. Neotame**

Es un nuevo endulzante intensivo y realzador de sabor que ya ha sido aprobado por la FDA (Food and Drug Administration) para ser utilizado en alimentos y bebidas en general dentro de los Estados Unidos de América. Otros países que cuentan con su aprobación son: Australia, Nueva Zelanda y México. En breve se espera

obtener la aprobación para su utilización en el resto de los países de Latinoamérica y el mundo (Torres, 2011).

El neotame representa la culminación de más de 20 años de investigación y desarrollo con miras a identificar la siguiente generación de endulzantes. El neotame ofrece nuevas opciones a los fabricantes de alimentos, no sólo como edulcorante, sino también como acentuador del sabor (Torres, 2011).

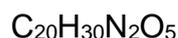
Su estructura química es la siguiente (Figura 5):



**Figura 5. Estructura química de la Neotame**

Fuente: Morales (2010)

Fórmula química:

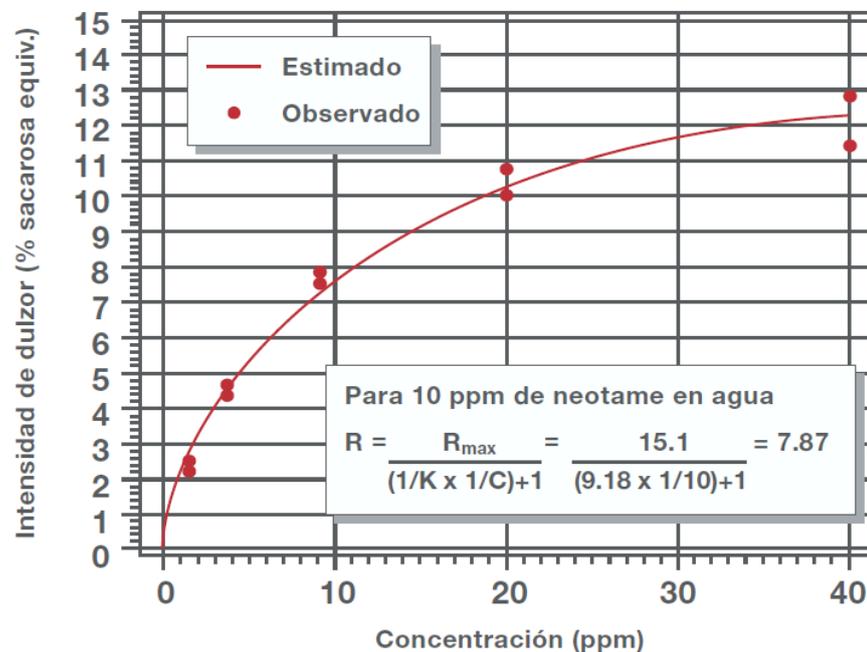


El Neotame proporciona varias ventajas como dulcificante y/o reforzador del sabor en sistemas de alimentos y bebidas (Prakash y otros, 2008).

El neotame es alrededor de 35 a 65 veces más dulce que el aspartame y su intensidad variará dependiendo, tanto de la cantidad de dulzor que se requiere, como de la aplicación en la que se use. La alta intensidad única de este endulzante implica el uso de dosis pequeñísimas para lograr el dulzor deseado (Torres, 2011).

Para igualar el sabor de productos dietéticos y no dietéticos existentes, el neotame puede mezclarse con endulzantes nutritivos como la sacarosa y el jarabe de maíz de alta fructosa, al igual que con otros endulzantes de alta intensidad, como el aspartame, el acesulfame-K y la sacarina. El neotame puede también utilizarse para crear nuevos y apetitosos sabores en una gran variedad de alimentos y bebidas.

La curva de concentración – respuesta del Neotame en agua (Figura 6), es la siguiente:



**Figura 6. Curva de concentración- respuesta del Neotame en agua**

Fuente: Borges y Rogert (2009).

Por su excelente sabor, el neotame ofrece a los fabricantes de alimentos y bebidas mayor flexibilidad y mayor valor para el desarrollo de productos que satisfagan las expectativas de sabor de los consumidores. Para igualar el sabor de los productos existentes, a un costo considerablemente menor, el neotame puede mezclarse tanto con endulzantes nutritivos como con la

sacarosa y el jarabe de maíz de alta fructosa, al igual que con endulzantes de alta intensidad. Algunos usos recomendados son:

- Bebidas.
- Endulzantes de mesa.
- Goma de mascar y confitería.
- Productos de repostería.
- Postres congelados, helados y yogures.
- Cereales.

Neotame ofrece la posibilidad de reducir calorías y el contenido de sacarosa sin cambiar el perfil de sabor característico del producto. Si se desea declarar el contenido nutricional, éste deberá hacerse de acuerdo con las normas respectivas, establecidas por las autoridades sanitarias del país correspondiente (Torres, 2011).

El Neotame es funcional como endulzante de bebidas carbonatadas, particularmente cuando la fórmula tiene valores de pH entre 3.2 y 4.5. La vida media ( $t_{1/2}$ ) del neotame a 25°C, en una bebida gaseosa, a un pH de 3.2, es de alrededor de 21 semanas. El pH óptimo para el neotame en solución es de 4.5, con la  $t_{1/2}$  proyectada de aproximadamente 70 semanas. Aunque la pérdida de neotame no depende de la concentración, y su estabilidad no parece ser afectada por la presencia de otros endulzantes, la presencia de éstos puede incrementar la percepción de dulzura con el tiempo, dando como resultado una vida útil más prolongada. Numerosas bebidas sin gas y bebidas lácteas sufren diversos procesos térmicos, como por ejemplo la pasteurización (Torres, 2011).

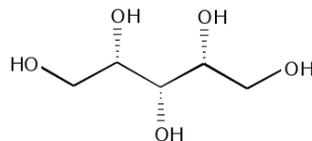
Así, para determinar la repercusión de condiciones extremas de temperatura sobre el neotame, se prepararon muestras de bebidas con pHs de 3.2 y 6.5 y fueron expuestas bajo condiciones de alta

temperatura-corto tiempo (HTST por sus siglas en ingles) a 88°C por 30 segundos y enfriados gradualmente hasta alcanzar 32°C. Aún bajo estas rigurosas condiciones, no se observaron pérdidas significativas de neotame (<0.5%) (Torres, 2011).

### 2.7.7. Xylitol

Actúa como edulcorante, humectante, estabilizante, emulsionante y espesante. Es un polialcohol pentacarbonado. Se halla en muchas frutas, verduras e incluso es producido por el organismo humano. El poder edulcorante es equiparable al de la sacarosa. Presenta alta estabilidad térmica. Bajo punto de fusión (94 ° C). Rápida cristalización. Evita el desarrollo de ciertos organismos nocivos para los alimentos. Resiste la fermentación de las bacterias de la boca. Neutraliza el ácido producido por la fermentación de carbohidratos. Favorece la re-mineralización (Morales, 2010).

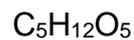
Su estructura química es la siguiente (Figura 7):



**Figura 7. Estructura química de la Xylitol**

Fuente: Morales (2010)

Fórmula química:



### **2.7.8. Jarabe de maíz rico en fructosa**

El jarabe de maíz rico en fructosa, es una mezcla de moléculas simples de glucosa y fructosa, que se obtiene del almidón de maíz (Borrego, 2010).

Es un producto dulce, transparente de bajo contenido de cenizas y tiene una dulzura de 90 con relación a 100 de la sacarosa (Borrego, 2010).

Se puede utilizar en la elaboración de numerosos productos: bebidas gaseosas, bebidas de frutas, bebidas deportivas, productos horneados, caramelos, mermeladas, yogures, alimentos enlatados y otros alimentos endulzados (Borrego, 2010).

### **2.7.9. Aspartame**

El aspartame, edulcorante sintético de alta intensidad, es el resultado de la unión de dos aminoácidos esenciales para la vida; la fenilalanina en forma de ester-metílico N-L- $\alpha$ -aspartico-L-Fenilalanina-1-metiléster y el ácido aspártico L1 -aspártico (Morales, 2010).

El aspartame es aproximadamente 100 a 200 veces más dulce que la sacarosa y aparentemente no tiene un resabio amargo como otros edulcorantes. Su empleo se ha difundido mucho en la última década. Sobre todo en la industria de las bebidas refrescantes bajas en calorías (Morales, 2010).

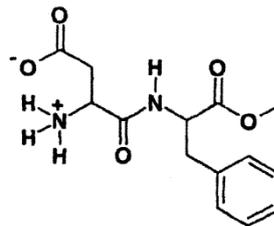
Se sintetiza a partir del ácido aspártico y del ester-metílico de fenilalanina. Esta síntesis puede realizarse por varias vías:

- Vía química produciendo otros productos secundarios.

- Vía enzimática. Es más específica pudiendo obtener aspartame directamente o una molécula precursora del aspartame (Morales, 2010).

Entre los productos elaborados con aspartame destacan: las bebidas carbonatadas, bebidas efervescentes, bebidas sin alcohol, tabletas edulcorantes, goma de mascar, dulces, gelatinas, cereales de desayuno, gelatinas, productos lácteos (yogures, helados), derivados de frutas, caramelos, pudines, etc. (Borrego, 2010).

Su estructura química se muestra en la (Figura 8):



**Figura 8. Estructura química del Aspartame**

Fuente: Morales (2010).

Fórmula química:  $C_{14}H_{18}N_2O_5$

#### 2.7.10. Acesulfame K

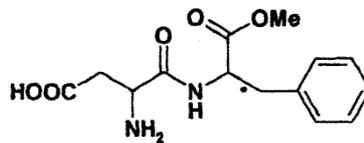
Este edulcorante sintético de alta intensidad es la sal potásica del 6-metil-1,2,3-oxatiazin-4(3H)-ona-2,2-dióxido. Es un polvo cristalino, blanco, inodoro, de sabor intensamente dulce. Este edulcorante, es aproximadamente 200 veces más dulce que la sacarosa, presentando un dulzor intermedio entre el del ciclamato y la sacarina. Puesto que el acesulfame K posee un

sabor metálico y amargo que se aprecia a medida que se aumenta su concentración (Fennema, 2009).

Industrialmente se puede conseguir la síntesis de este componente vía condensación de fluorosulfonilisocianato con acetoacetato de terbutilo o con propilo. También a partir de acetoacetamida, de síntesis más sencilla (Morales, 2010).

El acesulfame K, se emplea en una gran cantidad de alimentos y bebidas, entre ellas los edulcorantes de mesa, los postres, los budines, los productos horneados, las bebidas sin alcohol, las golosinas y los alimentos enlatados. También se usa en los productos farmacéuticos y de higiene oral (Borrego, 2010).

Su estructura química es la mostrada en la (Figura 9):



**Figura 9. Estructura química del Acesulfame K**

Fuente: Morales (2010).

Fórmula química:  $C_4H_4NO_4SK$ .

### 2.7.11. Sacarina

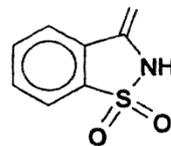
La sacarina es uno de los edulcorantes más empleados, La sacarina fue el primer edulcorante acalórico que se descubrió, creando una gran expectación entre personas diabéticas y obesas, es aproximadamente 300 a 400 veces más dulce que la sacarosa con el inconveniente de que provoca un resabio amargo al consumirla (Morales, 2010).

La sacarina es ligeramente soluble en agua, soluble en soluciones básicas y escasamente solubles en etanol.

La forma más conocida es la sal sodica. Tiene un sabor residual amargo, sobre todo cuando se utiliza a concentraciones altas. Al igual que el ciclamato, es un edulcorante que resiste el calentamiento y los medios ácidos, por lo que es muy útil en muchos alimentos procesados (Morales, 2010).

Se utiliza en una gran variedad de bebidas y alimentos de bajo contenido calórico y sin azúcar, entre ellos los edulcorantes de mesa, los productos horneados, las mermeladas, helados, la goma de mascar, las frutas enlatadas, las golosinas, las salsas para postres y los aderezos para ensaladas. También se usa en productos cosméticos, vitaminas y productos farmacéuticos (Borrego, 2010).

La estructura química de la sacarina se muestra en la (Figura 10):



**Figura 10. Estructura química de la Sacarina**

Fuente: Morales (2010).

Su fórmula es:  $C_7H_5NO_3S$ .

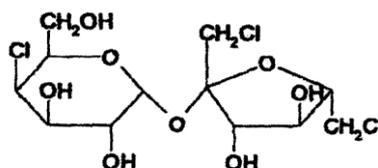
### 2.7.12. Sucralosa

Se denomina sucralosa al compuesto químico 1,6-dicloro-1,6-dideoxi--D-fructofuranosil-4cloro-4deoxi- $\alpha$ -D-galactopiranosido, se le llama también triclorogalactosacarosa ó 4, 1, 6-triclorogalactosacarosa (Borrego, 2010).

La sucralosa es un edulcorante no nutritivo, de bajas calorías, que tiene prácticamente la misma estructura que la sacarosa, aunque es 600 veces más dulce. Es el único edulcorante que se obtiene a partir de la sacarosa (Borrego, 2010).

Se utiliza en una gran variedad de productos que incluye los edulcorantes de mesa, cremas para untar en pastelería, bebidas no carbonatadas, bebidas refrescantes, gomas de mascar, productos lácteos, helados, frutas enlatadas, etc. (Borrego, 2010).

Su estructura química se presenta en la (Figura 11):



**Figura 11. Estructura química de la Sucralosa**

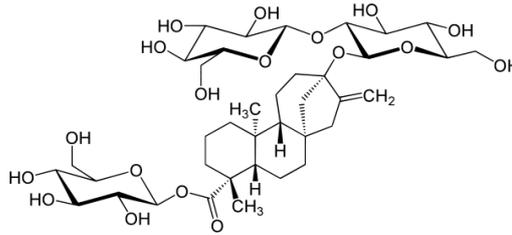
Fuente: Morales (2010).

Formula química:  $C_{12}H_{19}Cl_3O_8$

### 2.7.13. Estevióside y rebaudiósido

Desde 1970, estevióside se ha utilizado en Japón, solo o combinado con otros edulcorantes en bebidas, encurtidos, mariscos secos, sabores, dulces, gomas de mascar y endulzantes de mesa. También se ha aprobado en Corea del Sur y Brasil. En 1999, JECFA (Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios) y EU-SCF (Scientific Committee on Food) revisaron estudios disponibles y concluyeron respecto a que la información científica actual no es suficiente para respaldar su aplicación como edulcorante.

Posteriormente, en 2004, la JECFA hizo otra revisión en la que se otorgó una designación temporal para un consumo diario aceptable de estevióside de 2 mg/kg en base al peso corporal. Para eliminar esta designación temporal, JECFA solicitó para el 2007, información adicional sobre los efectos farmacológicos de estevióside en humanos así como datos analíticos. Citando pruebas insuficientes, la FDA no ha permitido el uso de estevióside en Estados Unidos como aditivo endulzante para alimentos, pero puede venderse como suplemento dietético sin ninguna referencia a la dulzura (Saulo, 2009). Sin embargo, a partir del 2010, la propia FDA, ha emitido comunicados afirmando que la estevia es una hierba segura para fines alimentarios dando pase a las peticiones de empresas grandes como Coca-Cola, Pepsico y Natura Universal; y reconocido que la *estevia rebaudiana* es un componente calificado como GRAS (generalmente reconocidos como seguros, por sus siglas en inglés). Su estructura molecular (Figura 12) es la siguiente:



**Figura 12. Estructura química del esteviósido**

Fuente: Morales (2010)

Fórmula química:



El esteviósido es el principal compuesto de importancia comercial presente en la stevia, este se aísla de la planta en donde está presente en porcentajes de entre 5% y 10%, y posteriormente es purificado; éste aporta el 65% de la dulzura de la stevia. El esteviósido es responsable del sabor residual amargo de la stevia. Los procesos de transformación pueden llevarse a cabo de manera artesanal y consisten en un secado y un molido de las hojas; sin embargo, cabe anotar que a escala industrial existen empresas que han desarrollado sofisticados métodos de transformación para la obtención de edulcorante concentrado (este proceso industrial puede resumirse en las siguientes etapas: extracción con solventes orgánicos, filtración, precipitación, cristalización y secado) (Torres, 2011).

Las propiedades físico-químicas del esteviósido en el procesamiento de alimentos son:

- Resistencia al calor: Presenta estabilidad a las temperaturas habituales en el procesamiento de alimentos. Se funde a 238 °C. Inclusive hay textos donde hablan hasta los 350 °C en resistencia sin caramelizarse.

- Alteración del color: no se observa oscurecimiento, aún en las condiciones más rigurosas de procesado de alimentos.
- Solubilidad: es altamente soluble en agua, alcohol etílico y metílico e insoluble en éter.
- Resistencia al pH: es suficientemente estable entre pH 3 a 9.
- Contenido de calorías: Es un producto no calorífico y no presenta ninguna metabolización por el organismo humano, característica que lo hace un producto más saludable y adecuado para usos dietéticos.
- Capacidad osmótica: presenta buenas propiedades osmóticas para la preparación de pickles (sazonantes) dulces (Japón).
- Fermentabilidad: no es fermentable, ni atacado por las bacterias orales. No es hidrolizable por *Aspergillus niger*, ni por el fermento seco de levaduras. Se hidroliza con ácido sulfúrico diluido y por diastasas.

La mayor parte de los autores coinciden en que el esteviósido es 300 veces más dulce que la sacarosa y el rebaudiósido A, 400. Pero debido a las extraordinarias características de potenciar su dulzura por la acción de diversas sustancias comunes en la formulación de alimentos, tales como cloruro de sodio, leche, ácidos, etc., se puede fijar como valores razonables de poder edulcorante para la mezcla natural de glucósidos, un rango de 100 a 400, dependiendo de cada alimento (Midmore, 2010).

Conjuntamente con el sabor dulce, el esteviósido presenta un sabor secundario, persistente, definido como sabor a regaliz-mentol, detectable a altas concentraciones. Este sabor secundario es evidente en el extracto natural. El rebaudiósido

A posee un sabor dulce más puro. Este sabor no deseado se puede enmascarar con la utilización de combinaciones de otras sustancias edulcorantes. Los mejores resultados se obtienen con sacarosa y glucosa, siguiéndoles la fructosa, sorbitol y maltitol (Torres, 2011).

Con respecto a la velocidad de percepción del sabor del esteviosido, se observó que la curva de intensidad percibida en función del tiempo, tiene una gran similitud con la correspondiente a la sacarosa en lo que respecta a la ubicación del máximo, pero presenta una diferencia en la duración o persistencia del sabor, siendo menor, aunque la similitud es superior a la de cualquier otro edulcorante actualmente utilizado (Midmore y Rank, 2010).

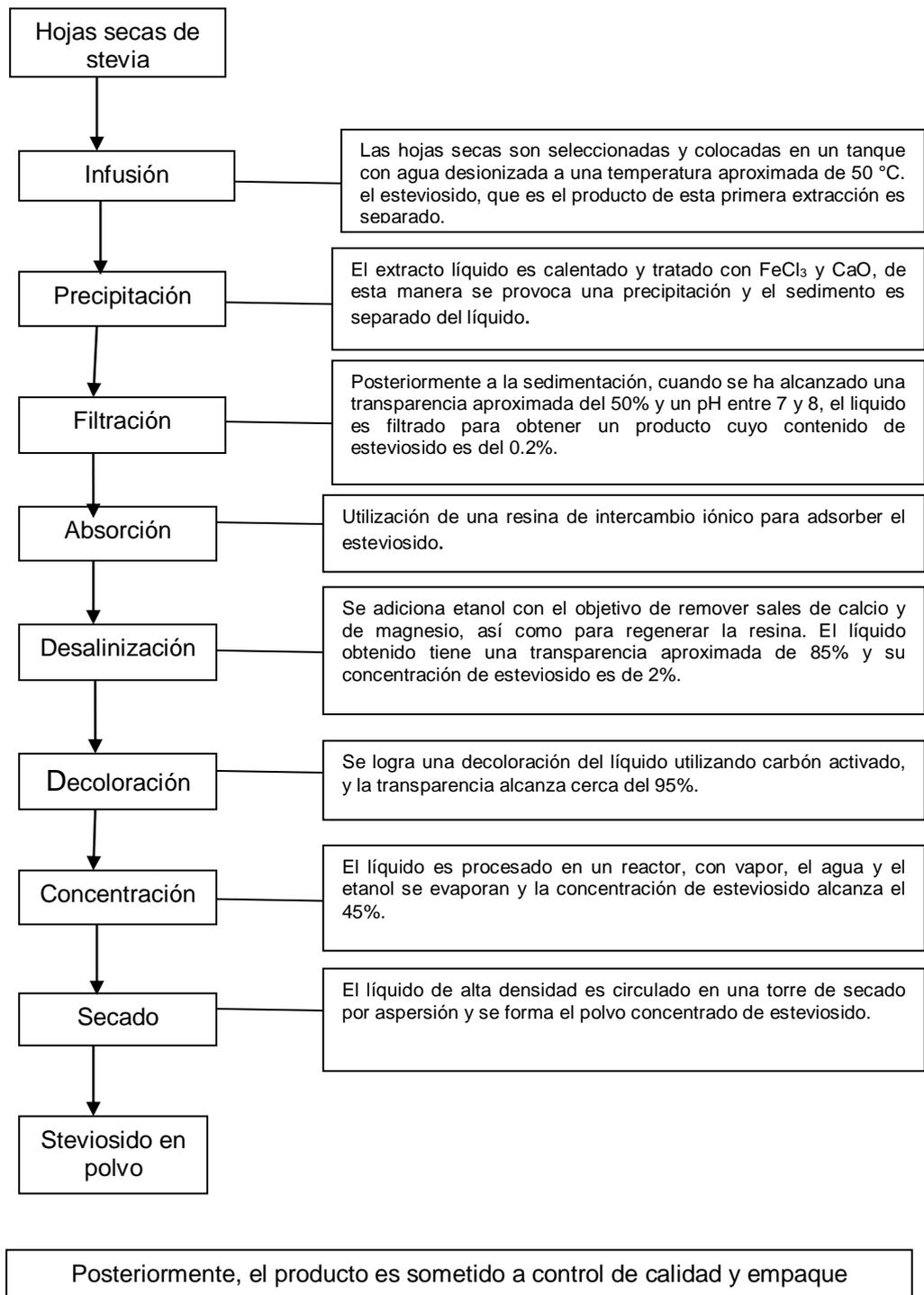
Con el fin de suavizar la persistencia del sabor dulce, se obtienen buenos resultados con el agregado de fructosa, glucosa, péptidos, aminoácidos, ácidos cítrico, acético, láctico, málico y tartárico. El esteviosido presenta sinergismo con el aspartame, sacarina, glucosa, fructosa y muchas otras sustancias edulcorantes. La primera prueba de inocuidad del esteviosido es la utilización de las hojas de Stevia por los indígenas guaraníes durante varios siglos, y por los habitantes de Paraguay, hasta la actualidad, sin observarse efectos colaterales. Ya aislados los principios activos de la Stevia, comenzaron los ensayos de laboratorio con el fin de detectar posibles efectos toxicológicos. En 1931, Ponjaret y Lavielle, observaron que tras la administración subcutánea del mismo en cobayos, no se producían afecciones hemolíticas ni otros efectos tóxicos (Torres, 2011).

En 1968, Plana y Kuc, informaron que suministrando una solución de esteviósido a ratas, se observaba una reducción del 20 al 30% de la fertilidad. Posteriormente, Persinos y Whistler, y más tarde, Doffmann y Nes demostraron que dicho efecto no se debía al esteviósido sino al dihidroesteviol, compuesto inexistente en las hojas de Stevia y producido durante la extracción o purificación defectuosas (Torres, 2011).

En Japón, previo a la utilización masiva del esteviósido, se realizaron rigurosos ensayos que probaron su inocuidad, y se concluyó que el esteviósido, con un 90% de pureza, no poseía actividad mutagénica o teratogénica, coincidiendo, además, con otros estudios realizados anteriormente. Por otra parte, se observaron efectos beneficiosos de esta sustancia en la prevención de caries dentales, no sólo por la disminución de azúcares en la boca, sino que, además se demostró que el mismo inhibe el desarrollo de bacterias orales cariogénicas (Torres, 2011; Midmore, 2010).

El Rebaudiósido A, aporta el 35% del sabor dulce de la planta y es más dulce que el esteviósido, ya que en comparación con la sacarosa es más fuerte entre 180 y 400 veces; este compuesto no genera sabor residual. Su extracción es muy similar al del esteviósido.

En cuanto al procesamiento y tecnología para extractos de stevia, se conocen un gran número y variedad de patentes de procesos de extracción y purificación del esteviósido y Rebaudiosido. Uno de los más empleados se aprecia en la Figura 13.



**Figura 13. Proceso de industrialización de la Stevia**

Fuente: Arnau (2012).

La mayoría del proceso comercial de la stevia ocurre en Japón, quienes disponen de docenas de patentes que describen los métodos para la extracción de los glucósidos del steviol. Los procesos favorecidos de la extracción implican cuatro pasos: extracción acuosa o solvente, intercambio de ion, precipitación o coagulación con la filtración, cristalización y sequedad (Arnau, 2012).

Si en el proceso no se obtiene un producto con sabor aceptable se aplican otros tratamientos tales como modificaciones enzimáticas o químicas, pero el producto resultante no podría llamarse natural. Este hecho disminuiría significativamente su valor desde el punto de vista de la comercialización del producto (Torres, 2011).

### Usos y aplicaciones de la Stevia

Los usos más comunes se aprecian en el Cuadro 2.

**Cuadro 2. Usos de la Stevia y sus productos.**

<b>APLICACIÓN</b>	<b>USOS</b>
Alimentación	Edulcorante de mesa
	Edulcorante en bebidas alcohólicas y no alcohólicas
	Edulcorante en helados y derivados lácteos
	Edulcorante en productos de pastelería
	Edulcorante en mermeladas y salsas. Condimento para pescados y vegetales
	Enmascarador de sabores y aromas
Usos medicinales	Productos de higiene bucal (cremas, enjuagues, etc) Productos para el cuidado de la piel Productos para el tratamiento de la hipertensión Bactericida
	Fuente de antioxidantes
	Productos para diabéticos
Otros	Aditivo y saborizante de productos de tabaco

Fuente: Arnau (2012)

Dentro de la medicina botánica las hojas de stevia (frescas o secas) se utilizan en el tratamiento de la diabetes como regulador de la sacarosa en la sangre, como hipotensor, como regulador de las funciones gastrointestinales, y como coadyuvante en tratamientos de problemas de la piel como el acné, la seborrea, la dermatitis y el eczema, y a escala industrial, en gran variedad de procesos.

Existen dos nuevos edulcorantes: tagatosa y trehalosa. La tagatosa se presenta naturalmente en los productos lácteos, pero el producto comercial se obtiene vía un proceso patentado; es de dulzor parecido al azúcar, pero proporciona solamente 1.5 kcal/g.

Tiene potencial para el uso en muchos productos donde la sacarosa se utiliza actualmente, por ejemplo: dulces, helados, refrescos, cereales, y los reemplazos de la comida. Es sinérgico con otros edulcorantes y puede ser utilizado con los edulcorantes con pocas calorías para mejorar textura y sabor. Su solubilidad en agua es similar a la de sacarosa. No es higroscópica, con actividad de un agua más baja que la sacarosa. La tagatosa contiene productos “pardeados” más fácil que los obtenidos en el horno y su eficiencia radica en sus propiedades prebióticas (Marquina y Santos, 2011).

## **2.8. Edulcorantes para bebidas aprobados en diferentes países**

En la Unión Europea, la armonización de la legislación, es decir, garantizar que todos los estados miembros cuentan con leyes y reglamentos similares, es un proceso continuo. La armonización de la legislación sobre productos alimenticios, especialmente la relativa a los aditivos, constituye un logro excepcional. El 30 de junio de 1994

se aprobó la Directiva 94/35/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a los edulcorantes utilizados en los productos alimenticios (también conocidas como “Directiva sobre edulcorantes”. Esta directiva se ha modificado en tres ocasiones, con el fin de adaptarse al ritmo de los avances tecnológicos en el área de los edulcorantes. Los artículos de esta ley contienen explicaciones y disposiciones especiales sobre la utilización de edulcorantes en alimentos y bebidas; el anexo de esta Directiva indica los niveles máximos de utilización de cada uno de los edulcorantes bajos en calorías en una categoría alimenticia determinada.

En la fecha más reciente, el Parlamento Europeo y el consejo aprobaron un reglamento marco (Reglamento N° 1333/2008) que consolidara, todas las autorizaciones vigentes de edulcorantes y aditivos alimentarios en un único texto legal. Hasta entonces continuara vigente la lista de autorizaciones de edulcorantes que figura en el anexo de la Directiva 94/35 sobre edulcorantes.

Actualmente en la Unión Europea están autorizados los siguientes edulcorantes bajos en calorías: acesulfame-K (E-950), aspartame (E-951), sal de aspartame- acesulfame (E-962), ciclamato (E-952), neohesperidina dihidrocalcona (E-959), sacarina (E-954), sucralosa (E-955), y taumatina (E-957) (*Codex Alimentarius*, 2011).

Cada edulcorante bajo en calorías se autoriza conforme a un nivel de uso establecido para ese edulcorante en concreto, al margen de si se utiliza solo o combinado con otros. La cantidad de aditivos alimentarios permitida en diferentes alimentos y bebidas se determina de modo que incluso un consumo diario medio elevado durante periodos prolongados no superaría la ingesta diaria admisible.

Evaluación de la seguridad de edulcorantes bajos en calorías individuales realizada recientemente por el Comité Científico de Alimentos (SFC) de la EFSA:

- E-950: Acesulfame-K, 9 de marzo de 2000: IDA 0-5 mg/kg de peso corporal.
- E-951: Aspartame, 4 de diciembre 2002: IDA 0-40 mg/kg de peso corporal. La EFSA confirmó nuevamente la seguridad del aspartame en mayo de 2006.
- E-962 sal de aspartame-acesulfame, 8-9 de marzo de 2000: la porción de aspartame y acesulfame en la sal de aspartame - acesulfame corresponde a los valores de IDA establecidos previamente para el aspartame y al acesulfame-K (respectivamente, 0-40 mg/kg de peso corporal por día en el caso del aspartame y 0-9 mg/kg de peso corporal por día en el caso del acesulfame-K).
- E-952: Ciclamato, 9 de marzo de 2000: IDA 0-7 mg/kg de peso corporal.
- E-959: Neohesperidina dihidrochalcona, 10 de noviembre de 1988: IDA 0-5mg/kg de peso corporal.
- E-954: Sacarina, 2 de junio de 1995: IDA 0-5 mg/kg de peso corporal.
- E-955: Sucralosa, 7 de setiembre de 2000: IDA 0-15 mg/kg de peso corporal.
- E-957: Taumatina, 10 de noviembre de 1988: no especificado (JECFA, 2011).

Antes de que se autorice su utilización en alimentos y bebidas, todos los edulcorantes bajos en calorías son objeto de un riguroso análisis por parte de comités de expertos científicos nacionales e internacionales. Entre estos organismos internacionales se encuentran el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos

Alimentarios, en el ámbito internacional, y la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) en el ámbito europeo, además de agencias nacionales de seguridad alimentaria. Se encargan de evaluar la seguridad de los edulcorantes bajos en calorías cuando se ha solicitado su utilización en un determinado mercado. El detallado y minucioso procedimiento de aprobación de estos productos y las rigurosas pruebas que se llevan a cabo para obtener y mantener esa aprobación ha garantizado que, de los ingredientes alimentarios utilizados en la actualidad, los edulcorantes se encuentren entre los que son objeto de las pruebas más exhaustivas (Frangne, 2012).

Los promotores solo pueden solicitar la aprobación de un edulcorante tras completar amplias pruebas de seguridad y estar convencidos de la seguridad y utilidad del producto. La solicitud va acompañada de datos técnicos sobre el producto y de completa información obtenida en los estudios de seguridad.

Posteriormente, la EFSA estudia esta información. La independencia de la EFSA es crucial tanto para los reguladores como para los responsables de la toma de decisiones, la industria y los consumidores. Los promotores deben responder en todo momento las cuestiones planteadas por la EFSA, lo que, en ocasiones, puede hacer que se necesiten estudios adicionales. Por lo general, la obtención de una aprobación es un proceso largo; para la finalización y el análisis de los estudios de seguridad pueden ser necesarios entre 7 y 15 años, y su coste corre totalmente a cargo de quien presenta la solicitud (Frangne, 2012).

Tras la publicación de una opinión científica positiva por parte de la EFSA, la Comisión Europea elabora un borrador de propuesta de autorización de uso de edulcorante en alimentos y bebidas del mercado europeo.

Se dará entonces la aprobación, tras consultar con representantes del Estado miembro en el Consejo y el Parlamento Europeo y solo si los reguladores se muestran plenamente convencidos de que el producto es seguro. En el caso de los edulcorantes bajos en calorías que se encuentran actualmente en el mercado europeo, esto significa que son totalmente inocuos para el consumo humano.

Al igual que todos los ingredientes autorizados, los edulcorantes bajos en calorías son objeto de una evaluación permanente. La política de la UE es que “Los aditivos alimentarios deben mantenerse en observación permanente y someterse a una nueva evaluación siempre que sea necesario, en función de que varíen las condiciones de su uso o se disponga de nuevos datos científicos”. La EFSA, como organismo científico independiente, se encarga de las nuevas evaluaciones que pudieran ser necesarias (*Codex Alimentarius*, 2013).

Para identificar los aditivos alimentarios tanto en la legislación como en las etiquetas de los alimentos, la Unión Europea asigna a cada producto un número. En el caso de los edulcorantes, son los que se muestran, como ejemplos, en los Cuadros 3 y 4. Los edulcorantes de volumen aportan volumen o masa al alimento sólido al cual se añade. Los edulcorantes intensos requieren del uso de otros ingredientes que incorporen volumen o masa a alimentos como las mermeladas, jaleas y similares.

**Cuadro 3. Edulcorantes de Volumen**

<b>Edulcorante</b>	<b>Código</b>
Sorbitol	E-420
Manitol	E-421
Isomaltitol	E-953
Maltitol	E-965
Lactitol	E-966
Xylitol	E-967

Fuente: AINIA (2011)

**Cuadro 4. Edulcorantes Intensos**

<b>Edulcorante</b>	<b>Código</b>
Acesulfame potásico	E-950
Aspartame	E-951
Ciclamato	E-952
Sacarina	E-954
Taumatina	E-957
Neohesperidina DC	E-959

Fuente: AINIA (2011)

Además de la Unión Europea, existe un organismo supranacional que emite recomendaciones sobre las condiciones de uso de los aditivos alimentarios, aunque después es responsabilidad de cada gobierno elaborar la legislación que considere más conveniente. Este organismo es la JECFA (Joint Expert Committee for Food Additives), de la Organización Mundial de la Salud (FAO/WHO).

No existe uniformidad a nivel mundial en los aspectos legislativos: así, por ejemplo, el ciclamato se considera un aditivo de riesgo en algunos países como EE UU y otros, donde está prohibido su uso.

### III. PERCEPCIÓN HUMANA DEL SABOR DULCE

#### 3.1. Percepción humana del sabor dulce

En realidad la percepción de los sabores envuelve mucha subjetividad, tomando parte además un complejo entramado de sensaciones basadas a veces en recuerdos y asociaciones de ideas. La percepción del sabor es algo definitivamente cultural y se aprende. Ahora bien, se necesita (no sé porque, pero se hace) clasificar de alguna manera los sabores. No por un afán simplista que le quite valor a la complejidad comentada, sino para facilitar su estudio y facilitar también la “catalogación” de ciertos alimentos y bebidas. Por ello se habla de los cinco sabores: dulce, salado, amargo, ácido y umami (Gómez y Palma, 2011).

#### **Percepción de los sabores**

Intervienen cuatro de los sentidos humanos:

- 75% aroma
- 10% vista
- 10% gusto y
- 5% tacto (a veces).

El sabor que perciben los seres humanos al tomar los alimentos varía según la edad, sexo, hábitos, estado emocional, etc. Para poder percibir el sabor de una sustancia debe disolverse y difundirse por el poro gustativo. Las sustancias muy difusibles, sales y otros compuestos moleculares pequeños. Excitan más las terminaciones gustativas que las menos difusibles, como proteínas y otras sustancias moleculares grandes (JECFA, 2012).

Las sensaciones primarias del gusto son los sabores: dulce, ácido, amargo y salado; algunos autores defienden que las papilas gustativas pueden percibir estos cuatro sabores, pero existen diferencias de modo que cada papila tiene cierto grado de sensibilidad

mayor para uno o dos sabores. Las yemas o papilas fungiformes perciben el sabor dulce y se encuentran en la punta de la lengua, las papilas filiformes perciben los sabores salado y ácido y se encuentran en los laterales y, por último, las papilas caliciformes se encuentran en la parte posterior de la lengua y perciben el sabor amargo. El cerebro detecta el tipo de sabor según la proporción de estimulación de las diferentes yemas gustativas (Potter, 2008).

Algunos autores afirman que la percepción agradable o desagradable de los diferentes sabores depende del estado interno del organismo en un momento determinado, produciéndose el efecto denominado “hambre específica” que se refiere a la preferencia por una sustancia como respuesta a su deficiencia nutricional. Por ejemplo, si un individuo ha pasado mucho tiempo sin tomar sal, el sabor salado le resulta muy agradable, resultando desconocidas las causas que lo provocan. Cuando se ha consumido un exceso de sal, ocurre lo contrario (Potter, 2008; Frangne, 2012).

La alteración del gusto y el olfato comienzan alrededor de los 60 años de edad y llega a ser más grave en las personas de 70 años y se ve influida por el estado de salud así como por el uso de determinados medicamentos, que afectan tanto al gusto como al olfato.

Con la edad se producen una serie de circunstancias que determinan el deterioro del sistema gustativo, como son la pérdida de dientes y utilización de prótesis, la atrofia del tejido óseo maxilar y mandibular, las modificaciones del sistema neuromuscular de la cavidad bucal, la disminución del flujo salival, la alteración de la composición de la saliva (aumentando la mucina y disminuyendo la ptialina, con lo que la saliva se hace viscosa y espesa) y sobre todo la reducción de papilas fungiformes y la atrofia del resto de las papilas (Frangne, 2012).

Se ha observado clínicamente una pérdida o disminución del gusto salado, que explicaría la insipidez de algunas comidas así como la conservación de gusto dulce. No obstante, dichas modificaciones gustativas varían según las personas. De igual modo, el olfato puede quedar modificado, afectando también el sentido del gusto. Estas modificaciones del gusto son responsables, en cierta medida, de la pérdida del placer de comer. Por todo ello parece importante estudiar la posible variación de la percepción de los sabores en los diferentes grupos de población (Restrepo, 2012).

Dulce significa “agradable” al gusto. Y el dulzor es el placer o disfrute que se obtiene con la comida de sabor dulce. El deseo del placer que ofrece el sabor dulce influye enormemente en lo que decidimos comer o beber. El ser humano ha buscado alimentos dulces desde la antigüedad: por ejemplo, los dibujos en las paredes de las tumbas egipcias muestran a apicultores recogiendo miel, y en la india se cultiva caña de sacarosa hace 2000 años. En la actualidad, la sacarosa, o sacarosa de mesa, es el sabor estándar por el que se miden todos los demás edulcorantes. Un edulcorante “ideal” tiene el mismo sabor que la sacarosa, es incoloro, inodoro, fácilmente soluble, estable y barato. Algunos edulcorantes, como la sacarosa, contienen calorías o carecen de ellas (Rivera y otros, 2008).

Las personas prefieren los alimentos y las bebidas con sabor dulce y tienden a evitar las cosas de sabor amargo. Esta preferencia por lo dulce empieza en el nacimiento; cuanto más dulce es el biberón más ingiere el bebé. Ante un sabor dulce los bebés reaccionan con una expresión en la cara que dice “esto me gusta y estoy contento”. Puede que los primeros seres humanos basasen su supervivencia en esta preferencia innata: comer frutas, bayas y verduras dulces suele ser seguro, mientras que, a veces, los alimentos amargos son peligrosos. Este deseo natural por las cosas dulces y los hábitos

adquiridos por la cultura y la experiencia influyen en lo que las personas deciden comer y beber a lo largo de su vida (Midmore, 2010).

Los alimentos dulces proporcionan placer y también ayudan a mejorar la aceptación y palatabilidad de la comida. Y es por eso por lo que el sabor dulce puede desempeñar un importante papel a la hora de determinar qué y cuánto come la gente. Pero con la abundancia de comida asequible que hay en muchas partes del mundo en la actualidad, es frecuente que las personas tomen demasiada comida y consuman demasiadas calorías. Por lo tanto, desde el punto de vista de la salud, un objetivo importante consiste en incluir el placer de los alimentos dulces sin ingerir demasiadas calorías. Afortunadamente, existen diversas formas de incluir alimentos dulces en un estilo de vida sano y con un consumo de calorías equilibrado. La utilización de edulcorantes bajos en calorías es un modo de que las personas puedan disfrutar del placer del dulce sin demasiadas calorías (JECFA, 2012).

### **3.2. Poder edulcorante**

Todos los edulcorantes poseen la característica de tener un sabor dulce pero su dulzura varía en cada caso. El poder edulcorante, también llamado dulzor relativo, de una sustancia determinada se define como la relación entre la concentración de una disolución dada de sacarosa en agua y la concentración de la disolución de edulcorante, de intensidad equivalente en agua. El poder edulcorante de un producto se estima comparándolo con el de sacarosa, cuyo valor es de 1 (Torres, 2011).

El poder edulcorante es, obviamente, la más importante propiedad en los edulcorantes; se refiere a la intensidad de dulzura que presenta un compuesto. Esta intensidad depende de varios factores; temperatura

de uso, concentración, efecto sinérgico y estructura molecular. Se define al poder edulcorante como los gramos de sacarosa que hay que disolver en agua para obtener una solución con igual sabor dulce, que la disolución de un gramo del edulcorante artificial en el mismo volumen (Midmore, 2010).

El poder edulcorante es la capacidad edulcorante que se mide subjetivamente tomando como base la comparación de la sacarosa, a la que se da valor arbitrario de 1 o de 100. Es decir, si un compuesto tiene un poder de 2 (siendo 1 para la sacarosa) indica que es 100% más dulce que el disacárido (Torres, 2011).

Los edulcorantes conocidos como no nutritivos, intensos o de alta intensidad, pueden ofrecer a los consumidores una manera de disfrutar el sabor de la dulzura con poca o ninguna ingesta de energía, pueden contribuir al control del peso o de la glucosa en sangre, así como a la prevención de las caries dentales, sustituyendo largamente el poder edulcorante la sacarosa y sus derivados (Torres, 2011).

### **3.3. Intensidad de dulzor**

Los edulcorantes poseen la característica de tener sabor dulce y su poder edulcorante es diferente en cada caso (Cuadro 5). La intensidad de la dulzura de los edulcorantes puede variar debido a muchas causas, como la temperatura, la concentración y la presencia de otros compuestos (MINAG, 2010).

La sucralosa es aproximadamente 600 veces más dulce que la sacarosa (igual a 1). Esta intensidad varía dependiendo de la concentración de sucralosa, así como de otros factores, incluyendo pH, temperatura, y la presencia de otros ingredientes alimenticios como agentes gelificantes, féculas y grasas (Borrego, 2010).

En el Cuadro 5. Se observa el poder edulcorante de diferentes edulcorantes comerciales.

**Cuadro 5. Poder edulcorante de diferentes edulcorantes comerciales**

<b>NOMBRE</b>	<b>PODER EDULCORANTE (sacarosa = 1)</b>
Miel de abejas	0.97
Fructosa	1.2—1.7
Glucosa medicinal (Dextrosa)	0.743
Glucosa industrial	0.3
Sacarosa invertida	1.238
Lactosa	0.2 a 0.3
Xylitol	1.0
Sucralosa (Splenda) <sup>a</sup>	600
Ciclamato	30
Acesulfame K (Sunnet) <sup>a</sup>	150
Dulcina (Sucrol)	250
Taumatina (Talina) <sup>a</sup>	3.500
Esteviósido (Steviosin) <sup>a</sup>	300
Glicirrina (Magna Sweet) <sup>a</sup>	50
Aspartame (Nutra Sweet) <sup>a</sup>	200
D-Triptofano	35
Ac. Sucronico	200

<sup>a</sup>: denominación comercial

Fuente: MINAG (2010)

### 3.4. Percepción de la dulzura

Las determinaciones de dulzura provienen de un grupo de jueces o catadores y, por lo tanto, son netamente subjetivas, es por ello que, los resultados de todo análisis sensorial están sujetos a errores propios de los individuos; ésta es la razón por la que existen discrepancias en los valores encontrados en la literatura (Fennema, 2009).

La percepción de dulzura está influenciada por una gran variedad de factores que incluyen hasta el estado anímico del juez, el color, incluso, puede modificar la capacidad de captar la intensidad de los sabores dulces (Morrison, 2008).

## IV. EDULCORANTES Y SALUD HUMANA

### 4.1. Edulcorantes y enfermedades

Mediante una revisión de la información disponible sobre las enfermedades relacionadas con los edulcorantes, estas manifiestan, que desde hace varios años circulan rumores sobre los efectos secundarios del consumo de edulcorantes artificiales, asociándolos con el cáncer y otras enfermedades, sin embargo no existe evidencia científica que respalde esas afirmaciones.

**Cáncer.** Es un grupo de varias enfermedades. Todas las formas hacen que las células del cuerpo cambien y crezcan sin control. Esta enfermedad se relaciona con el consumo de tres edulcorantes, como son: sacarina, ciclamato y aspartame. En términos generales, se mantienen reservas sobre el uso intensivo de edulcorantes recomendando su ingesta de manera moderada y muy cuidadosa (Benjumea y Correa 2011).

**Hidronefrosis.** Es el agrandamiento del riñón, la cual se ha asociado al consumo de sucralosa (Benjumea y Correa 2011).

**Ceguera.** La ceguera se define como la pérdida de la visión normal. Según las críticas de los consumidores de aspartame, el metanol se encuentra en cantidades significativas en este edulcorante, capaces de causar ceguera (Benjumea y Correa 2011).

**Ataques Epilépticos.** Es un trastorno que involucra convulsiones repetidas de algún tipo. Estos ataques se han asociado al

consumo de aspartame, sin embargo, estudios elaborados con personas lo han desmentido (Benjumea y Correa 2011).

**Mutación.** Es el cambio de una característica de un organismo que se presenta súbita o espontáneamente y que se transmite o no a la descendencia. Pueden ser por mutaciones espontaneas, mutaciones inducidas, agentes físicos, radiaciones ionizantes, choques térmicos, agentes químicos como los agentes cancerígenos, y en este caso a los edulcorantes artificiales, en especial al ciclamato (Benjumea y Correa 2011).

**Cefalea.** Es una condición en la que se presenta dolor de cabeza. Este síntoma ha sido asociado al consumo de aspartame (Benjumea y Correa 2011).

**Fenilcetonuria.** Intolerancia a concentraciones elevadas de por tener una deficiencia de la enzima hidroxilasa de la fenilalanina del hígado que convierte este aminoácido en tirosina. Esta enfermedad se asocia al consumo de aspartame, debido a que este edulcorante artificial, produce fenilalanina (Benjumea y Correa 2011).

**Hepatomegalia.** La hepatomegalia o aumento del tamaño del hígado. En estudios recientes se ha observado la incidencia de estos síntomas en animales que consumen sucralosa (Borrego, 2010).

**Hipotensión.** Producida por productos ricos en estevia y alitame, que generan una disminución riesgosa de los niveles de presión arterial (Pérez y otros, 2011).

#### 4.2. Establecimiento de IDAs

Estimación de la cantidad de una sustancia presente en un alimento y/o en el agua potable, expresada en función del peso corporal, que puede ser ingerida diariamente durante toda la vida sin que se aprecie un riesgo sobre la salud del consumidor y teniendo en cuenta el nivel de conocimiento en el momento de la evaluación

Generalmente, se expresa en miligramos de sustancia por kilogramo de peso corporal (FAO / OMS, 2011).

Una vez que un organismo científico independiente ha determinado que un edulcorante es inocuo se establece su Ingesta Diaria Admisible (IDA). La IDA es la cantidad de un aditivo alimentario que se puede consumir en la dieta diaria a lo largo de la vida sin que exista riesgo para la salud. Es el nivel de consumo seguro. El establecimiento de una IDA y la aprobación de una sustancia significan que ese producto es seguro.

Según el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECTA), la IDA se refiere al uso a lo largo de la vida y establece un margen de seguridad lo suficientemente amplio como para que los toxicólogos no sientan especial preocupación por la utilización a corto plazo en niveles de exposición que superen la IDA, siempre que la Ingesta media durante periodos prolongados no la supere. La IDA es la herramienta práctica mas importante con que cuentan los legisladores a la hora de garantizar la utilización segura y adecuada de los aditivos alimentarios. La cantidad de aditivos alimentarios permitidos en diferentes alimentos y bebidas se establece de modo que incluso el consumo diario medio elevado durante periodos prolongados no supere el índice de IDA. Diversos organismos científicos internacionales, como el JECFA y la EFSA, siguen el mismo método para obtener la IDA de forma independiente, lo que garantiza la coherencia en la seguridad alimentaria en todo el mundo. Estudios alimentarios han demostrado que el consumo de edulcorantes bajos en calorías suele ser muy inferior a la IDA (FAO/ OMS, 2011).

## V. EDULCORANTES EN BEBIDAS ALIMENTICIAS

### 5.1. Edulcorantes más usados

El Cuadro 6 muestra los edulcorantes de alta intensidad en néctares de frutas, permitidos por el *Codex Alimentarius*, adoptadas desde el año 2005 y vigentes o actualizadas al 2013, según el propio código señalado.

El Cuadro 6 presenta los edulcorantes permitidos en néctares de frutas.

**Cuadro 6. Edulcorantes permitidos en néctares de frutas**

EDULCORANTE	No. Cat. Alim.	DOSIS MÁXIMA (mg/kg)
Acesulfame Potásico E-950	14.1.3.1	350
	14.1.3.3	350
Aspartame E-951	14.1.3.1	600
	14.1.3.3	600
Ciclamato E-952	14.1.3.1	400
	14.1.3.3	400
Sacarina E-954	14.1.3.1	80
	14.1.3.3	80
Sucralosa E-955	14.1.3.1	300
	14.1.3.3	300

Fuente: *Codex Alimentarius* (2013).

El Cuadro 7 presenta la ingesta diaria admisible (IDA), de los edulcorantes de alta intensidad permitidos en bebidas.

**Cuadro 7. IDA de los edulcorantes de alta intensidad permitidos en bebidas**

<b>Edulcorante</b>	<b>Ingesta Diaria Admisible (mg/kg)</b>
Acesulfame de potasio	0 -9
Aspartame	0 -40
Ciclamato	0 – 11
Sacarina	0 – 5
Sucralosa	0 – 15

Fuente: *Codex Alimentarius* (2013)

## 5.2. Estevia, sucralosa y aspartame en bebidas

- a. Estevia. Es un edulcorante no calórico, se obtiene de la planta *Stevia rebaudiana*, la cual se cultiva por sus hojas dulces. Comúnmente se conoce como hierba dulce, hierba de sacarosa o simplemente estevia. El extracto de la rebaudiana está aprobado como un aditivo para alimentos y se considera un suplemento dietético. A diferencia de otros edulcorantes intensos, el rebaudiósido (Reb A) es sumamente estable bajo temperaturas extremas, lo que permite utilizarlo para cocinar, hornear y congelar alimentos. Su pH también se mantiene estable, lo que da lugar a una prolongada vida útil y, como no fermenta, es posible utilizarlo para una amplia variedad de alimentos y bebidas.

Tratándose de un edulcorante natural, cero calorías y fácilmente procesable, el Reb A ofrece a los fabricantes de bebidas una alternativa al azúcar, al jarabe de maíz con alto contenido de fructosa y otros edulcorantes intensos. Además de permanecer estable durante su almacenamiento en una amplia variedad de productos –desde bebidas gaseosas con bajo pH hasta bebidas basadas en la leche- el Reb A puede soportar las variadas temperaturas a las que se someten las bebidas pasteurizadas o UHT (Prakash y otros, 2008).

En la creciente y cambiante categoría de las bebidas funcionales, el Reb A ofrece un sabor muy similar a la sacarosa, sumado a los atributos asociados con la salud y el bienestar inherentes a un edulcorante natural no nutritivo. Como no interactúa con ninguno de los ingredientes y sabores comunes de los alimentos, puede utilizarse en muy diversas bebidas que contienen diferentes agentes de sabor, como la vainillina, el cinamaldehído o el citral. Por otra parte, no sufre la reacción Maillard, razón por la que puede ser fácilmente combinado con azúcares reductores sin afectar adversamente las bebidas claras. Además de ser inerte a las interacciones químicas, es estable en presencia de cultivos vivos (Prakash y otros (a), 2008), lo que hace ideal su uso en productos funcionales tales como las bebidas basadas en la leche fermentada y los yogures bebibles.

- b. Sucralosa. Debido a que es un producto termoestable, lo cual significa que no se descompone al cocinarse u hornearse. Se emplea en muchos alimentos y bebidas dietéticas. La sucralosa también se encuentra en la goma de mascar, postres de leche congelados, jugos de fruta y gelatina (Benjumea y Correa, 2011).
- c. Aspartame. Es un dipéptido formado por 2 aminoácidos: La fenilalanina y el éster metílico del ácido aspártico. Es ligeramente soluble en agua, algo más soluble en alcoholes e insoluble en grasas y aceites. Su estabilidad en estado sólido es bastante buena siempre que no se someta a temperaturas elevadas. Su adecuación en la elaboración de bebidas debido a su solubilidad es bastante buena, lo que le permite combinarse y facilita el propósito de su uso. El aspartame se ha estudiado bien y no ha mostrado ningún efecto secundario serio (Torres, 2011).

### **5.3. Métodos de evaluación sensorial de edulcorantes en bebidas**

La valoración sensorial es una función que la persona realiza desde la infancia y que la lleva, consciente o inconscientemente, a aceptar o rechazar los alimentos de acuerdo con las sensaciones experimentadas al observarlo o ingerirlo (Yoldi, 2008).

La evaluación sensorial se ocupa de la medición y cuantificación de las características de un producto, ingrediente o modelo, las cuales son percibidas por los sentidos humanos (Benjumea y Correa, 2011).

La evaluación sensorial es una valiosa técnica para resolver los problemas relativos a la aceptación de los alimentos. Tilgner (1971) citado por sancho y otros. (1999), define la evaluación sensorial como un conjunto de técnicas de medida y evaluación de determinadas propiedades de los alimentos, a través de uno o más de los sentidos humanos. Es útil para mejorar el producto, mantener la calidad, en la elaboración de nuevos productos y en la investigación de mercados.

Es importante considerar las propiedades organolépticas y su evaluación desde el punto de vista de los sentidos humanos (Fennema, 2009).

Se puede llegar a definir el análisis sensorial, en un sentido más estricto, como el examen de los caracteres organolépticos de un producto mediante los sentidos, obteniendo datos cuantificables y objetivables (Ardila, 2013).

Las pruebas orientadas al consumidor incluyen las pruebas de preferencia, pruebas de aceptabilidad y pruebas hedónicas. Estas se consideran pruebas del consumidor, ya que se llevan a cabo con paneles de consumidores no entrenados. Aunque a los panelistas se les puede pedir que indiquen directamente su satisfacción, preferencia o aceptación de un producto, a menudo se emplean pruebas hedónicas para medir indirectamente el grado de preferencia o aceptabilidad (Ardila, 2013 y Torres, 2011).

### **Prueba hedónica**

Las pruebas hedónicas están destinadas a medir cuanto agrada o desagrade un producto. Las evaluaciones hedónicas son pruebas de aceptación que se pueden realizar en un laboratorio o en una situación natural en donde se les pide a un mínimo de 30 catadores o panelistas, número necesario para que la evaluación de sus apreciaciones tengan validez estadística (Ardila, 2013), los cuales pueden ser consumidores no experimentados, que prueben una muestra y la califiquen en una escala de nueve categorías (Torres, 2011). Para estas pruebas se utilizan escalas categorizadas, se pueden tener diferente número de categorías y que comúnmente van desde “me gusta muchísimo”, pasando por “no me gusta ni me disgusta”, hasta “me disgusta muchísimo”. Los panelistas indican el grado en que les agrada cada muestra, escogiendo la categoría apropiada (Midmore y Rank, 2010).

### **Lengua electrónica**

Las lenguas electrónicas son un instrumento analítico que reproduce de forma artificial la sensación del sabor. Estas pueden clasificar distintos sabores, detectar productos que alteren la calidad del alimento, productos contaminantes, impurezas y sustancias tóxicas (Jiménez, 2002).

#### **5.4. Oferta comercial de bebidas con edulcorantes**

Las investigaciones muestran que un porcentaje elevado de la población consume edulcorantes no nutritivos a través de las bebidas sin alcohol. Tal hecho puede deberse al desconocimiento por parte de los consumidores de la condición “dietéticas” de las bebidas adquiridas. Estas bebidas corresponden a dos grupos. Uno de ellos es el de las bebidas gasificadas de líneas “económicas” que no enfatizan en sus rótulos su condición de dietéticas y que, en su mayoría, poseen ciclamato y sacarina entre sus ingredientes.

Actualmente existe una tendencia a reemplazar el ciclamato y la sacarina por otros edulcorantes no nutritivos como el aspartame, acesulfame K y la sucralosa, pero sólo se observa en las bebidas de las primeras marcas (Cagnasso y otros, 2007).

En muchos casos los “alimentos saludables” se definen por la ausencia de ingredientes problemáticos (grasas, azúcar, sodio) más que por la presencia de nutrientes beneficiosos que puedan contener. En otros casos se hace particular énfasis en la característica de un alimento de estar fortificado con vitaminas y minerales. Un enfoque más global sobre las características de los alimentos permite evaluar que, si bien las bebidas sin alcohol dietéticas poseen azúcares en cantidades reducidas o no los poseen y en algunos casos se encuentran fortificadas con vitaminas y minerales, éstas pueden aportar cantidades considerables de algunos edulcorantes no nutritivos. Además el consumo periódico de estas bebidas y, en algunos casos, casi exclusivo, va en detrimento del consumo de otros alimentos como el agua y la leche (Cagnasso y otros, 2007).

## VI. ESTUDIOS REALIZADOS SOBRE EL USO DE EDULCORANTES

En una revisión rápida de la información disponible sobre investigaciones realizadas sobre edulcorantes en bebidas, se destaca la idea de reemplazar la sacarosa como edulcorante de mesa y como ingrediente de alimentos procesados.

Uno de los aspectos estudiados es la relación entre la dulzura percibida por el consumidor, que proporcionan los edulcorantes de reemplazo, en comparación con la sacarosa.

Borges y Rogert, (2009) estudiaron la disminución de sacarosa por reemplazo de edulcorantes intensos (ciclamato de sodio y sacarina), en jarabes para refrescos de naranja o cola, sin afectar la calidad sensorial de estos. Sus estudios reportaron concentraciones de ciclamato de sodio y sacarina por cada 100 g de sacarosa sustituida que fueron de 0.15 y 0.025 g en el jarabe de naranja, y de 0.4 y 0.08 g en el jarabe de cola, respectivamente. Observaron que era posible una disminución del 50 % de sacarosa.

También se ha investigado el reemplazo de la sacarosa por edulcorante en diversos tipos de bebidas. Restrepo (2012) realizó estudios sobre la gran demanda de productos libres de azúcar, ya que se evidencia la necesidad de encontrar nuevas aplicaciones para productos tradicionales. En este caso el ácido fumárico, para el cual se está buscando el edulcorante o mezcla de edulcorantes que otorguen, un buen nivel de sinergia en productos como los refrescos en polvo. Finalmente sugieren el proceso de encapsulación como la mejor alternativa para llegar a un equilibrio óptimo entre acidulantes y edulcorantes, aprovechando las propiedades fisicoquímicas y sensoriales que poseen.

Porto y André (2007) realizaron estudios sobre el dulzor ideal en un néctar de melocotón endulzado con sacarosa y del dulzor equivalente de las

muestras endulzadas con aspartame, de la mezcla 2:1 de ciclamato/sacarina, esteviósido, sucralosa y acesulfame-K. Concluyendo que la concentración de sacarosa considerada como ideal por los consumidores era del 10%, con las concentraciones equivalentes de los edulcorantes de 0.054% para el aspartame, 0.036% para la mezcla 2:1 del ciclamato/sacarina, 0.10% para el esteviósido, 0.016% para la sucralosa y 0.053% para el acesulfame- K.

También se investigó sobre la ingesta diaria admisible (IDA), ya que actualmente, todas las personas deben conocer que cantidades de edulcorantes por día deben de consumir. Cagnasso y otros (2007) evaluaron la ingesta diaria admisible de edulcorantes no nutritivos por parte de niños y adolescentes sanos, a través del consumo de este tipo de alimentos. Analizaron encuestas de frecuencia de consumo de bebidas sin alcohol en 190 niños y adolescentes de 3 a 18 años, detallando las marcas de las bebidas más consumidas, con el fin de considerar, para el cálculo de la ingesta diaria estimada, los contenidos de edulcorantes declarados en sus respectivos rótulos. Además, tuvieron en cuenta el consumo diario de bebidas sin alcohol y peso corporal declarado en cada encuesta. La ingesta diaria estimada de individuos entre 3 y 18 años fue 2.61 mg/kg para ciclamato; 0.28 mg/kg para sacarina; 0.69 mg/kg para acesulfame K y 2.78 mg/kg para aspartame. Pero detectaron que sólo en el caso del ciclamato se observaron tres individuos con una ingesta diaria estimada mayor a la ingesta diaria admisible.

También se investigó la relación entre la salud y las bebidas, ya que actualmente los consumidores de bebidas no sólo buscan satisfacerse sino también cuidarse y mantenerse sanos. Al respecto, Rivera y otros (2008) evaluaron el consumo de bebidas por la población mexicana, ya que las prevalencias de sobrepeso, obesidad y diabetes han aumentado con rapidez, y las bebidas representan la quinta parte de la energía que consumen los mexicanos.

Por este motivo clasificaron las bebidas en seis categorías, de acuerdo con su contenido energético, valor nutricional y riesgos a la salud en una escala que clasifica las bebidas de la más (nivel 1) a la menos (nivel 6) saludable. Los niveles tuvieron las características siguientes: nivel 1: agua potable; nivel 2: leche baja en grasa (1%) y sin grasa, y bebidas de soya sin azúcar; nivel 3: café y té sin azúcar; nivel 4: bebidas no calóricas con edulcorantes artificiales; nivel 5: bebidas con alto valor calórico y beneficios a la salud limitados (jugos de fruta, leche entera, licuados de fruta con sacarosa o miel, bebidas alcohólicas y bebidas deportivas); y nivel 6: bebidas con sacarosa y bajo contenido de nutrientes (refrescos y otras bebidas con altas cantidades de azúcares agregadas como jugos, aguas frescas, café y té). Finalmente, en primer lugar recomiendan el consumo de agua, seguido de bebidas sin, o con bajo, aporte energético y leche descremada. Éstas deben tener prioridad sobre las de mayor aporte energético o endulzadas, incluso con edulcorantes artificiales.

Finalmente se investigó sobre los edulcorantes nuevos, ya que Carakostas y otros (2008) estudiaron un glucósido azucarado del esteviol extraído y purificado de estevia rebaudiana (Bertoni). Específicamente, los estudios sobre la toxicidad general y reproductiva del rebaudiósido A, corroboraron los estudios realizados con los glucósidos purificados del esteviol, los cuales demostraron seguridad en los altos niveles de la ingestión dietética. Los estudios comparativos del metabolismo proporcionan la afirmación del camino metabólico, común para todos los glucósidos del esteviol y el metabolismo común entre las ratas y los seres humanos. Finalmente, los estudios clínicos proporcionaron evidencia adicional que el rebaudiósido purificado A, no tiene ningún efecto sobre la presión arterial o la homeostasis de la glucosa. Por lo tanto, se concluye que el rebaudiósido A de pureza elevada y producido de acuerdo a las especificaciones de categoría alimenticia y según las buenas prácticas de manufactura, es seguro para el consumo humano, bajo las condiciones previstas de su uso como edulcorante de fines generales.

Así mismo, Prakash y otros (2008) evaluaron el edulcorante natural Rebaudiana, el cual es el nombre común para el rebaudiósido de gran pureza, el cual es 200-300 veces más potente que la sacarosa. Detectaron que proporciona cero calorías y tiene un gusto limpio, dulce, sin características de gusto indeseable significativo; también es funcional en una amplia gama de bebidas y de alimentos y puede ser mezclado con otros edulcorantes no calóricos. Así como también fue estable bajo condiciones secas, y tiene mucha mejor estabilidad que el aspartame o el neotame en sistemas alimenticios acuosos de alimento.

## **VII. PERSPECTIVAS FUTURAS DE INVESTIGACIONES O ACCIONES SOBRE EL TEMA**

### **7.1. Importancia de su uso en años venideros**

De la lectura de informes como el de Revista de la Fundación para la Investigación Nutricional (FIN), los edulcorantes jugarán un rol especialmente trascendente en la reafirmación de los nuevos modelos y hábitos de vida, signados por paradigmas cuya mayor y más clara tendencia es el cuidado de la salud, la nutrición y el deporte (FIN, 2013).

Es muy importante resaltar que a pesar del importante volumen de datos contrastados y la aprobación internacional, algunas personas siguen cuestionando los niveles de seguridad del consumo de edulcorantes bajos en calorías. La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (European Food Safety Authority-EFSA) ha revisado el gran volumen de bibliografía científica existente sobre los edulcorantes bajos o sin calorías autorizados y ha elaborado un Dictamen Científico donde se confirma que se trata de un ingrediente alimentario seguro para la salud de los consumidores dentro de los niveles de Ingesta Diaria Aceptable (IDA) establecidos. En su opinión,

“todos los edulcorantes bajos en calorías utilizados actualmente en la elaboración de alimentos y bebidas en Europa han sido sometidos a rigurosas pruebas de seguridad. No existe ningún riesgo para la salud en los niveles actuales de consumo. No solo no existen riesgos para la salud sino que tenemos que hablar de beneficios sobre algunas enfermedades como la obesidad, la diabetes o la caries dental” (FIN, 2013).

Dado que las razones o motivación para la investigación en edulcorantes para bebidas parte de la necesidad de nuevos modelos de vida, más saludables, en el decir de los nutricionistas, más vitaminas menos calorías, para sostener la línea saludable del cuerpo, es que en el 2013 se produjeron convergencias importantes entre autoridades, laboratorios, investigadores y empresarios de la industria de bebidas alimenticias, en el sentido de eliminar productos como cafeínas y sacarosa, para sustituirlos por edulcorantes que eliminasen en la mayor proporción posible el aporte calórico que todo proceso de endulzar dichas bebidas conlleva (Webster, 2014).

## **7.2. Limitaciones de edulcorantes**

Un análisis de los edulcorantes actualmente en uso muestra que ninguno de ellos tiene las propiedades funcionales y de sabor la sacarosa, presentando una o varias de las siguientes limitaciones (Midmore y Rank, 2010).

- a) Perfiles de sabor dulce diferentes a la sacarosa, lo que se manifiesta de diversas formas, tales como retardos en la percepción del sabor, regustos amargos, etc.
- b) Ausencia de propiedades de donación de cuerpo (productos que se perciben como “aguados”).
- c) Limitaciones de estabilidad bajo las condiciones de proceso y el almacenamiento. Algunas de las limitaciones de los edulcorantes de mayor relevancia se resumen el Cuadro 8.

**Cuadro 8. Principales limitaciones técnicas de los edulcorantes de alta intensidad.**

<b>EDULCORANTE</b>	<b>LIMITACIÓN TÉCNICA</b>
Acesulfame de potasio	Aportación de notas amargas.
Aspartame	Estabilidad limitada y baja velocidad de solubilidad en agua fría.
Ciclamato	Regusto "químico", bajo poder edulcorante.
Sacarina	Regusto metálico/amargo.

**Fuente: Midmore y Rank (2010).**

El empleo de combinaciones de edulcorantes puede compensar las limitaciones de los edulcorantes individualmente considerados, optimizando muchos de los aspectos relativos a la producción, comercialización y consumo de bebidas refrescantes de contenido energético reducido, hasta límites que no es posible alcanzar mediante ninguno de los edulcorantes actualmente en el mercado.

Así, las combinaciones de edulcorantes pueden favorecer la formulación de productos con propiedades de sabor mejoradas, tiempos de vida media más prolongados y costos de producción inferiores.

El empleo de varios edulcorantes en combinación tiene, desde un punto de vista tecnológico, dos ventajas fundamentales: aprovechamiento de los efectos sinérgicos y optimización de las propiedades de sabor (obtención de perfiles de sabor más parecidos a las sacarosas).

La mejora del perfil sensorial de las bebidas refrescantes mediante el empleo de combinaciones de edulcorantes no es un concepto nuevo. Antes de la prohibición de uso del ciclamato por la FDA en Estados

Unidos, y de que se restringiesen los niveles de uso de sacarina y ciclamato en Europa, la combinación ciclamato: sacarina (10:1) era muy empleada en bebidas refrescantes como vía económica de conseguir un perfil sensorial parecido a la sacarosa: el sabor del ciclamato permitía enmascarar las notas de sabor “metálico” de la sacarina, y la sacarina potenciaba el bajo poder edulcorante del ciclamato (Borrego, 2010).

Se viene estudiando a partir del 2013, la posibilidad de incluir en las combinaciones procedimientos que garanticen la inocuidad para la salud a partir de evitar que las mismas registren tendencia a alterar la estructura básica de las bebidas, para lo cual se ha producido una interesante sinergia entre organismos mundiales de la salud (OMS, 2013), investigadores científicos (Webster, 2013) y productores o empresas productoras de bebidas alimenticias, con los cuales se ha abierto el camino para la elaboración de formulaciones cada vez, más adecuadas para dar sabor dulce a las bebidas evitando su incremento calórico y sosteniendo tanto volumen como densidad de los productos básicos.

### **7.3. Sinergia**

Se habla de sinergia cuando el poder edulcorante real de una combinación de dos o más edulcorantes es superior a la suma de la intensidad aportada por cada uno de los edulcorantes que la componen. El fenómeno de sinergia es muy frecuente entre combinaciones de edulcorantes, en particular para algunas sustancias como neohesperidina DC que es el edulcorante que presenta un mayor grado de sinergia, tanto en número de respuestas como en intensidad de las mismas (Borrego, 2010).

Desde un punto de vista más práctico, el empleo de combinaciones de edulcorantes permitiría a la industria alimentaria alcanzar el efecto

tecnológico deseado (intensidad y calidad de la edulcoración) sin sobrepasar las limitaciones de dosificación establecidas (Borrego, 2010).

Los edulcorantes no calóricos poseen un perfil sensorial que impacta fuertemente en el sentido del gusto del consumidor. Se ha encontrado que tales impactos pueden ser minimizados por un descenso en el pH y la presencia de otras percepciones de sabor más duraderas. Al considerar algunas características de los edulcorantes antes mencionados y, sobre todo, del proceso de micro-encapsulación, se pueden encontrar caminos que permitan ofrecer a fabricantes y consumidores una nueva alternativa de bajo costo y mejor impacto sensorial.

Los ácidos málico y láctico han brindado una percepción de dulzura y acidez más prolongada sin presencia de regustos metálicos o picos de acidez desagradables, cuando se emplean en productos que contienen aspartame, sucralosa y neotame.

El ácido málico cumple funciones relevantes en las bebidas cuando es incorporado:

- Potenciador del sabor
- Incremento de la sensación de sed y la salivación
- Modifica la dulzura del azúcar y otros edulcorantes
- Opera como amortiguador de pH
- Actúa como quelante (captura iones metálicos)
- Incrementa la efectividad de conservantes
- Actúa en sinergia con los antioxidantes

Además, las mezclas de ácido málico y cítrico en bebidas bajas en calorías, garantizan una mejor palatabilidad de las percepciones ácidas y dulces al crear un balance óptimo entre ambas. La razón

fundamental es el enmascaramiento de los regustos de edulcorantes como la sacarina, ciclamatos y acesulfame-K, debido a la duración de su sensación ácida (Borrego, 2010).

El ácido fumárico mejora notablemente la palatabilidad en bebidas sabor uva, tamarindo, cereza y jamaica, gracias a su condición de astringencia adicional que potencia el sabor del producto. También se emplea ampliamente en la elaboración de gomas de mascar, gracias a su baja solubilidad que prolonga la sensación ácida liberándola lentamente (Borrego, 2010).

Luego de estas presentaciones específicas sobre las aplicaciones de acidulantes y edulcorantes, es el momento de considerar las ventajas de la técnica de la microencapsulación, como clave para lograr la sinergia deseada entre los dos aditivos que se han venido tratando.

Se trata de un proceso en el cual sustancias sensibles a condiciones del entorno como vitaminas, sabores, aromas, colores o aceites se rodean de un material especial formando microesferas, en las cuales se retiene el producto delicado para evitar su pérdida, o para liberarlo lentamente cuando sea requerido. Existen varios métodos como el secado por aspersion, la aspersion por enfriamiento, la extrusión, la cobertura por lecho fluidizado, el atrapamiento en liposomas, la inclusión de complejos, la coacervación y la polimerización interfacial. Los más recomendados para el caso de ácidos son la aspersion por enfriamiento y la cobertura por lecho fluidizado. En ambos es posible emplear materiales de cobertura de carácter lipídico (fácilmente fundente) o derivados de carbohidratos complejos como almidones, gomas o maltodextrinas (fácilmente solubles) (Borrego, 2010).

Un ejemplo de este uso se da en el aspartame, el cual es encapsulado con lípidos. Así se asegura una liberación lenta mientras

se consume. Gracias a la fusión de la pared por la temperatura de la boca, la percepción dulce es más duradera y agradable (Borrego, 2010).

Las aplicaciones de la microencapsulación no comprenden únicamente el campo de los alimentos. En la industria farmacéutica se utiliza con éxito en la producción de medicamentos, en los cuales es necesario “proteger” el principio activo durante el trayecto de la boca al estómago para que se libere lentamente y cumpla su función. En un caso particular, se empleó el ácido fumárico como parte de la pared de la cápsula, para que al disolverse lentamente creara un microentorno ácido alrededor del fármaco, ya que éste operaba de manera más óptima en esas condiciones. Una vez más, se logra convertir la baja solubilidad del fumárico en una fortaleza (Borrego, 2010).

#### **7.4. Optimización de las propiedades de sabor**

Las propiedades de sabor aportadas por los edulcorantes individuales de bajo contenido calórico constituyen en sí mismas la principal limitación técnica de estos ingredientes. Es un hecho reconocido que el perfil de edulcoración de las combinaciones de edulcorantes es más parecido a la sacarosa que el de los elementos que la componen, por lo que la formulación de bebidas con combinaciones edulcorantes es, además de una necesidad impuesta por las condiciones de uso, un medio muy útil para mejorar los parámetros de aceptabilidad organoléptica de las bebidas sin azúcares añadidos (FIN, 2013).

Recientemente, también se han descrito otras vías para mejorar las propiedades de sabor de los edulcorantes de alta intensidad, entre las que cabe destacar la combinación con moduladores de sabor tales como el ácido tánico como el 3-5 dihidroxybenzaldehído (FIN, 2013).

Existen casos de doble funcionalidad como el de neohesperidina DC que, además de proporcionar sabor dulce, modula y modifica sabores y aromas y mejora la percepción de la sensación de cuerpo en productos tanto dulces como salados. Estos efectos se han estudiado empleando técnicas de Análisis Descriptivo Cuantitativo a concentraciones por debajo del umbral de edulcoración. En todos los casos se detectaron diferencias estadísticamente significativas en la intensidad de los atributos, tales como incrementos en la intensidad de la sensación de cuerpo y mezclado de los atributos individuales del aroma, que se pueden considerar positivas para la calidad organoléptica del producto final e independiente de la inducción del sabor dulce (FIN, 2013).

En la búsqueda del equilibrio dulce/ácido óptimo y productos bajos en calorías, deben considerarse y aprovecharse las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de ambos grupos de aditivos, para su empleo solo o en mezclas (FDA, 2013).

El ácido fumárico, gracias a su baja solubilidad y alta retención de la percepción ácida, puede emplearse en mezclas con otros ácidos (cítrico, málico, tartárico), para mejorar las propiedades sensoriales de productos como las bebidas y los dulces. Bajo el mismo principio es viable emplear la técnica de microencapsulación con edulcorantes como la sucralosa, la estevia y el neotame. De esta forma ambos aditivos se liberan gradualmente, alargando las percepciones ácida y dulce (Restrepo, 2012).

Estas consideraciones permiten plantear la viabilidad técnica de ensayos para determinar la mejor proporción de mezcla, material encapsulante, técnica de encapsulación y aditivos, empleados para maximizar el campo de aplicación del ácido fumárico en bebidas alimentarias u otros productos.

### **7.5. Aguas aromatizadas**

A medida que aumenta el interés en la salud y el bienestar entre los consumidores, estos son cada vez más conscientes de la importancia de beber al menos dos litros de agua diarios. Entre los síntomas de una deshidratación leve figuran el dolor crónica de las articulaciones, las molestias musculares, el estreñimiento o el dolor de cabeza, de hecho el mejor tratamiento inicial para un dolor de cabeza es beber un par de vasos de agua, en lugar de recurrir inmediatamente a los analgésicos. A menudo, la sensación de apetito es simplemente un signo de deshidratación, por lo que un mayor consumo de agua también puede ayudar a controlar el peso. El agua puede resultar sosa y aburrida. Sustituirla por bebidas carbonatadas azucaradas no es una alternativa aconsejable, porque a menudo tienen un elevado contenido calórico, lo que puede fomentar la obesidad y perjudica a la salud oral (Gómez y Palma, 2011).

Sin embargo las nuevas variedades de agua aromatizada ofrecen en la actualidad una alternativa de sabor agradable a las aguas tradicionales con o sin gas. De hecho, las aguas aromatizadas han sido la categoría de bebidas que han experimentado un crecimiento más rápido en Europa. En todo el mundo, entre enero y setiembre del año 2007 se lanzaron 271 productos en esta categoría. Aunque el agua aromatizada resulte más interesante de beber que el agua normal, suele ser poco dulce, y la adición de sacarosa puede disminuir su atractivo. Estudios recientes han analizado el impacto sobre el perfil de dulzor, el dulzor de impacto y el perfil gustativo global de diferentes mezclas de edulcorantes de alta intensidad utilizados para sustituir parcial o totalmente la sacarosa. Los resultados abren interesantes oportunidades para que los fabricantes desarrollen productos de agua aromatizada bajos en calorías que, al mismo tiempo, satisfagan las expectativas de sabor de los consumidores más golosos (Gómez y Palma, 2011).

### **7.6. Calidad e inocuidad en el edulcorante empleado**

En la sustitución de azúcares se deben considerar algunos parámetros que dan valor adicional al uso potencial del edulcorante sustituto. Estos deben ser seguros e ino cuos y proporcionar menos calorías. La mayoría de edulcorantes a granel ofrecen 2-4 kcal/g, que reemplaza la sacarosa en aplicaciones a niveles bajos probablemente no supone un ahorro de calorías significativas. Las excepciones más notables son eritritol (0.2 kcal / g), algunas maltodextrinas resistentes y fibras (1-1.5 kcal / g), (calorías insignificantes, debido a su escaso uso) o sus mezclas. Sin embargo, incluso cuando se utilizan estos ingredientes para sustituir la sacarosa, dependiendo del tamaño de la porción y el cálculo del dulzor, la etiqueta nutricional del producto final no puede cambiar cuando menos debe cambiar mejorando las condiciones calóricas y organolépticas del producto final (Farfán y Rodríguez, 2011).

La mayoría de los edulcorantes alternativos son más costosos que la sacarosa en base al peso, pero el análisis de costos debe considerar los niveles de dulzor equivalente y otros beneficios adicionales versus su potencial afectación a aspectos cualitativos del producto. Los agentes de volumen, en caso de ser necesarios y el procesamiento adicional, como la mezcla para lograr una distribución homogénea, tienen que ser añadidos al costo de reemplazo la sacarosa. Como los ingredientes funcionales son relativamente costosos, los sistemas de sustitución de sacarosa pueden llegar a ser más costosos que la sacarosa de manera general, pero siempre optimizando la calidad tanto de edulcoración como de la mezcla final. La búsqueda del edulcorante perfecto seguramente continuará, con opciones naturales ganando más atracción. En todo caso, frecuentemente se presentan alternativas y opciones como el xylitol u otros edulcorantes que permiten avizorar un buen panorama respecto a la mejora significativa

de calidad aun con beneficios de costo y bondades para la salud de los usuarios finales de los productos edulcorados (Torres, 2011).

### **7.7. Biotecnología y edulcorantes**

La biotecnología es la técnica con que se procesan en la actualidad los nuevos edulcorantes y las ventajas que proporciona su uso han permitido rápidos avances en este campo (Romero, 2009).

Podemos entender por biotecnología la serie de procesos industriales que implican el uso de organismos vivos, bien sean plantas, animales o microorganismos. La biotecnología es la nueva revolución industrial. La biotecnología se basa en procesos de orden genético, estudiados y aplicación de microorganismos para la elaboración de determinados productos que mejoran considerablemente sus perspectivas y calidad con estos procedimientos (Romero, 2009).

Los edulcorantes con mayor perspectiva de uso masivo como es la taumantina (*Thaumatococcus daniellii*) y la stevia (*Esteviósido* y *Rebaudiósido*), cuyos componentes se extraen por métodos biotecnológicos incentivados por grandes empresas en Europa, Japón y EE.UU., a partir de los cuales se logran estos edulcorantes han permitido demostrar la utilidad de procesos biotecnológicos en la ciencia de endulzar bebidas envasadas (Romero, 2009).

Entre los procesos biotecnológicos empleados hay una técnica que merece especial consideración: la fijación de enzimas. Una vez transformado todo el material, sería interesante recuperar el enzima, lo que nos permite, de un sólo golpe, reutilizarlo y purificar la molécula objetivo. Hasta ahora se despilfarraban muchos enzimas, pero hoy es posible incluirlos en una superficie sólida, de la cual se retira su producto por simple lavado. Se ha logrado fijar enzimas en toda una variedad de soportes sólidos, que van desde vidrio a plástico,

pasando por fibras naturales. La fijación se logra encerrándolos en matrices sólidas, uniéndolos covalentemente a éstas, o haciendo lo propio pero gracias a cargas electrostáticas. Las técnicas han alcanzado tal refinamiento que apenas se estropean moléculas durante la fijación. Aunque la producción de fructosa es una importante contribución a este campo por parte de la biotecnología, otros edulcorantes están en la lista. Es el caso del aspartame (formado por aspártico y fenilalanina) y la taumatina (polipéptido extraordinariamente dulce producido por un arbusto africano), al igual que se viene haciendo con la estevia de manera industrial (Romero, 2009).

#### **7.8. Riesgos y beneficios de edulcorantes artificiales en bebidas alimenticias**

Recientes estudios como los de Mullans y otros (2014) han evidenciado que el uso administrado por las empresas de bebidas alimenticias no es dañino en tanto se guarden algunas medidas específicas contra el uso abusivo de las mismas o se combinen con otros productos que pudieran causar reacciones adversas. Por ejemplo el uso de aspartame deriva en un ligero incremento de fenilalanina en la sangre inocuo en la proporción empleada por los fabricantes de bebidas. Un incremento significativo de estos productos solamente podría darse de manera accidental, o por la ingesta excesiva de bebidas alimenticias con este compuesto de manera exclusiva y única por periodos muy prolongados, y aun en dosis aun bajas, lo cual pone de manifiesto que el uso de aspartame en la industria de bebidas alimenticias no es dañino en tanto el consumidor final no establezca una relación de adicción con tal bebida, la cual, por otro lado, no genera de manera cierta ni probada, la adicción.

## VIII. CONCLUSIONES

- El uso de edulcorantes no nutritivos en bebidas alimenticias, como estevia y sucralosa, entre otros son productos que vienen revolucionando la capacidad de endulzar bebidas envasadas con grandes beneficios cero-calóricos para sus consumidores.
- El uso de edulcorantes intensivos no calóricos ha aumentado considerablemente, y es común en la alimentación de los consumidores. La demanda de estos productos se ha enriquecido por las bondades que muestra su elaboración y su uso se hace extensivo a bebidas gaseosas, jugos, aguas, etc.
- Las tendencias en materia de preparación de edulcorantes se vienen elaborando cada vez nuevas mezclas que combinan los edulcorantes ya existentes que potencian la calidad de estos, reduciendo costos, y logrando mayores beneficios calóricos y para la salud de los usuarios.
- La industria de edulcorantes se ha enriquecido significativamente con la inclusión de técnicas biotecnológicas las cuales apoyan muy significativamente la capacidad de elaborar productos cada vez más refinados y naturales en base a procesos menos químicos y más adecuados para la salud humana.

## IX. RECOMENDACIONES

- Investigar la eficiencia de otros edulcorantes en la elaboración de bebidas y el uso de edulcorantes naturales que reemplacen a los edulcorantes artificiales, con la finalidad de reducir gastos, así como también que no causen daño a los consumidores.
- Investigar sobre la vida en anaquel de los edulcorantes en bebidas, a partir de su uso intensivo en periodos en que las plantas o materia prima de su elaboración es escasa en la zona de producción y/o se encuentra en periodo estacional distinto de su crecimiento natural.
- Se recomienda elaborar mezclas entre los distintos edulcorantes, con la convicción que permitirán lograr mejores productos cada vez. Es importante para toda investigación en la industria alimentaria, permanecer alerta a nuevas mezclas y preparados que pueden resultar de la práctica diaria para mejorar y/o producir nuevos edulcorantes.
- Realizar más investigaciones sobre las propiedades nutricionales y funcionales de la planta *Stevia rebaudiana Bertonii* además de los beneficios que aporta a la salud de las personas con enfermedades como la diabetes, el sobrepeso, entre otras.

## X. BIBLIOGRAFÍA

AINIA, 2011. Norken, Marcilla Coffee Systems, Polisucra, Productos Aditivos y Promerca. Instituto Tecnológico Agroalimentario.

Alonso, J.R. 2010. Edulcorantes Naturales. La granja. Vol. 12 (2). Pp. 3-12. ISSN: 13903799. Universidad Politecnica Salesiana. Ecuador.

American Dietary Association. 2004. Food and Nutrition Information. Disponible en: <http://www.eatright.org/lcps/rde/xchg/adalhs.xsl/nutrition.html>. Consultado: oct 27 2008.

Ardila, M. 2013. Prueba de Ordenamiento: intensidad de dulce en bebidas de ajonjolí y arroz. Lab. Análisis sensorial. Universidad Antioquia. Medellín, Colombia.

Arnau, J. 2012. La planta que nos endulza la vida. <http://www.enbuenasmanos.com/articulos/muestra.asp?art=629>. Consulta: Noviembre 2013.

Benjumea R., y Correa G., 2011. Edulcorantes y salud contemporánea. FAO y Acribia. España.

Borges, P. y Rogert, E. 2009. Sustitución Parcial de Sacarosa por edulcorantes en Refrescos de Naranja y Cola. Ciencia y Tecnología de Alimentos. La Habana, Cuba. Vol. 16. No. 3.

Borrego, F. 2010. Edulcorantes de alta intensidad en bebidas refrescantes. Biblioteca de Alimentación, Equipos y Tecnología, Volumen: 19 Número: 4.

Cagnasso, C., López, L. y Valencia, M. 2007. Edulcorantes no nutritivos en bebidas sin alcohol: estimación de la ingesta diaria en niños y adolescentes. Argentina. Vol. 105. No.6.

Carakostas, M., Curry, L., Boileau, A. y Brusick, D. 2008. Overview: the history, technical function and safety of rebaudioside A, a naturally occurring steviol glycoside, for use in food and beverages. Food Chem Toxicol 2008; 46(7): S1-S10.

Codex Alimentarius. 2008. Norma General del Codex para los Aditivos Alimentarios. Disponible en línea: [http://www.codexalimentarius.net/web/index\\_en.jsp](http://www.codexalimentarius.net/web/index_en.jsp). Consultado: Oct., 27 2008.

Codex Alimentarius. 2013. Norma General del Codex para los Aditivos Alimentarios.

ANMAT. Cuaderno nº 75 2011. Los aditivos alimentarios. Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica- de Argentina. En línea: <http://www.anmat.gov.ar/>. Consulta: noviembre, 2013.

Del Castillo D., M, 2013. Bebidas no alcohólicas. Disponible en línea: <http://prezi.com/uc5cbwfhqhlb/bebidas-no-alcoholicas/>. Consulta: diciembre, 2013.

FAO-ONU, 2011. Código y normatividad general internacional sobre preparación de alimentos y reglas sanitarias para el cuidado de la salud del hombre. Suecia.

Farfán, Á., y Rodríguez S., J., 2011. Estudio de factibilidad para la instalación de una empresa productora y comercializadora de un

endulzante sin calorías para bebidas a base de hojas de Stevia, en la ciudad de Montecristi. Facultad Ciencias Administrativas. Carrera de Ingeniería Comercial. ULEAM. Manta. Manabi. 177 p.

Félez S., M., 2010. Situación actual del estado de la depuración biológica. Explicación de los métodos y sus fundamentos. Universidad Politécnica de Cataluña. España. Memoria.

Fennema, O., 2009. Química de alimentos. 3ª Edición. Editorial ACRIBIA S.A. Zaragoza, España.

FIN., 2013. Los edulcorantes bajos en calorías juegan un papel positivo en la prevención de la diabetes y el sobrepeso. Revista de la Fundación para la Investigación Nutricional. Internacional Swetener edition. Madrid, España.

FSE y FIAB., 2011. Estudio sectorial de industrias de elaboración de bebidas. Documento de síntesis. Unión Europea.

Frangne, A., 2012. Ciencia y tecnología de los alimentos: Nutrición Humana y Gastronomía. Editorial Acribia S.A. Zaragoza - España.

Franz, M., 2008. American Diabetes Association Nutrition Recommendations and Guidelines. Diabetes Care. 2008; 31 (Suppl 1):S61-S78.

Gil A. M<sup>a</sup>., 2011. Artículo científico. Los aditivos edulcorantes. Rev. Alimentación Nutrición y Salud - Instituto Danone: Abril-Junio. Vol. 36 N<sup>o</sup> 4.

Gómez C., C. y Palma M., S., 2011. Libro Blanco del azúcar. 6ª revisión. Editorial IEDER. España.

JECFA. 2012. Uso recomendado de edulcorantes. Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios.

Jiménez C., 2002. Instituto de microelectrónica de Barcelona. Barcelona – España.

Lamphear BJ, Barker DK, Brooks CA, Delaney DE, Lane JR, Beifuss K, Love R, Thompson K, Mayor J, Clough R, Harkey R, Poage M, Drees C, Horn ME, Streatfield SJ, Nikolov Z, Woodard SL, Hood EE, Jilka JM, Howard JA., 2009. Expression of the sweet protein brazzein in maize for production of a new commercial sweetener, *Plant Biotechnol J.* 3(1):103-14. PMID: 17168903.

Marquina, D. y Santos, A., 2011. Probióticos, prebióticos y Salud. Universidad Complutense Departamento de Microbiología III Facultad de Biología. Madrid En: [www.actualidad.es](http://www.actualidad.es). Consulta: noviembre 2013.

Mercola, J. y Pearsall, K., 2012. Nuevos Edulcorantes: Alitame. Disponible En línea: <http://www.buenastareas.com/ensayos/Nuevos-Edulcorantes-Alitame/3490252.html>. consultado: noviembre 2013.

Midmore D. y Rank, A., 2010. A new rural industry – Stevia – to replace imported chemical sweeteners. Rural Industries Research & Development Corporation.

Morales., 2010. Edulcorantes. Polioles, Recientes Participantes y Posible Regreso de Productos. *Revista de Industria Alimentaria.* Vol 3.

Morrison, R. J. y Boyd, R. N., 2008. Química orgánica. 5ª edición. Editorial científico-técnica. La Habana. Cuba.

Mullans. 2014. *International journal of Agriculture*. Vol 2(4), pp. 154-165, April 2014.

Nabors, L. 2002. *Sweet Choices: Sugar replacements for Food and Beverages*. *Food Technology*. Vol. 56.

Nova G., A. y Peña C, L. 2012. El mercado internacional la sacarosa, edulcorantes, alcohol y melaza. Artículo científico digital. En línea: [http://www.nodo50.org/cubasigloXXI/economia/nova4\\_310802.htm](http://www.nodo50.org/cubasigloXXI/economia/nova4_310802.htm). Consulta: noviembre 2013.

Organización Mundial de la Salud. *Estrategia Mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud*. Organización Mundial de la Salud. Ginebra, 2010.

Ortega, R. M.; Pérez J., F.; Bultó S., L. y Martín Q., E. 2012. *Prejuicios y verdades sobre las grasas y otros alimentos*. Instituto Flora. 2ª edición.

Porto, G., M. y André, H. M. 2007. *Different sweeteners in peach nectar: Ideal and equivalent sweetness*. *Food Research International*.

Potter, N. 2008. *La ciencia de los alimentos*. Editorial EDUTEX. 7ª edición. México.

Prakash, 1., DuBois, E., Clos, J., Wilkens, K. y Fosdick, L. 2008. *Development of rebiana, a natural, non-caloric sweetener*. *Food and Chemical Toxicology*. Vol. 46.

Renwick A. 2010. *The use of a sweetener substitution method to predict dietary exposures for the intense sweetener rebaudioside A*. *Food Chem Toxicol*. 46(7):S61-S9.

Restrepo G., M. 2012. Sinergia entre Edulcorantes No Calóricos y el Acido Fumárico. Revista Panorama. Antioquia, Colombia. Vol. 1. No.2.

Rivera, J., Hernández, O., Peralta, M., Aguilar, C., Popkin, B., Walter, C. y Willett, W. 2008. Consumo de bebidas para una vida saludable: recomendaciones para la población mexicana. Medigraphic Artemisa. Vol. 65, pág. 208-237.

Romero V., G. 2009. Biotecnología: generalidades, riesgos y beneficios. UNED. España.

Sánchez S., A.; Bárcena M., A. 2010. La sacarosa y sus diferentes usos. Anales de Química de la RSEQ 103 (1). ISSN 1575-3417, pp.46-49.

Saulo. A. 2009. Sugars and Sweeteners in Foods. Food Safety and Technology. Pag. 29-31.

Snarff, 2009. Los edulcorantes en nuestra vida diaria. Stevia Endulzante Natural. Disponible en línea: <http://www.todomonografias.com/nutricion-y-dietetica/edulcorantes>. Consulta: Abril de 2012.

Swithers S.E, Davidson TL. 2008. A role for sweet taste: calorie predictive relations in energy regulation by rats. Behav Neurosci.

Torres, A. 2011. Estudio del Mercado de Edulcorantes Naturales. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Editorial Biocomercio. Bogotá, Colombia.

Webster, J., 2014. Reformulating food products for health: context and key issues for moving forward in Europe. Working paper on reformulation for health - the way forward.

Who. International Agency for Research on Cancer (IARC). IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. List of classifications. List of classifications by alphabetic order. Last update: 13 Apr 2011. Disponible en: <http://www.iarc.fr/en/websites/databases.php>. Consulta noviembre 2013.

Yoldi G, y Zudaire M. 2008. Edulcorantes: alternativas al azúcar. Revista Consumer. Revisión de la 2<sup>da</sup> edición. Ecuador.

***Anexos***

### Anexo A. Resumen del estado de los edulcorantes para bebidas alimenticias - 2013

Código	Aditivo	Comentarios
Acesulfamo K	Es un compuesto químico relativamente sencillo, descubierto casi por azar en 1967. Es aproximadamente 200 veces más dulce que la sacarosa, con una gran estabilidad ante los tratamientos tecnológicos y durante el almacenamiento. En el aspecto biológico, la acesulfamo K no se metaboliza en el organismo humano, excretándose rápidamente sin cambios químicos, por lo que no tiende a acumularse. Su uso se autorizó en Inglaterra, en 1983; desde entonces se ha autorizado en Alemania, Italia, Francia, Estados Unidos y en otros países, y está incluida dentro de la nueva lista de aditivos autorizados de la Unión Europea. En España todavía no se utiliza.	
E 951	Aspartame	<p>Es el más importante de los nuevos edulcorantes artificiales. Descubierto en 1965, se autorizó su uso inicialmente en Estados Unidos como edulcorante de mesa, aunque desde 1983 se autorizó en ese país como aditivo en una amplia serie de productos. Químicamente está formado por la unión de dos aminoácidos (fenilalanina y ácido aspártico), uno de ellos modificado por la unión de una molécula de metanol. Aunque como tal no existe en la naturaleza, sí que existen sus componentes, en los que se transforma durante la digestión. Es varios cientos de veces más dulce que la sacarosa. Por esta razón, aunque a igualdad de peso aporta las mismas calorías aproximadamente que la sacarosa, en las concentraciones utilizadas habitualmente este aporte energético resulta despreciable.</p> <p>El aspartame no tiene ningún regusto, al contrario que los otros edulcorantes, y es relativamente estable en medio ácido, pero resiste mal el calentamiento fuerte, por lo que presenta problemas para usarse en repostería.</p> <p>El aspartame se transforma inmediatamente en el organismo en fenilalanina, ácido aspártico y metanol. Los dos primeros son constituyentes normales de las proteínas, componentes naturales de todos los organismos y dietas posibles. La fenilalanina es además un aminoácido esencial, es decir, que el hombre no puede sintetizarlo en su organismo y tiene que obtenerlo forzosamente de la dieta. Sin embargo, la presencia de concentraciones elevadas de fenilalanina en la sangre está asociada al retraso mental severo en una enfermedad congénita rara, conocida con el nombre de fenilcetonuria, producida por la carencia de un enzima esencial para degradar este aminoácido. La utilización de aspartame a los niveles concebibles en la dieta produce una elevación de la concentración de fenilalanina en la sangre menor que la producida por una comida normal. Cantidades muy elevadas, solo ingeribles por accidente, producen elevaciones de la concentración de fenilalanina en la sangre inferiores a las consideradas nocivas, que además desaparecen rápidamente. Sin embargo, en el caso de las personas que padecen fenilcetonuria, el uso de este edulcorante les aportaría una cantidad suplementaria de fenilalanina, lo que no es aconsejable. Por otra parte, el metanol es un producto tóxico, pero la cantidad formada en el organismo por el uso de este edulcorante es muy inferior a la que podría representar riesgos para la salud, y, en su uso normal, inferior incluso a la presente en forma natural en muchos alimentos, como los zumos de frutas.</p>
E 952	Ciclamato	<p>Esta substancia fue sintetizada por primera vez en en 1937, y se utiliza como edulcorante artificial desde 1950. A partir de 1970, ante la sospecha de que podía actuar como cancerígeno, se ha prohibido su uso como aditivo alimentario en muchos países, entre ellos USA, Japón e Inglaterra. Es unas 50 veces más dulce que la sacarosa, y tiene un cierto regusto desagradable, que desaparece cuando se utiliza mezclado con la sacarina. Es muy estable, y no le afecta la acidez ni el calentamiento. Su utilización fundamental está en las bebidas carbónicas. También se puede utilizar en yogures edulcorados y como edulcorante de mesa. El ciclamato como tal es menos soluble en agua que sus sales, que son las que se utilizan habitualmente.</p> <p>El ciclamato no tiene la consideración universal de aditivo alimentario sin riesgos. Se han publicado trabajos indicando que, en animales de experimentación, dosis altas de esta substancia actúan como cancerígeno y teratógeno, lo que significa que produce defectos en los fetos. También se han indicado otros posibles efectos nocivos producidos por su ingestión en dosis enormes, como la elevación de la presión sanguínea o la producción de atrofia testicular.</p> <p>Los datos acerca de su posible carcinogenicidad son conflictivos. El efecto cancerígeno no sería debido al propio ciclamato, sino a un producto derivado de él, la ciclohexilamina, cuya carcinogenicidad tampoco está aun totalmente aclarada. El organismo humano no es capaz de transformar el ciclamato en este derivado, pero sí la flora bacteriana presente en el intestino. El grado de transformación depende mucho de los individuos, variando pues también la magnitud del posible riesgo.</p>

		<p>Todos los datos acerca de los efectos negativos del ciclamato se han obtenido a partir de experimentos en animales utilizando dosis muchísimo mayores que las ingeridas por un consumidor habitual de bebidas bajas en calorías, por lo que la extrapolación no es fácil, y de hecho no existe un acuerdo general acerca de la seguridad o no del ciclamato. Desde su prohibición en Estados Unidos, la principal compañía fabricante ha presentado a las entidades gubernamentales varias solicitudes para que esta prohibición fuera retirada, en base a los resultados de múltiples experimentos posteriores a su prohibición en los que no se demostraba que fuese cancerígeno.</p> <p>La elección, teniendo en cuenta que su presencia se indica en la etiqueta, corresponde finalmente al consumidor. Esta sustancia tiene mayores riesgos potenciales en el caso de los niños, a los que están destinados muchos productos que la contienen, ya que en ellos la dosis por unidad de peso es evidentemente mayor, al ser ellos más pequeños. También sería más cuestionable su ingestión por mujeres embarazadas. El riesgo ocasionado por el consumo de este aditivo, caso de existir, es sin duda sumamente pequeño, pero existen otros edulcorantes alternativos cuyos riesgos parecen ser aun menores.</p>
E 953	Isomaltosa	
E 954	Sacarina	<p>La sacarina fue sintetizada en 1878, utilizándose como edulcorante desde principios del presente siglo. Es varios cientos de veces más dulce que la sacarosa. La forma más utilizada es la sal sódica, ya que la forma ácida es muy poco soluble en agua. Tiene un regusto amargo, sobre todo cuando se utiliza a concentraciones altas, pero este regusto puede minimizarse mezclándola con otras sustancias. Es un edulcorante resistente al calentamiento y a los medios ácidos, por lo que es muy útil en muchos procesos de elaboración de alimentos. En España se utiliza en bebidas refrescantes, en yogures edulcorados y en productos dietéticos para diabéticos.</p> <p>Ya desde los inicios de su utilización la sacarina se ha visto sometida a ataques por razones de tipo económico, al provocar con su uso la disminución del consumo de azúcar, así como por su posible efecto sobre la salud de los consumidores. En los años setenta varios grupos de investigadores indicaron que dosis altas de sacarina (5% del peso total de la dieta) eran capaces de inducir la aparición de cáncer de vejiga en las ratas.</p> <p>La sacarina no es mutágena. Su efecto en la vejiga de las ratas se produce mediante una irritación continua de este órgano producida por cambios en la composición global de la orina que, entre otros efectos, dan lugar a cambios en el pH y a la formación de precipitados minerales. El ataque continuo tiene como respuesta la proliferación celular para reparar los daños, y en algunos casos esta proliferación queda fuera de control y da lugar a la producción de tumores. Es interesante constatar que el efecto de formación de precipitados en la orina de las ratas se debe en gran parte o en su totalidad al sodio que contiene la sacarina, ya que la forma libre o la sal de calcio no producen este efecto.</p> <p>La sacarina no es pues carcinógena por sí misma, sino a través de su efecto como desencadenante de una agresión fisicoquímica a la vejiga de la rata, que induce la proliferación celular. Con concentraciones en la dieta (las utilizadas realmente por las personas) en las que no exista absolutamente ninguna posibilidad de que se produzca esta agresión a la vejiga, el riesgo no será muy pequeño, sino simplemente nulo. No obstante, el uso de la sacarina está prohibido en algunos países como Canadá. En Estados Unidos se planteó su prohibición en 1977, pero las campañas de las empresas afectadas y de algunas asociaciones, entre ellas las de diabéticos, motivaron que se dictara una moratoria a la prohibición. La situación de la sacarina quedó pues inestable en Estados Unidos, estando sometida a normas de etiquetado estrictas con frases del tipo "Este producto contiene sacarina, de la que se ha determinado que produce cáncer en animales de laboratorio" y "el uso de este producto puede ser peligroso para su salud".</p>
E 957	Taumatina	Es una proteína extraída de una planta de África Occidental, que en el organismo se metaboliza como las demás proteínas de la dieta. Figura en el libro Guinness de los records como la sustancia más dulce conocida, unas 2500 veces más que la sacarosa. Tiene un cierto regusto a regaliz, y, mezclada con glutamato, puede utilizarse como potenciador del sabor. Se utiliza en Japón desde 1979. En Inglaterra está autorizada para endulzar medicinas, en USA para el chicle y en Australia como agente aromatizante.
E 959	Neohesperidina dihidrocalcona	La denominada neohesperidina dihidrocalcona (NHDC) se obtiene por modificación química de una sustancia presente en la naranja amarga, Citrus aurantium. Es entre 250 y 1800 veces más dulce que la sacarosa, y tiene un sabor dulce más persistente, con regusto a regaliz. Se degrada en parte por la acción de la flora intestinal.
E 965 i	Maltitol	
E 965 ii	Jarabe de maltitol	
E 966	Lactitol	
E 967	Xylitol	

E 999	Extracto de quilaya	
E 1105	Lisozima	
E 1200	Polidextrosa	<p>La utilización del almidón como componente alimentario se basa en sus propiedades de interacción con el agua, especialmente en la capacidad de formación de geles. Abunda en los alimentos amiláceos (cereales, patatas) de los que puede extraerse fácilmente y es la más barata de todas las sustancias con estas propiedades; el almidón más utilizado es el obtenido a partir del maíz. Sin embargo, el almidón tal como se encuentra en la naturaleza no se comporta bien en todas las situaciones que pueden presentarse en los procesos de fabricación de alimentos. Concretamente presenta problemas en alimentos ácidos o cuando éstos deben calentarse o congelarse, inconvenientes que pueden obviarse en cierto grado modificándolo químicamente.</p> <p>Una de las modificaciones más utilizadas es el entrecruzado, que consiste en la formación de puentes entre las cadenas de azúcar que forman el almidón. Si los puentes se forman utilizando trimetafosfato, tendremos el fosfato de dialmidón si se forman con epiclorhidrina el éter glicérico de dialmidón y si se forman con anhídrido adípico el adipato de dialmidón. Estas reacciones se llevan a cabo fácilmente por tratamiento con el producto adecuado en presencia de un álcali diluido, y modifican muy poco la estructura, ya que se forman puentes solamente entre 1 de cada 200 restos de sacarosa como máximo. Estos almidones entrecruzados dan geles mucho más viscosos a alta temperatura que el almidón normal y se comportan muy bien en medio ácido, resisten el calentamiento y forman geles que no son pegajosos, pero no resisten la congelación ni el almacenamiento muy prolongado (años, por ejemplo, como puede suceder en el caso de una conserva). Otro inconveniente es que cuanto más entrecruzado sea el almidón, mayor cantidad hay que añadir para conseguir el mismo efecto, resultando por lo mismo más caros.</p> <p>Otra modificación posible es la formación de ésteres o éteres de almidón (substitución). Cuando se hace reaccionar el almidón con anhídrido acético se obtiene el acetato de almidón hidroxipropilado y si se hace reaccionar con tripolifosfato el fosfato de monoalmidón. Estos derivados son muy útiles para elaborar alimentos que deban ser congelados o enlatados, formando además geles más transparentes.</p> <p>Pueden obtenerse derivados que tengan las ventajas de los dos tipos efectuando los dos tratamientos, entrecruzado y substitución. También se utilizan mezclas de los diferentes tipos.</p> <p>Los almidones modificados se utilizan en la fabricación de helados, conservas y salsas espesas del tipo de las utilizadas en la cocina china.</p> <p>En España se limita el uso de los almidones modificados solamente en la elaboración de yogures y de conservas vegetales. En los demás casos, el único límite es la buena práctica de fabricación. Los almidones modificados se metabolizan de una forma semejante al almidón natural, rompiéndose en el aparato digestivo y formando azúcares más sencillos y finalmente glucosa, que es absorbida. Aportan por lo tanto a la dieta aproximadamente las mismas calorías que otro sacarosa cualquiera. Algunos de los restos modificados (su proporción es muy pequeña, como ya se ha indicado) no pueden asimilarse y son eliminados o utilizados por las bacterias intestinales. Se consideran en general aditivos totalmente seguros e inoúos.</p>
E 1201	Polivinil pirrolidona	
E 1202	Polivinilpolipirrolidona	

## Anexo B. Estudios epidemiológicos en el consumo de edulcorantes sintéticos

Tipo de edulcorante	Tipo de estudio población y muestra	Resultados del estudio	Fecha del estudio y Referencia
Edulcorantes en general	350 pacientes con cáncer de vejiga	No se encontró aumento significativo del riesgo para cáncer de vejiga por el uso de edulcorantes artificiales	1965 a 1986, Revisión de Weihrauch y Diehl, 2004 (8).
	622 casos prevalentes con cáncer de vejiga y 219 incidentes, con controles hospitalarios apareados por edad y sexo Consumo de edulcorante mayor a un año en los 5 años anteriores al diagnóstico	En cáncer de vejiga se encontró el siguiente RR: Hombres no fumadores: RR 2,2 - IC <sub>95%</sub> [1,3-3,8] Mujeres no fumadoras: RR 1,6 - IC <sub>95%</sub> [0,8-3,2]  En fumadores no se encontró aumento del RR	Piper <i>et al.</i> , 1986 (17) en el Reino Unido.
	1860 pacientes con cáncer de vejiga y 3934 controles Se categorizaron los consumidores en dos grupos: Bajo: consumo menor a 1680 mg/día Pesados: Mayor a 1680 mg/día	En cáncer de vejiga se encontró el siguiente RR Consumidores pesados (31 pacientes y 78 controles) RR 1,3 - IC <sub>95%</sub> [0,9-2,1] Consumo de café alto (> 50 tazas/semana) RR 1,4 - IC <sub>95%</sub> [1,1-1,7] Relacionado con el consumo de edulcorantes artificiales Historia de una o dos infecciones del tracto urinario RR 1,3 - IC <sub>95%</sub> [1,1-1,7] Se realizó estudio histológico mostró que el uso de edulcorantes artificiales se asoció en mayor grado con tumores pobremente diferenciados.	Sturgeon <i>et al.</i> , 1994 (18). Se tuvo en cuenta otros factores como fumar, infecciones del tracto urinario, consumo de café, historia previa de cistolitiasis y predisposición genética para el riesgo de inducir cáncer de vejiga.
Sacarina, aspartame y edulcorantes en general, no se describe específicamente el alitame.	Casos y controles entre 1991 y 2004 en Italia. Casos: 598 pacientes con incidencia de cáncer de la cavidad oral y faringe, esófago, colon, recto, laringe, mama, ovario, próstata y riñón, confirmados por estudio histológico. Controles: 7028 pacientes admitidos en el mismo hospital por trastornos no neoplásicos o agudos	Sacarina: OR 0,83 IC <sub>95%</sub> (0,30–2,29) - Ca de cavidad oral y faringe. OR 1,58 IC <sub>95%</sub> (0,59–4,25) - Ca de esófago. OR 0,95 IC <sub>95%</sub> (0,67–1,35) - Ca de colon. OR 0,93 IC <sub>95%</sub> (0,60–1,45) - Ca rectal. OR 1,55 IC <sub>95%</sub> (0,76–3,16) - Ca de laringe. OR 1,01 IC <sub>95%</sub> (0,77–1,33) - Ca de mama. OR 0,46 IC <sub>95%</sub> (0,29–0,74) - Ca de ovario. OR 0,91 IC <sub>95%</sub> (0,59–1,40) - Ca de próstata. OR 0,79 IC <sub>95%</sub> (0,49–1,28) - Ca de riñón. Los valores de OR para otros edulcorantes principalmente aspartame fueron menores a los de sacarina a excepción de Ca de laringe, ovario, próstata y riñón con valores ligeramente superiores. Se encontró una tendencia inversa significativa para Ca de mama, ovario y tendencia directa para Ca de laringe. Sin embargo, se concluye que no hay asociación entre el consumo de sacarina, aspartame y otros edulcorantes y el riesgo de presentar neoplasmas comunes severos.	Gallus <i>et al.</i> , 2007 (19)