



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA

**INGENIERÍA CONCEPTUAL PARA LA PRODUCCIÓN DE
REBAUDIÓSIDO A DE ALTA PUREZA.**

TESIS
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO

PRESENTA

MICHAEL DAVID CABRERA SORIANO

DIRECTOR DE TESIS

M.I. JOSÉ ANTONIO ORTIZ RAMÍREZ

CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX.

2018





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: JOSÉ ANTONIO ORTIZ RAMÍREZ

VOCAL: JUAN MARIO MORALES CABRERA

SECRETARIO: MARIA ALEJANDRA CABELLO ROSALES

1er. SUPLENTE: FEDERICO CARLOS HERNÁNDEZ CHAVARRIA

2° SUPLENTE: CARLOS ÁLVAREZ MACIEL

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

FACULTAD DE QUÍMICA, CIUDAD UNIVERSITARIA, COYOACÁN, CIUDAD DE MÉXICO

ASESOR DEL TEMA:

M.I. JOSÉ ANTONIO ORTIZ RAMÍREZ

SUSTENTANTE:

MICHAEL DAVID CABRERA SORIANO

ÍNDICE

1.0 INTRODUCCIÓN.....	9
1.1 Objetivo General.....	11
1.2 Objetivos Particulares.....	11
2.0 ESTUDIO DE MERCADO.....	12
3.0 ESTUDIO DE LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA.....	27
4.0 EVALUACIÓN TECNOLÓGICA	41
5.0 BASES DE DISEÑO.....	43
6.0 DESCRIPCIÓN Y DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO.....	46
6.1 Descripción del proceso	46
6.2 DFP.....	49
6.3 Lista de equipo.....	51
6.4 Balance de materia y energía	52
7.0 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD	
7.1 Estimados preliminares de costo.....	56
7.2 Evaluación económica	66
8.0 RESULTADOS.....	71
9.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	72
10.0 BIBLIOGRAFIA.....	75
11.0 ANEXOS.....	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Lanzamiento de productos con extractos de Stevia de 2010 a 2016, Fuente: Statista 2016.	15
Figura 2. Consumo de confitería en México (ton), Fuente: Euromonitor 2015.	16
Figura 3. Porcentajes del mercado de bebidas reducidas en azúcar comparado con el mercado total de bebidas en México (Ton), Fuente Euromonitor 2015.	17
Figura 4. Crecimiento anual proyectado por edulcorante 2011-2016, Fuente Global Sweetener Market 2012.	18
Figura 5. Demanda de edulcorantes de Stevia por año, Fuente: Euromonitor international 2016.....	21
Figura 6. Conocimiento global del consumidor sobre Stevia por país, Fuente: Statista 2015.	22
Figura 7. Etapas elementales del proceso.	46

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Contenido de glucósidos en diferentes especies de Stevia Fuente: (Aranda-González e. a., 2014), (Rebeca Salvador Reyes, 2014).	10
Tabla 2. Productos de Stevia en el mercado (Moralejo, 2011).....	13
Tabla 3. Lanzamiento de productos empaquetados en México (Ton), Fuente: Euromonitor 2015.....	15
Tabla 4. Superficie sembrada y cosechada de Stevia por hectárea, Fuente: SIAP 2014.....	19

Tabla 5. Producción agrícola de Stevia en 2015, Fuente: SIAP 2015.....	19
Tabla 6. Precio de la Planta de Stevia en los estados cultivados. Fuente: (SIAP, 2014).....	23
Tabla 7. Producción agrícola de Stevia por estado, distrito y Municipio, Fuente: (SIAP, 2014).....	28
Tabla 8. Capacidad Instalada de Alcohol Etílico en México. Fuente: CONADESUCA, 2012).....	29
Tabla 9. Distancias entre ciudades.	30
Tabla 10. Tasa de desocupación, Fuente: INEGI 2016.....	31
Tabla 11. Índice de precios al consumidor por región, Fuente: INEGI 2017.	31
Tabla 12. Precios medios de energía eléctrica. Fuente: Secretaría de energía 2017.	32
Tabla 13. Tarifas para el servicio de agua en el sector industrial. Fuente: CONAGUA 2016.....	33
Tabla 14. Tarifa de gas natural para el sector industrial. Fuente: SENER ,2016...33	33
Tabla 15. Costo del transporte de carga por viaje entre ciudades.....	34
Tabla 16. Producción total (mmp) y unidades económicas existentes. Fuente. INEGI 2014.....	35
Tabla 17. Distancias entre las localidades de consumo y el proveedor.	36
Tabla 18. Valor de terrenos para uso industrial (\$/m ²)	36
Tabla 19. Número de unidades económicas en el sector industrial por municipio. Fuente: INEGI 2014.....	37
Tabla 20. Salario mínimo y acceso a instituciones de salud por región. Fuente: INEGI 2014.....	38
Tabla 21. Asignación de valor a los factores de ubicación.....	39

Tabla 22. Evaluación para la ubicación de la planta por región.....	40
Tabla 23. Lista de equipo.....	51
Tabla 24. Balance de materia.....	52
Tabla 25. Resultados del balance de energía.	55
Tabla 26. Costo del equipo industrial.....	58
Tabla 27. Costos que conforman el capital fijo de inversión.....	59
Tabla 28. Depreciación de la propiedad.	64
Tabla 29. Estado de resultados.	67
Tabla 30. Indicadores de rentabilidad.....	70
Tabla 31. Estado de resultados con las nuevas condiciones.....	73
Tabla 32. Indicadores de rentabilidad con las nuevas condiciones.....	74

RESUMEN

En México se registran cifras elevadas de obesidad y diabetes, ambos son problemas de salud generalmente ocasionados por el consumo de edulcorantes de alto contenido calorífico.

Según la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de 2016, la mayoría de la población vincula la obesidad y diabetes con el consumo de bebidas azucaradas, sin embargo, estudios estadísticos de Euromonitor International, ubican a México como el mayor consumidor de bebidas azucaradas en el mundo.

Esto ha ocasionado un aumento en la demanda de edulcorantes naturales, por parte de la industria en alimentos y de sus consumidores.

Algunos de los edulcorantes naturales que han tenido una creciente demanda en los últimos años, son los que provienen de la planta Stevia Rebaudiana Bertoni, estos edulcorantes no calóricos, ayudan a reducir la ingesta de calorías en las personas, previniendo así enfermedades generadas por una dieta alta en calorías.

Esta planta cuenta principalmente con varios componentes dulces, sin embargo, la industria se enfoca en solo dos ellos, los cuales son Esteviósido y Rebaudiósido A, debido a que se encuentran con mayor proporción en la planta y cuentan con la mejor calidad de sabor dulce. (Aranda-González e. a., 2014)

El Esteviósido y Rebaudiósido A son glucósidos no calóricos que poseen una capacidad edulcorante de 250 a 300 y 350 a 450 respectivamente más que la sacarosa. (Aranda-González e. a., 2014).

En general, el Rebaudiósido A es preferido sobre el Esteviósido como edulcorante no calórico, debido a que cuenta con un mejor perfil dulce. A diferencia del Rebaudiósido A, el Esteviósido tiene un resabio amargo en su sabor.

En este trabajo, se desarrolla parte de la ingeniería conceptual para la producción de Rebaudiósido A con un alto grado de pureza.

En el desarrollo de este proyecto, se da a conocer la no rentabilidad de una planta piloto que produce Rebaudiósido A, establecida en la localidad de Compostela, Nayarit, utilizando como materia prima las distintas variedades de la planta Stevia disponible en las diferentes regiones donde es cultivada.

GLOSARIO

Edulcorante: Se refiere a una sustancia de origen natural o sintético que tiene la propiedad de afectar el sentido del gusto, produciendo un sabor dulce.

Edulcorantes naturales: Son aquellos edulcorantes que se encuentran en la naturaleza y son obtenidos mediante procesos que no modifican su estructura química y que pueden ser consumidos al ingerir los alimentos en donde se encuentran.

Edulcorantes sintéticos: Son aquellos edulcorantes que se obtienen por síntesis química a partir de otros reactivos.

Edulcorantes de alta potencia: Se refiere a los edulcorantes que poseen un mayor poder edulcorante (30-25000 veces más dulce que la sacarosa).

Glucósidos de esteviol: son los compuestos químicos responsables del sabor dulce de las hojas de la planta sudamericana Stevia Rebaudiana.

Poder edulcorante: Es la capacidad que un edulcorante tiene para producir un sabor dulce con mayor o menor intensidad con respecto a la sacarosa.

Resabio: Sabor o regusto que deja un alimento.

Sinergia: Se refiere a la mezcla de diferentes edulcorantes, con el fin de mejorar la calidad del sabor dulce.

Comité mixto (FAO/OMS) de Expertos en Aditivos Alimentos (JECFA): Es un comité científico internacional de expertos administrado conjuntamente por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), que se dedican a la evaluación de la inocuidad de los aditivos alimentarios.

Número de unidades económicas: Son las entidades productoras de bienes y servicios.

Operación unitaria: Se define como un área del proceso, donde se incorporan materiales, insumos o materias primas y ocurre una función determinada que forma parte del proceso.

INTRODUCCIÓN

La Stevia Rebaudiana Bertoni, también conocida en guaraní como ka'a he'e ("hierba dulce"), es una planta nativa de las regiones tropicales de Sudamérica y de Centro América.

La planta Stevia tiene propiedades de edulcorante, los compuestos responsables del sabor dulce son los glucósidos de esteviol (Aranda-González e. a., 2014).

Estos glucósidos se consideran dietéticos, ya que su estructura no es metabolizada por el organismo humano, presentan características de estabilidad al calor (198-200°C), al ph, no se fermentan, son anti caries, por lo que son muy recomendables para diabéticos (Brandle J.E, 1998).

Esta planta ha sido de gran importancia en los últimos años, debido a su contenido de glucósidos que al no ser metabolizados por el organismo no proporcionan calorías al mismo, ayudando a prevenir enfermedades generadas por la alta ingesta de calorías, tales como la diabetes y obesidad (Chiang, 2011).

Actualmente, México ocupa el primer lugar mundial en obesidad infantil y el segundo en obesidad en adultos (UNICEF, 2017).

México también tiene problemas de diabetes en su población. El reporte de diabetes por diagnóstico médico en mujeres y hombres a nivel nacional es de 10.3% y 8.4% respectivamente según datos de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino 2016. El intento por reducir la cantidad de carbohidratos en la dieta de las personas va en aumento como una medida de prevención de estas enfermedades.

En el mercado actual se utilizan edulcorantes sintéticos bajos en calorías, tales como Acesulfame-K, Aspartame, Neotame, Sacarina, y Sucralosa. Estos poseen un poder edulcorante mayor al de la sacarosa, sin embargo, se ha demostrado que muchos de los edulcorantes sintéticos son cancerígenos y son asociados a varias

enfermedades, por esta razón en los últimos años, la industria de alimentos ha dedicado un esfuerzo considerable en el desarrollo de edulcorante con las mismas características, pero obtenidos de fuentes naturales, como los producidos a base de Stevia. (Cesar González, 2014)

La planta Stevia contiene ocho tipos de glucósidos diferentes, los cuales son Esteviócido, Esteviolbiónido, Rebaudiósido A, B, C, D, E y dulcósido.

La cantidad de glucósidos de esteviol presentes en la planta dependen de la variedad de Stevia, condiciones climáticas y del tipo de siembra que se utiliza. Algunas de las variedades generalmente cultivadas son las reportadas en la tabla 1.

Tabla 1 Contenido de glucósidos en diferentes especies de Stevia.

Contenido de glucósidos en g/100g de hojas secas en diferentes especies de Stevia					
Glucósidos de esteviol		Esteviócido	Rebaudiósido A	Rebaudiósido C	Dulcósido A
Gardana et al. (2003)	Promedio ± D.E.	5.8 ± 1.3	1.8 ± 0.2	1.3 ± 0.4	ND
Goyal et al. (2010)	Promedio ± D.E.	9.1	3.8	0.6	0.3
Kinghorn y Soejarto (1985)	Promedio ± D.E.	5-10	2-4	1-2	0.4-0.7
Morita II Aranda et. al (2010)	Promedio ± D.E.	3.97 ± 0.003	15.15 ± 0.2	2.24 ± 0.04	0.61 ± 0.04
Criolla Aranda et al. (2010)	Promedio ± D.E.	8.80 ± 0.14	4.03 ± 0.01	2.05 ± 0.01	0.74 ± 0.03

Fuente: (Aranda-González e. a., 2014), (Rebeca Salvador Reyes, 2014).

La mayoría de los glucósidos de esteviol tienen un regusto amargo, por lo que sus aplicaciones a la industria se limitan al Esteviócido y Rebaudiósido A, debido a su mejor sabor y mayor contenido en la planta.

El Esteviócido tiene una capacidad edulcorante de 250-300 más dulce que la sacarosa, pero con un ligero resabio amargo. Por otro lado, el Rebaudiósido A tiene una mayor capacidad de edulcorante, este componente es 350-450 veces más que la sacarosa y no presenta resabio amargo (Aranda-González e. a., 2014).

Tanto el Rebaudiósido A como el Esteviócido, son los edulcorantes comúnmente extraídos de la Stevia para ser purificados y llevados al mercado en distintas concentraciones.

La mezcla de Rebaudiósido A junto con los demás glucósidos, es comúnmente llamada polvo de extracto de Stevia o simplemente extractos de Stevia. Este tipo de mezcla es típicamente usada junto con otros edulcorantes de alta potencia que ayudan a mejorar el sabor y enmascarar el resabio amargo del resto de glucósidos que se encuentran con el Rebaudiósido A (Jackson, 2006).

Cuando se tiene un extracto con bajas concentraciones de los principales glucósidos, estos muestran una buena sinergia con otro tipo de edulcorantes sintéticos, tales como Acesulfame K, Aspartame, Alitame, Ciclamato de sodio, Sacarina. (Sánchez, 2015)

El componente Rebaudiósido A posee un intenso sabor dulce que no muestra resabio amargo, pero incluso con más del 1 % de contaminación por otros componentes de la planta, tales como el Esteviósido, se llega a producir un perceptible regusto amargo en su sabor, por ello hay un intenso esfuerzo por separar ambos compuestos y conseguir un alto grado de pureza en el Rebaudiósido A (Jackson, 2006).

En los últimos años, la producción de Rebaudiósido A con un alto grado de pureza ha tenido gran importancia en distintas áreas del mercado, ya que tiene la ventaja de ser usado por si solo como un edulcorante natural sin la necesidad de ser mezclado con otros endulzantes, debido a que en el caso de este componente no se requiere enmascarar algún mal sabor para ser utilizado por la industria de alimentos, bebidas, farmacéutica, tabaco, productos de cuidado personal, etc.

OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar los documentos que involucran la ingeniería conceptual de una planta productora de Rebaudiósido A.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Determinar la viabilidad del proyecto.
- Dar a conocer los factores que determinan su rentabilidad.

ESTUDIO DE MERCADO

Para el desarrollo de la ingeniería de una planta industrial, se cuenta con diversas etapas plenamente identificadas. En principio se cuenta con la fase conceptual, también conocida como ingeniería conceptual, en la cual se determina la viabilidad técnica y económica del proyecto, realizando un análisis de diversos aspectos indispensables, como son: un estudio de mercado, localización de la planta, selección de la tecnología a emplear, evaluación económica, entre otros documentos de ingeniería requeridos (Alejandro Anaya Durand, 2013).

El estudio de mercado es una herramienta que analiza la oferta y demanda de un producto. Este estudio ofrece un análisis de comportamiento histórico, para tener bases sólidas sobre el comportamiento del producto dentro del mercado en donde se pretende competir (Alejandro Anaya Durand, 2013).

El producto en el mercado

Stevia Rebaudiana Bertoni es una planta originaria del noreste de Paraguay. Su importancia económica radica en el principio activo de la Stevia, los glucósidos de steviol, que se obtienen del extracto de la planta, siendo así el Esteviósido y el Rebaudiósido A, los principales productos responsables del sabor dulce de la planta, con una proporción de hasta 300 y 400 veces más dulce que la sacarosa. (Rivera, 2012)

El termino Stevia típicamente se refiere a los edulcorantes preparados de las hojas secas de la planta Stevia. Estas preparaciones en su mayoría contienen una mezcla de muchas sustancias, entre ellas los ocho glucósidos de steviol que contiene la planta, de los cuales solo algunos poseen el sabor dulce deseable.

Algunos de estos productos que se encuentran en el mercado, se mencionan en la tabla 2.

Tabla 2. Productos de Stevia en el mercado (Moralejo, 2011)

PRODUCTO	DESCRIPCIÓN
HOJAS	
Hojas secas	Son de 10 a 15 veces más dulce que la sacarosa. Se utilizan métodos para deshidratar las hojas, lo cual permite tener un mayor periodo de almacenamiento. Sirven como materia prima para la extracción de los glucósidos.
Hojas molidas	La presentación de este producto se encuentra en sacos tipo té.
EXTRACTOS	
Extracto Claro	Este extracto es utilizado como edulcorante para bebidas. Es una solución de Esteviósido disuelto en agua, alcohol o glicerina.
Extracto Oscuro	Se utiliza como edulcorante para bebidas. Es un jarabe concentrado obtenido de las hojas usando agua, alcohol o una solución de ambos.
POLVOS	
Polvo con 40% - 50% de glucósidos	Polvo blanco que contiene de 40% a 50% de glucósidos dulces, tiene un poder edulcorante cien veces más dulce que la sacarosa.
Polvo con 85%- 97% de glucósidos	Polvo blanco con una mayor concentración de alguno de los glucósidos. Tiene una pureza mayor al resto de los productos. Es de 200 a 300 veces más dulce que la sacarosa. La calidad de su sabor dulce depende del grado de pureza que poseen.
TABLETAS	
Tabletas	Comúnmente están compuestas de Esteviósido mezclado con otros edulcorantes comunes en el mercado. Generalmente se utilizan para endulzar bebidas.

En el mercado también se encuentran el Esteviósido y Rebaudiósido A por separado, con un alto grado de pureza, sin embargo, el Rebaudiósido A presenta un mejor sabor dulce que el Esteviósido, el cual aun con un grado mayor al 99% de pureza, presenta un sabor amargo que no es tan aceptable por el consumidor como lo es el Rebaudiósido A que además de presentar una mayor capacidad de edulcorante, este no presenta regusto amargo y posee un sabor muy similar al del

azúcar común cuando se tiene un grado de pureza mayor al 99%. (M.C. Carakostasa, 2008)

La industrialización y consumo de los edulcorantes a base de Stevia es liderado por Japón, en donde la mitad del consumo de azúcar de caña fue sustituida por endulzantes proveniente de Stevia, ya que este país prohibió los edulcorantes sintéticos desde los años setenta.

En cuanto a la planta Stevia, el 70% del total de la producción mundial se destina para obtener cristales de Esteviósido, Rebaudiósido, y el 30% restante es destinado a usos herbarios (Rivera, 2012).

El problema ocasionado por los efectos secundarios de los edulcorantes no naturales, así como de los naturales por su alto contenido calórico, ha ocasionado que la demanda de los edulcorantes naturales aumente. Entre estos edulcorantes se encuentran los extractos de Stevia, los cuales están sustituyendo paulatinamente el mercado de edulcorantes sintéticos, tales como; el aspartame, las sacarinas y los ciclamatos. Estos productos cada vez son más cuestionados por presentar efectos tóxicos e incluso cancerígenos a los usuarios, que en su mayoría son diabéticos, obesos o personas que buscan una dieta equilibrada para bajar de peso.

El consumo en exceso del azúcar de caña o sacarosa acarrea efectos nocivos para la salud humana, por lo que se estima que en el futuro la planta Stevia está destinada a competir con ellas por el mercado mundial de edulcorantes.

Actualmente para sustituir los azúcares se ha estado utilizando edulcorantes sintéticos de alta potencia, pero mundialmente existe una tendencia creciente en el uso de edulcorantes naturales, tales como, los provenientes de la planta Stevia en muchos de los productos lanzados alrededor del mundo. Esta tendencia se puede observar en la figura 1.

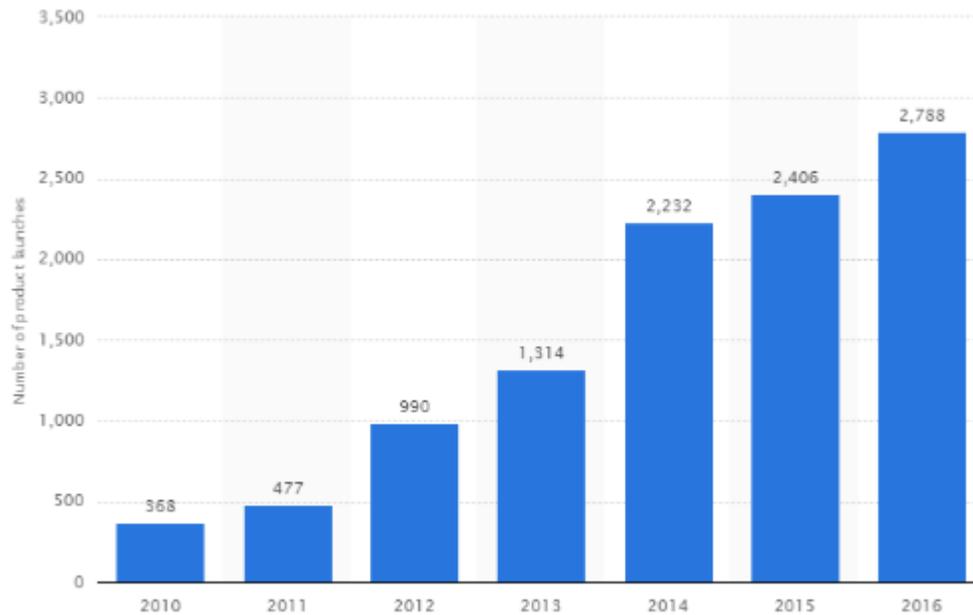


Fig. 1 Lanzamiento de productos con extractos de Stevia de 2010 a 2016, Fuente: Statista 2016.

En México los esfuerzos por reducir los niveles de azúcares en los productos va en aumento. Un claro ejemplo son los alimentos empaquetados reducidos en azúcar, para los cuáles se prevé que a partir del 2014 aumenten año con año. Estos productos usan edulcorantes de alta potencia, estas tendencias probablemente se mantengan hasta el año 2019 (ver tabla 3).

Tabla 3. Lanzamiento de productos empaquetados en México (Ton), Fuente: Euromonitor 2015.

Categorías	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Alimentos empaquetados	27,097.70	27,291.40	27,296.00	27,386.10	27,517.70	27,732.50	28,018.00	28,356.90
Alimentos empaquetados reducidos en azúcar	18.80	17.50	17.50	17.90	18.60	19.50	20.40	21.60

En el caso de la confitería en México, se ha optado por comenzar a utilizar edulcorantes de alta potencia. En la figura 2 se observa que a partir de 2014 esta tendencia ha ido en aumento, llegando a tener una mayor participación para el 2019.

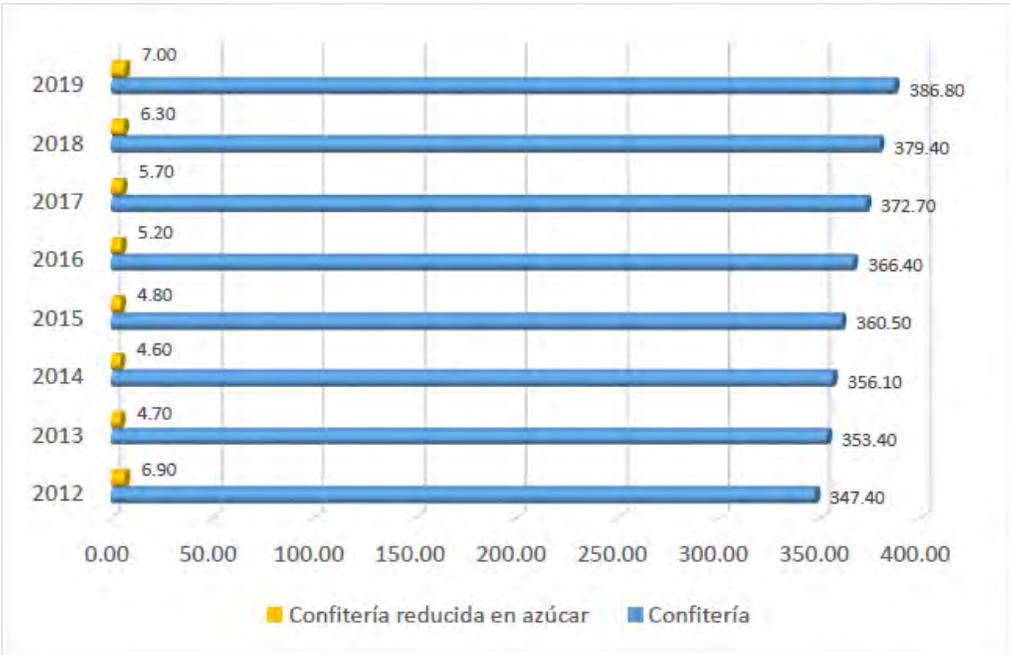


Figura 2. Consumo de confitería en México (ton), Fuente: Euromonitor 2015.

México es el mayor consumidor de bebidas azucaradas en el mundo y su industria está incrementando la sustitución de azúcares por edulcorantes de alta potencia, en la figura 3, se observa que desde 2012, el porcentaje de bebidas reducidas en azúcar que se lanzan al mercado ha ido incrementándose cada año y se espera tener esta tendencia hasta el 2019.

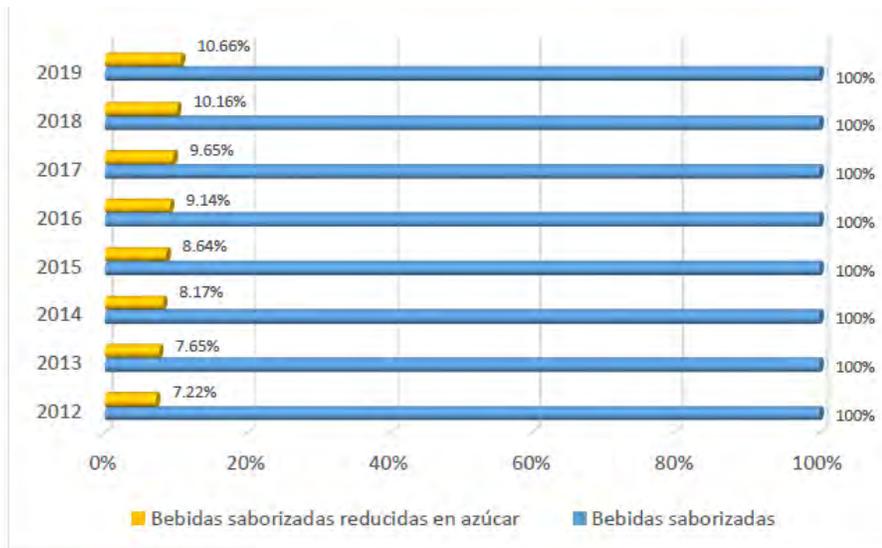


Figura 3. Porcentajes del mercado de bebidas reducidas en azúcar comparado con el mercado total de bebidas en México (Ton), Fuente Euromonitor 2015.

En los últimos años la demanda de edulcorantes no calóricos a nivel mundial ha incrementado, debido a los intentos por reducir el contenido de calorías en los productos de consumo humano, sin embargo, hay ciertos edulcorantes que presentan mayor crecimiento en los últimos años, debido a que provienen de fuentes naturales, tales como, el caso de edulcorantes de la planta Stevia, que como se observa en la fig. 4, presenta un importante crecimiento anual, colocándose solo por debajo de la Sucralosa, la cual tiene una fuerte presencia en el mercado mundial, además de ser líder en Norteamérica según datos de la agencia en inteligencia de mercado Mintel, 2013.

El Rebaudiósido A es el componente que ha tenido el mayor crecimiento anual con cerca de un 20%, superando a todos los edulcorantes, tanto calóricos como no calóricos desde el 2011 hasta 2016.

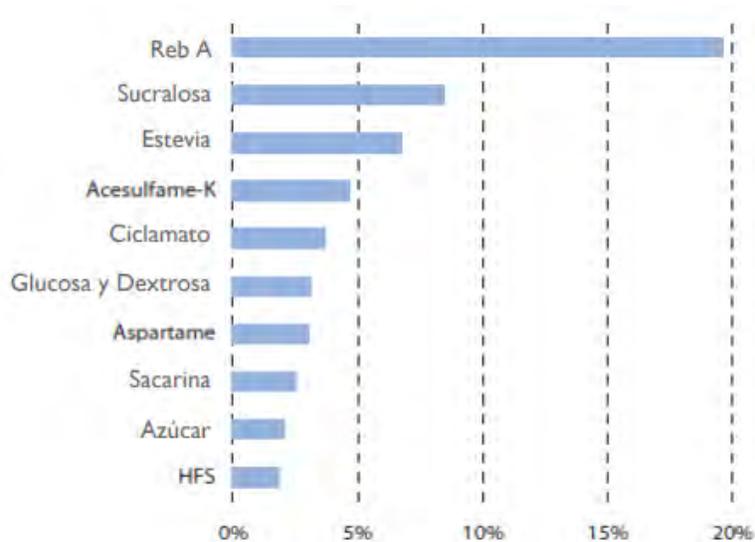


Figura 4. Crecimiento anual proyectado por edulcorante 2011-2016, Fuente Global Sweetener Market 2012.

Producción de materia prima en México.

Planta de Stevia Rebaudiana.

A pesar de que la Stevia se empezó a utilizar desde 1970 en Japón, en México se empezó a producir desde 2010 y debido al interés de aumentar su presencia, se registró un alza del 26 por ciento en su producción de 2013 al 2014 (Andrade, 2015).

Los estados en donde existe mayor producción de Stevia son Chiapas, Quintana Roo, Campeche, Veracruz y Nayarit, este último es uno de los principales territorios donde se cosecha la planta.

En la tabla 4, se observa que en 2014 Nayarit sembró 24 hectáreas, las mismas que cosechó después, siendo el estado con mayor cosecha. Algunos estados presentaron problemas con sus cosechas, tal el caso de Quintana Roo que, de 10 hectáreas sembradas, no logro obtener cosecha en ese año.

Tabla 4. Superficie sembrada y cosechada de Stevia por hectárea, Fuente: SIAP 2014.

Ubicación	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)
Campeche	21	15
Chiapas	2	2
Nayarit	24	24
Quintana Roo	10	0
Veracruz	1	1
Total	58	42

El último registro realizado por el servicio de información agroalimentaria pesquera (SIAP) fue en 2015 y de acuerdo con los datos de la tabla 5, se registró una producción nacional de 485.4 toneladas de Stevia, llegando a alcanzar un incremento del 121% en su producción con respecto al año anterior.

De acuerdo con las estadísticas de la demanda de edulcorantes que provienen de Stevia, se espera que la producción de Stevia aumente en los próximos años.

Tabla 5. Producción agrícola de Stevia en 2015, Fuente: SIAP 2015.

Cultivo	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)	PMR (\$/Ton)	Valor de Producción (Miles de Pesos)
Stevia	49.11	37.8	485.4	12.84	17,547.28	8,517.45

Etanol

El etanol es uno de los solventes más utilizados en las tecnologías para la extracción de los edulcorantes de Stevia, debido a que es un buen disolvente de los componentes de la planta.

La mayor producción de etanol en México proviene de la caña de azúcar. El país cuenta con 51 ingenios azucareros, sin embargo, no todos cuentan con la infraestructura para la producción de etanol.

El país cuenta con una capacidad instalada suficiente para abastecer la demanda de etanol, ya que los ingenios azucareros utilizan en promedio el 44% respecto a la capacidad instalada. (Pérez, 2009)

Importaciones y exportaciones

El mayor productor de la planta de Stevia es China, quien exporta alrededor del 50% de su producción principalmente a Japón, Corea, Indonesia y Estados Unidos.

Paraguay es el segundo productor de Stevia, este país exporta principalmente a Japón, Estados Unidos y la Unión Europea (Adorno, 2016).

Japón, Malasia y Corea, son los mercados más importantes para la extracción del glucósido. Japón es el principal productor mundial, por ello realizan grandes importaciones de la planta Stevia para procesarla (ARGENTINA, 2013).

La gran capacidad de procesamiento de Stevia en países asiáticos se ve reflejada en la exportación de uno de sus componentes, el Rebaudiósido A. En 2016 China, Malasia y Singapur fueron los principales proveedores del producto en Estados Unidos según datos recolectados en la plataforma ZAUBA.

No se cuenta con un registro específico de las exportaciones e importaciones de Stevia o de alguno de sus productos en México. Sin embargo, de acuerdo con los datos de comercio internacional obtenidos en The Observatory of Economic Complexity (OEC), se puede observar que algunos endulzantes naturales distintos al azúcar entre ellos Stevia son importados principalmente de China, Japón, Corea del sur y Estados Unidos.

Consumo

En 2013, el total de edulcorantes de Stevia producidos en el mundo eran consumidos en su totalidad. La demanda del producto final superaba al desarrollo agrícola. (Gorosito, 2013)

En la figura 5, se puede observar como el consumo de los endulzantes de Stevia se triplica del 2011 al 2016, debido a la demanda que se mantiene en aumento hasta nuestros días.

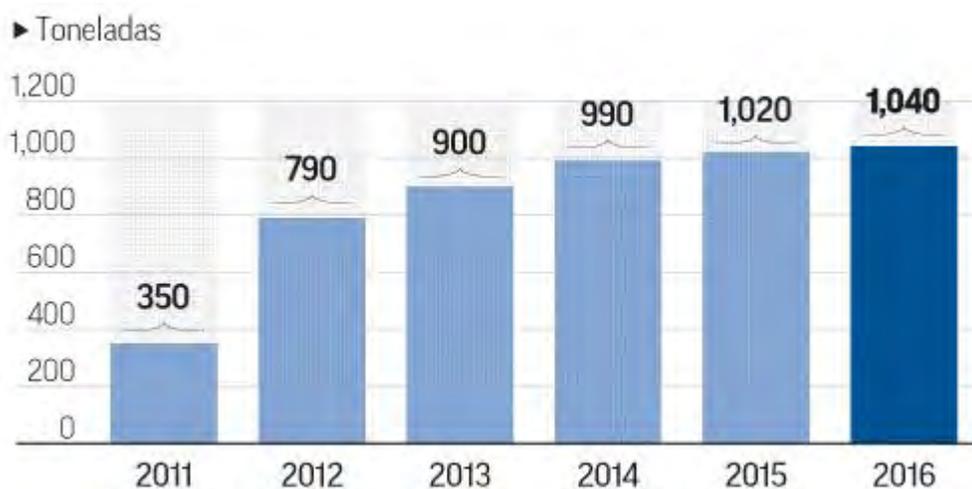
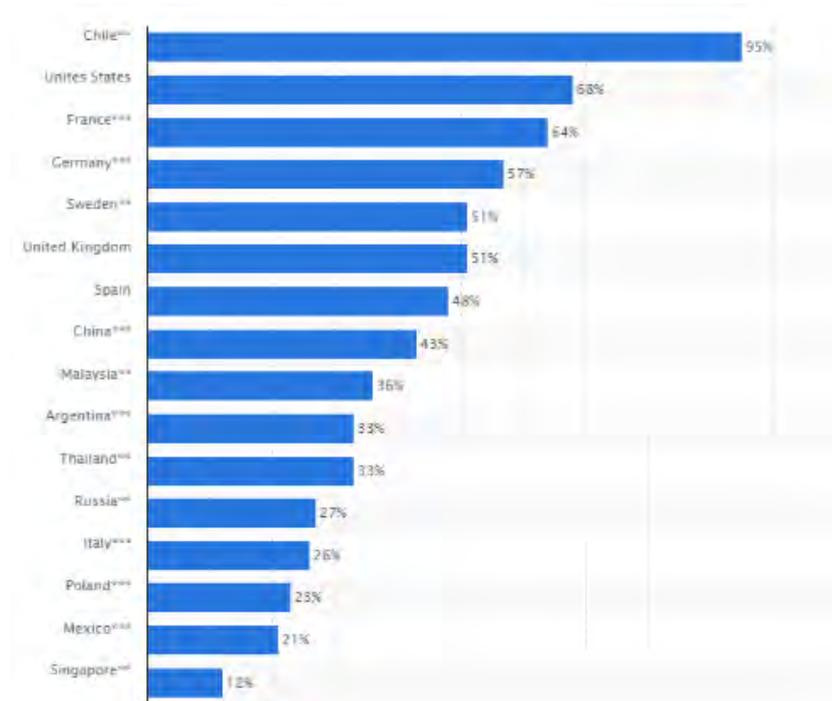


Figura 5. Demanda de edulcorantes de Stevia por año, Fuente: Euromonitor international 2016.

En México no existen muchos datos sobre el consumo de Stevia, ya que su demanda comenzó hace apenas unos años. El producto se encuentra en tiendas naturistas o supermercados y su oferta va en aumento. (Thiébaud, 2015)

Cada vez más personas tienen conocimiento sobre los productos de Stevia a nivel mundial. En México el 21% de consumidores conocen este tipo de edulcorante, así como sus propiedades. Su aceptación en el mercado aumenta en todo el mundo (véase figura 6).

Figura 6. Conocimiento global del consumidor sobre Stevia por país, Fuente: Statista 2015.



Se espera que el consumo de estos productos aumente en los próximos años, teniendo en cuenta que existen más de 135 millones de diabéticos alrededor del mundo, los cuales necesitan una alternativa natural y segura para endulzar sus alimentos. México se encuentra entre los 10 países con mayor número de casos, se registran 6.8 millones de personas diabéticas, según datos de la Federación Internacional de Diabetes. Además, la Secretaría de Salud informó que el país es líder mundial en obesidad infantil (Gorosito, 2013).

Precio de la materia prima

Planta de Stevia Rebaudiana.

El precio de la planta de Stevia es variado, ya que depende de la especie, lugar en donde se cultiva y paquete tecnológico que se utiliza para su cultivo. Según datos

registrados del servicio de información agroalimentaria pesquera (SIAP), el precio medio rural por tonelada de planta en el estado de Veracruz es de 7000 pesos, este estado cuenta con el menor precio para la adquisición de Stevia, por otro lado, Chiapas tiene el precio más alto, en donde se llega a cotizar en 13400 pesos por tonelada.

En la tabla 6, se muestra el precio medio rural de Stevia, también se da a conocer el valor de producción de cada estado, en donde se observa que el estado de Nayarit tiene el mayor valor de producción, ya que presentó el 64 por ciento del total de la producción nacional en ese año.

Tabla 6. Precio de la Planta de Stevia en los estados cultivados. Fuente: (SIAP, 2014)

Ubicación	PMR (\$/Ton)	Valor de Producción (mdp)
Campeche	12,200.00	732.00
Chiapas	13,400.00	242.54
Nayarit	12,000.00	1,670.40
Quintana Roo	0	0
Veracruz	7,000.00	9.10
Total	12,141.08	2,654.04

Costo de plantío de Stevia

El costo del cultivo de Stevia es muy variable y va desde inversiones de 100,000 hasta 330,000 pesos por hectárea. La variación de este costo depende directamente del tipo de especie y paquete tecnológico de cultivo que se le da a la planta.

Precio de los extractos de Stevia (Esteviósido y Rebaudiósido A).

En cuanto al precio de los extractos de Stevia, este dependerá del grado de refinación que poseen. El Rebaudiósido A posee un mayor valor económico que el Esteviósido, debido a su preferencia por parte del consumidor. Por lo que aquellos extractos que tienen un alto contenido de Rebaudiósido A poseen precios notablemente más altos.

Con base en las observaciones en el mercado, el precio de Rebaudiósido A y Esteviósido con un alto grado de pureza oscila entre 80 a 90 dólares y 36.4 a 40 dólares por Kilogramo respectivamente. El equivalente en pesos de este precio es como se encuentra en el mercado mexicano.

Etanol.

El precio del etanol depende de la región en donde se produce. En México su precio puede llegar a 35 pesos por litro aproximadamente.

Competencia

La empresa PureCircle es líder a nivel mundial en la producción de extractos de Stevia, esta ofrece varios tipos de productos a base de Stevia al igual que extractos de alta pureza. Esta empresa comenzó a operar en México recientemente.

Stevia San Martín y Stevia Maya son dos compañías que pertenecen a Grupo Pegaso, estas empresas operan en México desde hace siete años en Yucatán. Stevia San Martín se dedica a la investigación y mejora del cultivo de la planta, por otro lado, Stevia Maya produce y vende la planta en sus diferentes presentaciones de producto (Villamil, 2015).

En México no hay muchas empresas dedicadas a la producción de extractos de Stevia. Las empresas AgroStevia y Prodalya, ambas se dedican a la producción de los extractos de Stevia, actualmente estas empresas pertenecen a Grupo Azucarero México, uno de los principales grupos agroalimentarios del país (Villamil, 2015).

En el estado de Jalisco, la empresa Stevia Bonda fue constituida en Julio de 2005, es una empresa dedicada a la producción y comercialización de endulzantes de Stevia.

Estas empresas son el ejemplo de una industria en expansión que hace algunos años no existía en el país. Existen varias empresas comercializadoras de estos productos, sin embargo, muy pocas extraen los componentes de Stevia con un alto grado de pureza.

Principales clientes

El producto Rebaudiósido A, va dirigido principalmente a la industria de alimentos, bebidas, farmacéutica, tabaco, y productos de cuidado personal.

Compañías como Danone, Nestlé y Coca-Cola, ya emplean los edulcorantes de Stevia. Un ejemplo de esto es Grupo Bimbo, esta empresa es uno de los clientes de Prodalysa y utiliza sus productos de Stevia para endulzar cerca de 35% de sus alimentos. Por otro lado, Coca-Cola lanzó Coca-Cola Life, un producto que la compañía define como una bebida baja en calorías, endulzada con 50% de azúcar y 50% de Stevia. Grupo Danone y Nestlé son empresas que han añadido estos edulcorantes como ingredientes a varios de sus productos (Villamil, 2015).

Hoy en día, el 100% del portafolio de bebidas endulzadas de Bonafont, utiliza los edulcorantes a base de Stevia, esto según Claude Eric Chout, director de investigación y desarrollo de Bonafont México.

El establecimiento de nuevas empresas de alimentos en México y el lanzamiento de nuevos productos, amplían el mercado para los edulcorantes de Stevia. Cada vez hay más compañías que demandan este tipo de edulcorante para sus productos. En 2013, la reforma fiscal aumentó los impuestos en alimentos y bebidas con alto contenido calórico, impulsando a las empresas a buscar estas nuevas alternativas para reducir las calorías en sus productos (Villamil, 2015).

Normas regulatorias

Las hojas de Stevia secas son utilizadas desde hace muchos años en diferentes países del mundo, por otro lado, los componentes Esteviósido y Rebaudiósido A, están aprobados en más de 60 países para su uso en alimentos, tal es el caso de Australia, Argentina, Brasil, China, India, Israel, Japón, Nueva Zelanda, Paraguay, Rusia, Corea del Sur, etc.

En 2008, la administración de alimentos y drogas (FDA) en Estados Unidos, otorgo el estatus GRAS (Generalmente reconocido como seguro) al Rebaudiósido A y el resto de glucósidos de esteviol con alto grado de pureza, con el fin de poder ser utilizados como edulcorantes y no solo como suplementos (Aranda González, 2014).

El comité mixto (FAO/OMS) de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) estableció regulaciones para los glucósidos de esteviol, las cuales establecen un grado de pureza no menor al 95%. En 2008, el comité elevó la IDA (ingesta diaria admisible) de estos glucósidos de 2 a 4 mg/Kg de peso corporal (FAO, 2010).

En México, la Cofepris (Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios) señala los límites permitidos para el consumo de este tipo de edulcorantes en distintos alimentos. Por otro lado, no se encontraron registros sobre alguna normativa específica para su producción.

ESTUDIO DE LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA.

Para ubicar una planta industrial, es necesario tomar en cuenta factores que evalúen los diferentes lugares seleccionados para localizar la planta en una posición favorablemente económica.

Selección de Ciudades.

Se seleccionaron las localidades con mayor factibilidad para la construcción de la planta, de acuerdo con la disponibilidad de Stevia, la cual es la principal materia prima. En México se tienen registrados cinco estados productores de la planta, que pueden proveer la cantidad de materia prima necesaria para una planta procesadora de Stevia. Los estados con este registro son Campeche, Chiapas, Nayarit, Quintana Roo y Veracruz.

Las cinco ciudades mencionadas anteriormente, son evaluadas conforme a los siguientes factores:

- Disponibilidad de materia prima.
- Cercanía de materia prima.
- Disponibilidad de mano de obra
- Costo de vida
- Costo de servicios industriales
- Costo de transporte
- Cercanía a mercados consumidores
- Costo del terreno
- Impacto social y ambiental

Para evaluar los factores mencionados, se requiere disponer de información tanto cuantitativa como cualitativa, por lo que se hace referencia a instituciones públicas que brinden los datos necesarios para su desarrollo (Alejandro Anaya Durand, 2013).

Disponibilidad de materia prima

Las fuentes de materia prima son uno de los factores más importantes para la selección del lugar en donde se establecerá la planta, ya que es necesario asegurar los volúmenes de producción a los que se pretende llegar.

En la tabla 7, se muestra la producción de Stevia por estado, distrito y municipio. El estado que registró mayor producción fue Nayarit con 139 toneladas durante ese año. Hoy en día sigue siendo uno de los mayores productores de la planta.

Tabla 7. Producción agrícola de Stevia por estado, distrito y Municipio, Fuente: (SIAP, 2014)

Estado	Distrito	Municipio	Producción (Ton)
Campeche	Campeche	Campeche	60
Chiapas	Tuxtla Gutiérrez	Acala	18.10
Nayarit	Compostela	Bahía de Banderas	139.20
Quintana Roo	Chetumal	Bacalar	0
Veracruz	Martínez de la Torre	Tlapacoyan	1.30
Total			218.60

El Etanol forma parte de la materia prima requerida en el procesamiento de la planta Stevia. En México se encuentran distintos ingenios azucareros encargados de la mayor parte de la producción de etanol en el país.

Los ingenios azucareros que cuentan con la mayor producción de etanol en el país son: La Gloria (Veracruz), Pujitic (Chiapas), Aarón Sáenz (Veracruz), Tamazula (Jalisco), San Nicolás (Veracruz), Constanca (Veracruz) respectivamente, el Resto de los ingenios cuentan con una baja producción de etanol.

En la tabla 8, se presentan los ingenios azucareros con mayor producción de etanol en el país. El ingenio La Gloria en Veracruz cuenta con la mayor capacidad instalada para su producción, esta planta funciona al 79% de su capacidad total.

Tabla 8. Capacidad Instalada de Alcohol Etilico en México. Fuente: CONADESUCA, 2012)

Ingenio	Capacidad Instalada Alcohol Etilico Litros /zafra	Producción Zafra 2011/12	Capacidad Utilizada
Pujilic – Chiapas	18,000,000	8,724,575	48%
San Nicolás – Veracruz	12,000,000	1,424,214	11%
Tamazula – Jalisco	7,500,000	2,576,580	34%
Aarón Sáenz – Veracruz	8,550,000	2,583,711	30%
Constancia – Veracruz	12,000,000	Sin registro	-
La Gloria – Veracruz	32,000,000	25,378,937	79%

El Agua, al igual que el etanol es parte la materia prima utilizada en el proceso. Los estados de Campeche, Chiapas, Nayarit, Quintana roo y Veracruz cuentan con distintos tipos de toma de agua, tales como doméstica, comercial, industrial, de servicios públicos y pipa. Esto muestra que se cuenta con la capacidad necesaria para abastecer agua, dependiendo el uso que se requiera en la planta. En el Anexo 1, Cuadro 1, se presentan el volumen de agua suministrado por tipo de toma, en las diferentes entidades federativas del país.

Debido a que la planta Stevia es la principal materia prima del proceso, las zonas donde se produce dicha planta se consideran de mayor importancia para la evaluación. La zona de Compostela, Nayarit, es la ciudad con mayor ventaja debido a la disponibilidad de Stevia, seguida por las regiones de Campeche, Campeche, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Martínez de la torre, Veracruz y Chetumal, Quintana Roo.

Cercanía a las fuentes de materia prima

Es importante considerar el transporte que se utilizará desde el lugar de adquisición de la materia prima hasta la planta en donde se procesará, esto con el fin de reducir considerablemente los gastos de transporte y almacenaje.

Al tener en cuenta que la mayor parte de transporte de carga que se utiliza en el país es terrestre, en la tabla 9, se realizó un análisis de las distancias por carretera que existen entre las ciudades donde se adquiere la planta Stevia.

Tabla 9. Distancias entre ciudades

Origen / Destino	Distancia (km)				
	Acala, Tuxtla Gutiérrez- Chiapas	Tlapacoyan, Martínez de la torre- Veracruz	Bacalar, Chetumal- Q.Roo	Bahía de Banderas, Compostela -Nayarit.	Campeche, Campeche- Campeche
Acala, Tuxtla Gutiérrez- Chiapas	0	745	823	1572	630
Tlapacoyan, Martínez de la torre- Veracruz	745	0	1232	1021	1039
Bacalar, Chetumal- Q.Roo	823	1232	0	2066	419
Bahía de Banderas, Compostela -Nayarit.	1572	1021	2066	0	1865
Campeche, Campeche- Campeche	630	1039	419	1865	0
Suma	3770	4037	4540	6524	3953

Con base a esta información se determina que la zona de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, presenta la mejor ubicación para la adquisición de la planta Stevia, debido a la cercanía con las demás regiones donde se produce, esto seguido por las zonas de Campeche, Martínez de la torre, Chetumal y finalmente Compostela, que es la región más distante entre las demás.

Disponibilidad de mano de obra

Para conocer la disponibilidad de mano de obra que existe en las regiones en donde se pretende construir la planta, se utiliza la tasa de desocupación, la cual es una medida que muestra el desempleo que hay en las distintas regiones evaluadas. En la siguiente tabla (tabla 10), se observa que el estado que cuenta con la mayor tasa

de desocupación es Nayarit, esto indica la mayor disponibilidad de personas para trabajar en la planta, seguida por Campeche, Martínez de la torre, Chetumal y Tuxtla Gutiérrez.

Tabla 10. Tasa de desocupación, Fuente: INEGI 2016.

Tasa de desocupación					
Año 2016	Primer trimestre	Segundo trimestre	Tercer trimestre	Cuarto trimestre	Promedio
Campeche	3.2	3.4	4.2	3.9	3.675
Chiapas	3.1	3.3	3.2	2.8	3.1
Nayarit	4	4.1	4.3	3.6	4
Quintana roo	3.2	3.1	2.9	3.7	3.225
Veracruz	3.7	3.6	3.5	3.5	3.575

Costo de vida

Para la ubicación la planta, se considera algunas características de las comunidades, con el fin de conocer el costo de bienes y servicios para que los trabajadores residan satisfactoriamente. A esto se conoce como costo de vida. Si el costo de vida es muy elevado en la región donde se establece la planta, los sueldos a los trabajadores deberán ser mayores para poder dar el nivel de vida en el que viven, lo cual puede resultar difícil para la empresa.

Con base al índice de precios al consumidor, se tiene una idea del costo de vida en cada región. En la tabla 11, se observa que el estado de Quintana roo presenta las condiciones más favorables, seguido por Veracruz, Nayarit, Chiapas, Campeche.

Tabla 11. Índice de precios al consumidor por región, Fuente: INEGI 2017.

Índice de precios al consumidor			
Año	2016	2017	Promedio
Campeche	124.76	127.506	126.133
Chiapas	125.461	126.637	126.049
Nayarit	122.853	124.925	123.889
Quintana roo	120.93	122.911	121.9205
Veracruz	122.541	124.223	123.382

Costo de servicios

La planta requiere de los servicios de agua, gas natural y energía eléctrica para operar adecuadamente. Es preferible que la planta se ubique en donde los servicios tengan un menor costo.

Para conocer la tarifa de energía eléctrica, se consulta el precio por Kilowatt-hora reportados en la base de datos de la secretaria de energía. Las tarifas para el sector industrial se muestran en siguiente la tabla (tabla 12).

Tabla 12. Precios medios de energía eléctrica. Fuente: Secretaría de energía 2017.

Precios medios de energía eléctrica por sector tarifario			
(centavos por kilowatts-hora)			
		REALES-MENSUAL	
		Ene/2017	
Industrial	161.2164		
Empresa mediana	174.5829		
Gran industria	133.5934		

Para el servicio de agua industrial, se evalúan las tarifas proporcionadas por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). En la tabla 13, se tiene el registro de las tarifas de agua en los estados seleccionados para la localización de la planta.

Tabla 13. Tarifas para el servicio de agua en el sector industrial. Fuente: CONAGUA 2016.

CONAGUA-SISTEMA NACIONAL DE TARIFAS				2016
	Volumen (m3)	monto base (mes)	\$ por m3 adicional	
Chiapas-Tuxtla Gutiérrez	16-40	347.58		23.21
Campeche-Campeche	31-60	179.74		5.81
Nayarit- Bahía de Banderas	21-30	184		13.5
Quintana roo- Chetumal	11 50	108.73		9.62
Veracruz-ref. Papantla	21-30	210.22		23.66

Para la evaluación del precio de gas natural en los estados seleccionados, se consideraron las dos zonas de distribución más cercanas a las regiones, para el estado de Nayarit se tomó como referencia la zona de Guadalajara y para la parte sur del país la zona de Rio panuco. La tabla 14, muestra las tarifas de gas natural por millón de unidades térmicas británicas (BTU) para el sector industrial en las dos zonas ya mencionadas.

Tabla 14. Tarifa de gas natural para el sector industrial. Fuente: SENER 2016.

Precios del gas natural 2016	
Zona de distribución	Precio al público (industrial)
	USD/MMBTU
Guadalajara	4.7
Rio Panuco	6.8

Al evaluar las tarifas de los servicios industriales, se determina que el estado de Nayarit es el más factible, ya que presenta una tarifa de gas natural menor al resto de los estados evaluados.

Costo del transporte

Uno de los medios de transporte más utilizados en México es el terrestre, el cual sirve de referencia para conocer el costo de transporte en el país.

En la práctica, las tarifas de transporte de carga son fijadas por acuerdos entre usuarios y transportistas. En México el transportista tiene más en cuenta la distancia a donde llevará el producto para determinar su tarifa. (José Elías Jiménez Sánchez, 2017)

En el año 1995, la Cámara nacional de autotransporte de carga (CANACAR) publicó tarifas de referencia para los transportistas. Es evidente que estas tarifas no muestran un precio de flete actual, sin embargo, muestran la principal relación entre

distancia y tarifa, que tienen más en cuenta los transportistas para fijar cuotas como se menciona con anterioridad. Estas tarifas sirven como referencia para evaluar el costo del servicio de transporte, partiendo de la distancia recorrida entre las regiones seleccionadas para la ubicación de la planta.

En la tabla 15, se estima el costo de transporte para la planta Stevia entre las distintas regiones donde se cultiva, esta estimación se realizó tomando en cuenta la distancia entre cada una de las zonas de cultivo que provee la materia prima a la planta.

Tabla 15. Costo del transporte de carga por viaje entre ciudades.

Origen / Destino	Costo de transporte (\$)				
	Acala, Tuxtla Gutiérrez- Chiapas	Tlapacoyan, Martínez de la torre- Veracruz	Bacalar, Chetumal- Q.Roo	Bahía de Banderas, Compostela -Nayarit.	Campeche, Campeche- Campeche
Acala, Tuxtla Gutiérrez- Chiapas	0	3857	3857	6319	3241
Tlapacoyan, Martínez de la torre- Veracruz	3857	0	5088	4472	4472
Bacalar, Chetumal- Q.Roo	3857	5088	0	7551	2626
Bahía de Banderas, Compostela -Nayarit.	6319	4472	7551	0	6935
Campeche, Campeche- Campeche	3241	4472	2626	6935	0
Suma	17274	17889	19122	25277	17274

*Nota. Los datos mostrados en la tabla 14, no muestran el costo de transporte actual.

De acuerdo con la información anterior las zonas de Tuxtla Gutiérrez y Campeche tienen un menor costo de transporte. Esto se debe principalmente a su cercanía con las demás zonas evaluadas.

Cercanía a mercados consumidores

México es un país con una alta producción de alimentos procesados, así como un alto consumo de estos. Se pronostico que del periodo 2012-2020, la producción de la industria crecería a una tasa media de crecimiento (TMCA) del 7.6%. En 2013 se registró un total de 156, 815 unidades económicas de la industria alimentaria. (SE, 2013)

En México un alto porcentaje de la industria alimentaria es endulzado con algún tipo de edulcorante. La sacarosa es el endulzante más utilizado en el país.

Para 2014, la mayor producción de la industria de alimentos en México se concentró en la ciudad de México, seguido por estado de Nuevo León, Estado de México, Guanajuato, Jalisco, Veracruz, y Campeche. En el Anexo 1, Cuadro 2, se presentan los datos de la producción bruta total por estado de la industria alimentaria en donde se utiliza algún tipo de endulzante.

Para localizar los posibles clientes potenciales del producto edulcorante, se consideran los estados con mayor actividad en la industria de alimentos que utilizan endulzantes, lo cual abre una gran oportunidad al producto.

En la tabla 16, aparecen los cinco estados con mayor producción bruta total de gran parte de la industria alimentaria que utiliza edulcorantes en el país.

Tabla 16. Producción total (mmp) y unidades económicas existentes. Fuente. INEGI 2014.

Año Censal	Entidad	Actividad Económica	UE Unidades económicas	A111A Producción bruta total (millones de pesos)
2014	09 Ciudad de México	Total estatal	415,481	2943782.839
2014	19 Nuevo León	Total estatal	135,482	1317129.037
2014	15 México	Total estatal	534,838	1116235.399
2014	11 Guanajuato	Total estatal	222,969	701825.705
2014	14 Jalisco	Total estatal	313,013	697866.514

Una de las consideraciones de gran importancia en el estudio de localización, es la proximidad de los posibles mercados de consumo a la planta, ya que la movilización del producto hasta el consumidor incrementa el costo y tiempo de flete.

En la siguiente tabla (tabla 17), se muestran las distancias entre las ciudades de posible consumo y las regiones consideradas para la localización de la planta.

Tabla 17. Distancias entre las localidades de consumo y el proveedor.

Distancia entre ciudades (km)						
Origen/Destino	Ciudad de México, Cuauhtémoc	Nuevo León, Monterrey	Toluca-México	León-Guanajuato	Jalisco- Guadajajara	Suma
Acala, Tuxtla Gutiérrez- Chiapas	850	1537	901	1208	1373	5869
Tlapacoyan, Martínez de la torre- Veracruz	329	870	380	655	820	3054
Bacalar, Chetumal- Q.Roo	1342	2029	1393	1700	1865	8329
Bahía de Banderas, Compostela -Nayarit.	733	991	674	420	205	3023
Campeche, Campeche- Campeche	1150	1836	1201	1508	1673	7368

Con base a las distancias entre la posible localización de la planta y el consumidor. La zona de Compostela, Nayarit es la más conveniente para ubicar la planta, seguida por las regiones de Martínez de la torre, Tuxtla Gutiérrez, Campeche y Chetumal.

Costo del terreno

En esta parte del estudio, se examina el valor de terrenos con las condiciones adecuadas para la construcción de una planta industrial de este tipo.

Se evalúan terrenos de uso industrial disponibles en cada una de las zonas de ubicación. Para esto se toma como referencia el precio promedio de los terrenos industriales encontrados en cada una de las regiones y su valor se presenta en la tabla 18.

Tabla 18. Valor de terrenos para uso industrial (\$/m²).

Ciudad	Costo de terrenos	
	Zona	Valor (\$) por m2
Acala, Tuxtla Gutiérrez- Chiapas	Plan de Anaya, Tuxtla Gutierrez ,Chiapas	4500
Tlapacoyan, Martínez de la torre- Veracruz	Libramiento a bulevar, Martinez de la torre, Veracruz	2000
Bacalar, Chetumal- Q.Roo	Parque Industrial, Chetumal, Quintana Roo	3000
Bahía de Banderas, Compostela -Nayarit.	Emiliano Zapata lote 5 manzana 4, Compostela, Nayarit	1691
Campeche, Campeche- Campeche	Carretera a merida, lmi pozo, Campeche	400

De acuerdo con los datos de la tabla 18, la región de Campeche, Campeche es la mejor opción para la compra del terreno, debido a que presenta el menor precio por metro cuadrado.

Impacto social y ambiental

Es importante considerar el efecto que el establecimiento de una planta industrial ocasiona en una comunidad. En las comunidades donde no existe gran actividad industrial, el impacto al introducir una nueva planta puede ayudar a mejorar la calidad de vida de la población con empleo, salud, educación y vías de comunicación.

El desarrollo industrial de una región se puede conocer por medio del número de unidades económicas del sector industrial que presenta dicha región.

En tabla 19, se observa el número de unidades económicas del sector industrial de cada una de las zonas evaluadas para la localización de la planta. La región de Quintana roo, Bacalar, posee una menor actividad industrial con respecto a los demás estados, este municipio presenta solo 603 unidades del sector industrial, mientras que la zona de Tuxtla Gutiérrez, posee la mayor actividad industrial, con 30,109 unidades (Véase Anexo 1, Cuadro 3).

Tabla 19. Número de unidades económicas en el sector industrial por municipio.

Fuente: INEGI 2014

Estado	Número de unidades económicas (Sector industrial)
Campeche, Campeche	11,937
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas	30,109
Nayarit, Compostela	4,462
Quintana Roo, Bacalar	603
Veracruz, Martínez de la torre	4,344

A pesar de que algunos municipios cuentan con una buena actividad industrial, gran parte de su población no tiene un buen nivel de vida. En la tabla 20, se evalúan dos importantes factores que influyen en la calidad de vida de los habitantes, los cuales son el salario mínimo promedio y el acceso a instituciones de salud.

La región de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, presenta la situación más crítica con respecto al salario mínimo, además de que gran parte de su población no cuenta con acceso a las instituciones de salud.

Tabla 20. Salario mínimo y acceso a instituciones de salud por región. Fuente: INEGI 2014

Municipio	Salario mínimo	Acceso a instituciones de salud
Campeche, Campeche	Más de 1 hasta 2 salarios mínimos	Con acceso a las instituciones de salud
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas	Hasta 1 salario mínimo	Sin acceso a las instituciones de salud
Nayarit, Compostela	Más de 1 hasta 2 salarios mínimos	Sin acceso a las instituciones de salud
Quintana Roo, Bacalar	Más de 2 hasta 3 salarios mínimos	Con acceso a las instituciones de salud
Veracruz, Martínez de la torre	Más de 1 hasta 2 salarios mínimos	Sin acceso a las instituciones de salud

En base a la información previa, se concluye que, en la zona de Martínez de la torre, hay un mayor impacto social y ambiental al establecer una planta industrial, seguido por las regiones de Compostela, Tuxtla Gutiérrez, Campeche y Bacalar.

*Nota: Para esta evaluación se le da mayor importancia al impacto social.

Asignación de valor a los factores de ubicación.

Se asignaron valores para cada uno de los factores de ubicación que se tomaron en cuenta para este estudio, esta asignación se realizó de acuerdo con la importancia que presentan dichos factores en la evaluación para la mejor localización de la planta. Los valores asignados son mostrados en la tabla 21.

Tabla 21. Asignación de valor a los factores de ubicación.

Asignación del valor a los factores de ubicación	
Factor	Valor asignado
Disponibilidad de materias primas	10
Cercanía a materias primas	20
Disponibilidad de mano de obra	5
Costo de vida	5
Costo de servicios industriales	5
Costo de transporte	10
Cercanía a mercados consumidores	20
Costo de terreno	10
Impacto social y ambiental	10

Evaluación para la ubicación de la planta

Con base a las ventajas y desventajas que presentan las regiones en cada uno de los factores de ubicación, se establecen calificaciones que junto con el valor de dichos factores da como resultado los puntajes ponderados a evaluar.

En la tabla 22, se muestran los puntajes ponderados que obtuvo cada factor por región. El mayor puntaje muestra la preferencia para localizar la planta.

Tabla 22. Evaluación para la ubicación de la planta por región.

Evaluación de la ubicación de la planta						
	Valor	Ciudades seleccionadas para la localización de la planta				
		Tuxtla Gutiérrez- Chiapas	Martínez de la torre- Veracruz	Chetumal- Q.Roo	Compostela -Nayarit.	Campeche- Campeche
Disponibilidad de materias primas	20	6	4	3	10	8
PONDERADO		120	80	60	200	160
Cercanía a materias primas	20	10	8	7	5	9
PONDERADO		200	160	140	100	180
Disponibilidad de mano de obra	5	4	7	5	10	8
PONDERADO		20	35	25	50	40
Costo de vida	5	7	9	10	9	7
PONDERADO		35	45	50	45	35
Costo de servicios industriales	10	5	5	8	10	9
PONDERADO		50	50	80	100	90
Costo de transporte	10	10	9	7	5	10
PONDERADO		100	90	70	50	100
Cercanía a mercados consumidores	20	8	10	5	10	6
PONDERADO		160	200	100	200	120
Costo de terreno	10	5	7	6	8	10
PONDERADO		50	70	60	80	100
Impacto social y ambiental	10	8	10	7	10	7
PONDERADO		80	100	70	100	70
TOTAL		815	830	655	925	895

Con base a la evaluación de toda la información que se desarrolla en este estudio, se puede concluir que la ciudad de Compostela, Nayarit, presento las mejores condiciones para localizar la planta.

EVALUACIÓN TECNOLÓGICA

El constante desarrollo de nuevas tecnologías para la extracción de Rebaudiósido A de la planta Stevia Rebaudiana, hace necesario evaluar las distintas tecnologías, con el fin de seleccionar la más adecuada de acuerdo con las condiciones y alcance del proyecto.

Para evitar la evaluación de una gran cantidad de tecnologías, se recurre al uso de filtros restrictivos, algunos de los filtros consisten en la especificación del producto que se pretende obtener, lo cual para este trabajo es el componente Rebaudiósido A con un grado de pureza mayor al 95%. El otro filtro que se toma en cuenta es, sobre la cantidad de información que las tecnologías proporcionan para su correcta implementación.

Con base a lo anterior se consideran dos tipos de tecnologías a evaluar para este trabajo, de las cuales se evalúa las ventajas y desventajas que presentan ambas tecnologías, esta evaluación se realiza por el método matricial.

El método matricial es ampliamente utilizado en la evaluación de tecnologías y consiste en asignar a los diferentes aspectos de la evaluación, un valor que refleja su importancia, con base a esto se procede a calificar las tecnologías de acuerdo con su ventaja o desventaja en cada uno de los factores de la evaluación. Por último, se determina la calificación final como el promedio ponderado por la suma de los productos parciales (Calificación x Valor del factor).

(Alejandro Anaya Durand, 2013)

La evaluación de las tecnologías que se tomaron en cuenta para este trabajo se presenta en el Anexo 1, Cuadro 4.

De acuerdo con la evaluación anterior se concluye que la tecnología A2 (Técnica de extracción continua en contracorriente), es la alternativa más factible ya que presenta mayor puntuación en la evaluación realizada por el método matricial.

Es importante mencionar que para desarrollar una evaluación tecnología por medio del método matricial, se requiere evaluar una gran cantidad de información en distintas áreas de conocimiento, más de las que se evaluó para este estudio, lo cual dificulta la decisión de seleccionar una tecnología apropiada. Gran parte de esta información debe ser analizada por un grupo multidisciplinario con conocimientos en procesos, ingeniería, leyes, transferencia de tecnología entre otras áreas. (Alejandro Anaya Durand, 2013)

Uno de los aspectos que sobresalen para la elección de esta tecnología, es la calidad del producto que proporciona. Para el caso del proceso seleccionado, se cuenta como producto final, Rebaudiósido A con un grado de pureza $\geq 99\%$, lo cual es de gran valor para la industria de alimentos en los últimos años, como se observa en el estudio de mercado.

BASES DE DISEÑO

Las bases de diseño, es una guía que establece la información requerida para iniciar la elaboración de los documentos de ingeniería procedentes.

Generalidades

Se tomó la decisión de extraer el componente Rebaudiósido A de la planta Stevia Rebaudiana Bertoni, debido a la mayor importancia que presenta sobre el resto de los componentes para la industria de alimentos.

Se pretende obtener Rebaudiósido A con una pureza mayor al 99%, lo cual representa una buena calidad del producto, evitando así tener las características de sabor indeseables del resto de las impurezas. Con base a las especificaciones del producto, se pretende utilizar el tipo de proceso adecuado para su producción.

La tecnología por implementar en este trabajo consiste en la extracción del Rebaudiósido A con una pureza incluso mayor al 99%, además de presentar condiciones amigables para el medio ambiente. El proceso utiliza solo tres materias primas, las cuales son, la planta Stevia seca, agua desmineralizada y etanol. Esta tecnología básicamente consiste en las etapas de extracción, ultrafiltración, adsorción y elución, cristalización, recristalización, filtración y secado.

Capacidad y rendimiento

Se pretende procesar alrededor del 10% de la producción nacional anual de Stevia en México. La planta industrial trabajará por medio de la operación Batch y obtendrá una producción de 6.15 Kg. de Rebaudiósido A por lote. El tiempo de operación por cada lote es de 18 hr. y tiene la capacidad de procesar 133 Kg. de Stevia por lote.

Flexibilidad

Para alcanzar a procesar alrededor del 10% de la producción nacional de Stevia al año, se requiere utilizar tres tanques equipados con chaqueta termostática, en donde se lleva a cabo la cristalización, sin embargo, el número de tanques puede adaptarse de acuerdo con las variaciones de producción requeridas por el mercado.

El proceso cuenta con la opción de obtener el componente Estevióside como otro de sus productos, al realizar el sobre diseño apropiado.

Eliminación de desechos

El proceso genera solo desechos orgánicos, como son los residuos de la planta Stevia, tales como glucósidos de steviol, ácidos orgánicos, proteínas, etc. Estas sustancias son almacenadas en contenedores para ser llevadas a las instalaciones destinadas al reciclaje de residuos orgánicos y ser tratadas, ofreciendo abono orgánico de calidad o alimento balanceado para ganado.

En la última salida de residuos que se tiene en el proceso, se cuenta con una mezcla compuesta mayoritariamente por Estevióside, la cual es almacenada en contenedores para ser ofrecida a industrias que se dediquen a la obtención de otro tipo de edulcorantes a base de Stevia, como son aquellas que utilizan el Estevióside como componente principal en sus productos.

Condiciones de almacenamiento

La planta debe de contar con tanques de almacenamiento para la materia prima del proceso. Se cuenta con tres principales tanques presurizados de acero inoxidable para las soluciones volátiles y el agua desmineralizada.

También se debe de contar con un almacén para la planta Stevia, la cual es almacenada en forma seca y triturada, lista para ser procesada.

En cuanto al producto, los cristales de Rebaudiósido A son almacenados en sacos de 10 Kg. para su venta, mientras que los desechos de la planta son almacenados en contenedores para ser tratados posteriormente.

Servicios auxiliares

La planta debe de contar con los servicios de drenaje, agua, vapor, gas natural, corriente eléctrica, sistemas de recuperación de solventes, sistema de refrigeración, sistemas de protección contra incendio y tratamiento de residuos orgánicos.

Sistema de seguridad

Dentro de las instalaciones de la planta, se cuenta con equipo de protección personal, redes contraincendios y rociadores.

Localización de la planta

Por medio del estudio de localización de la planta, se establece que la planta será ubicada en la ciudad de Compostela, Nayarit.

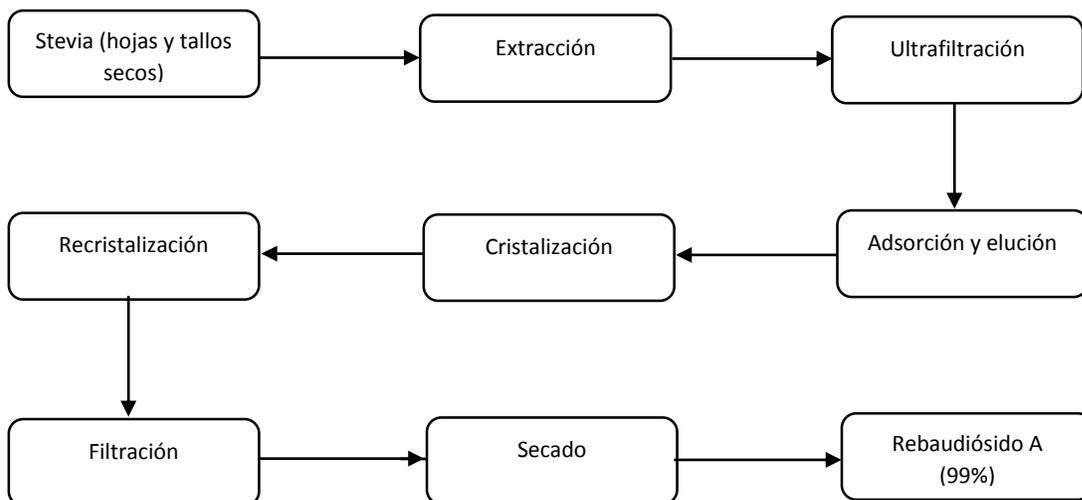
DESCRIPCIÓN Y DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO

Descripción del proceso.

En este capítulo se pretende dar a conocer el proceso de la tecnología implementada en este trabajo, la cual permite obtener Rebaudiósido A con un grado de pureza mayor al 99%.

El proceso para la producción de Rebaudiósido A, comprende de las etapas representadas en la figura 7, las cuales son extracción, ultrafiltración, adsorción y elución, cristalización, recristalización, filtración y secado.

Figura 7. Etapas elementales del proceso.



Descripción detallada del proceso.

Para la descripción que se presenta a continuación, se recomienda seguir el diagrama de flujo de proceso (DFP) que se muestra más adelante.

La extracción es la primera operación unitaria del proceso, en esta etapa se alimentan 133 kg de hojas y tallos secos de Stevia a una columna (C-001), en donde es empacada para ser sometida al proceso de extracción. Por otro lado, el tanque (T-001) almacena una solución de etanol-agua al 92% v/v, la cual llega al tanque V-001 para ser calentada a una temperatura de 70°C.

Una vez que la planta se encuentra empacada en la columna y la solución agua-etanol alcanza la temperatura mencionada, se comienza el proceso de extracción continua en contracorriente. Una bomba centrífuga (B-002) se activa para que la solución etanol-agua circule a través de la columna, en donde la planta se encuentra empacada. Este proceso de extracción dura alrededor de 3 horas.

Después del tiempo de extracción, el extracto líquido es drenado hacia el tanque V-002, donde la solución etanol-agua es removida por medio de evaporación a presión reducida.

Una corriente de agua que proviene del tanque T-002 llega al tanque V-002, en donde se encuentra el jarabe del extracto concentrado. La mezcla de agua y extracto se hace pasar por un equipo de membranas (M-001) de ultrafiltración a un determinado flujo, removiendo gran parte de las moléculas de mayor tamaño al Rebaudiósido A. El filtrado llega al tanque T-003, para continuar con la etapa de adsorción.

En la etapa de adsorción, el filtrado pasa a través de una resina polar que se encuentra empacada en el tanque R-001, esta resina adsorbe gran parte de las impurezas y parte del componente de interés, mientras que el resto de Rebaudiósido A e impurezas pasan disueltas en la corriente administrada compuesta mayoritariamente de agua, esta corriente llega al tanque V-003 en donde el agua es evaporada a presión reducida.

Por otro lado, una solución de etanol-agua 60% v/v, es bombeada del tanque T-004 hacia la resina R-001 para lograr la elución del resto de Rebaudiósido A que fue atrapado en la resina. Esta corriente llega al mismo tanque de descarga V-003,

donde la solución etanol-agua es evaporada a presión reducida, dejando un extracto concentrado en el tanque.

La etapa de cristalización se lleva a cabo en el tanque V-003, para esto una solución etanol-agua al 92% v/v es descargada del tanque T-001 al recipiente V-003, la mezcla contenida en este recipiente es calentada a una temperatura de 60 °C por 2.5 horas, para después enfriarla a -20 °C con constante agitación durante un periodo de 24 h. para llevar a cabo la cristalización del Rebaudiósido A.

Después de la cristalización, se recurre a una recirculación tanto del producto cristalizado como de la mezcla líquida en donde se llevó a cabo dicho proceso. Los cristales son recolectados a la salida del tanque V-003 por medio de un filtro (F-001) y son devueltos al mismo tanque. Por otro lado, la parte líquida va directo al tanque V-004 en donde se concentra, evaporando a presión reducida la solución etanol-agua y dejando el licor madre que contiene parte del Rebaudiósido A que no cristalizó junto con las impurezas.

Una corriente de agua es bombeada del tanque T-002 al V-004 para mezclarse con el licor madre concentrado. La mezcla es llevada a la etapa de adsorción en la resina, para ser sometida al mismo procedimiento de adsorción y elución, llegando así al tanque V-003 en donde se encuentran los cristales de Rebaudiósido A. Por último, se realiza una segunda cristalización bajo las mismas condiciones de proceso, esto con el fin de purificar aún más el producto y alcanzar la pureza deseada.

Los cristales de Rebaudiósido A son filtrados y llevados a un secador de bandejas (D-001) a 70 °C para eliminar la humedad de los solventes que puede contener el producto.

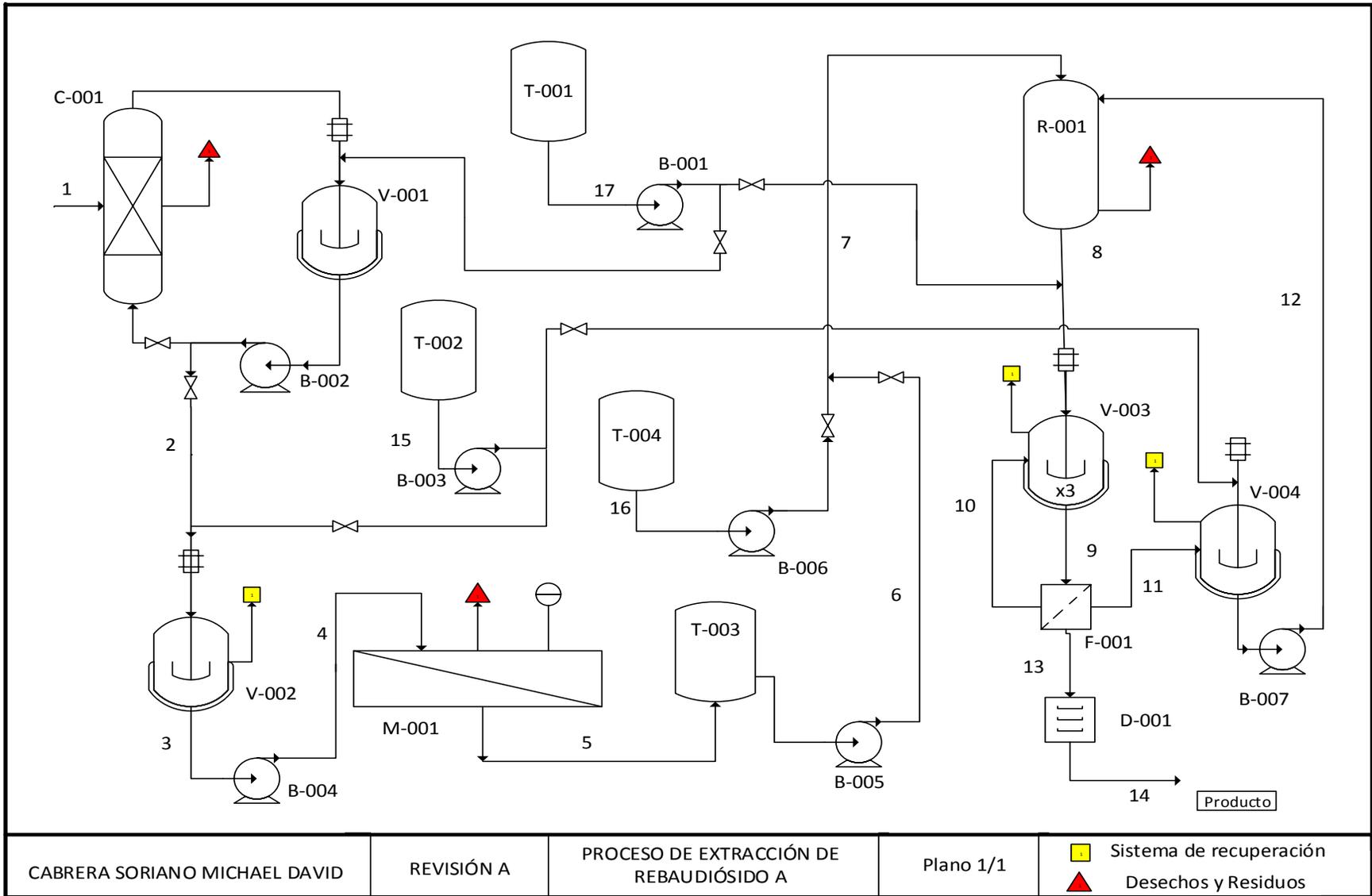
DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS (DFP).

El proceso descrito anteriormente es reproducido en una representación gráfica también conocida como diagrama de flujo de procesos (DFP), este diagrama muestra la secuencia seguida del proceso, así como los respectivos equipos mencionado en la descripción.

El DFP de la tecnología implementada en este trabajo, se presenta a continuación.

Nota: Los residuos pueden ser tratados para obtener otro tipo de productos.

En los casos donde se utilizó la operación de evaporación, se puede recurrir a sistemas de recuperación para el reusó de estas substancias en el proceso.



LISTA DE EQUIPO

En este apartado se da a conocer el equipo que constituye al diagrama de flujo de procesos (DFP). En la tabla 23, se muestran las características relevantes de cada equipo y la clave con la que se identifican.

Tabla 23. Lista de equipo.

LISTA DE EQUIPO		
Clave	Equipo	Características
B-001	Bomba centrífuga	Material: Acero inoxidable. Potencia: 0.5 hp
B-002	Bomba centrífuga	Material: Acero inoxidable. Potencia: 0.25 hp
B-003	Bomba centrífuga	Material: Acero inoxidable. Potencia: 0.25 hp
B-004	Bomba centrífuga	Material: Acero inoxidable. Potencia: 0.25 hp
B-005	Bomba centrífuga	Material: Acero inoxidable. Potencia: 0.25 hp
B-006	Bomba centrífuga	Material: Acero inoxidable. Potencia: 0.25 hp
B-007	Bomba centrífuga	Material: Acero inoxidable. Potencia: 0.25 hp
C-001	Columna	Material: Acero inoxidable, Altura: 1.5 m, Diámetro: 0.5 m
D-001	Secador	Tipo: Secador de bandejas. Material: Acero inoxidable
F-001	Filtro	Tipo: Filtro prensa. Área de filtrado: 1 m ²
M-001	Equipo de membranas	Tipo: Membranas de ultrafiltración. Área de filtrado: 7.58 m ²
R-001	Recipiente	Material: Acero inoxidable. Altura: 1.35 m. Diámetro: 0.45 m
T-001	Tanque presurizado	Material: Acero inoxidable. Altura: 2.42 m. Diámetro: 0.81 m
T-002	Tanque presurizado	Material: Acero inoxidable. Altura: 1.73 m. Diámetro: 0.58 m
T-003	Tanque presurizado	Material: Acero inoxidable. Altura: 1.7 m. Diámetro: 0.57 m
T-004	Tanque presurizado	Material: Acero inoxidable. Altura: 1.4 m. Diámetro: 0.47 m
V-001	Tanque enchaquetado	Material: Acero inoxidable. Altura: 2.42 m. Diámetro: 0.81 m
V-002	Tanque enchaquetado	Material: Acero inoxidable. Altura: 2.42 m. Diámetro: 0.81 m
V-003	Tanque enchaquetado	Material: Acero inoxidable. Altura: 1.68 m. Diámetro: 0.56 m
V-004	Tanque enchaquetado	Material: Acero inoxidable. Altura: 0.81 m. Diámetro: 0.27 m

Nota: Como parte de un diseño preliminar, las dimensiones del equipo, así como la potencia de las bombas, se basan en la máxima capacidad y condiciones de flujo que se manejan durante el proceso.

BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA

El balance de materia representa las entradas y salidas de material en cada una de las etapas del proceso.

Generalmente, en la fase conceptual de un proyecto, los valores del proceso están referidos a balances de materia preliminares.

A continuación, en la tabla 24, se muestra el balance de materia. En las columnas se encuentran los números de cada una de las corrientes de proceso y en los renglones la masa de los componentes que la constituyen. Al final de la tabla se encuentran las condiciones de operación para cada corriente.

Tabla 24. Balance de materia

Corriente	1	2	3	4	5	6	7(A)	7(B)	7(C)
Componentes (kg)									
Stevia	133.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Agua	0.00	63.84	275.39	275.39	275.39	275.39	275.39	55.08	9.74
Etanol	0.00	579.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.18	11.54
Reb A	7.38	7.16	7.16	7.16	7.16	7.16	7.16	0.00	0.00
Otros	38.72	38.72	38.72	38.72	13.56	13.56	13.56	0.00	0.00
Residuos	0.00	86.89	0.00	0.00	25.17	0.00	0.00	0.00	0.00
Condiciones de operación									
Flujo total (L/día)	196.34	825.75	303.13	303.13	286.35	286.35	286.35	137.69	24.37
T (°C)	25.00	70.00	70.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
P (psi)	14.70	45.00	14.70	30.00	30.00	45.00	45.00	45.00	45.00

8(A)	8(B)	8	8A(R)	8B(R)	8(R)	9(A)	9(B)	10	11	12	13
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
275.39	55.08	330.46	24.59	9.84	34.43	2.41	2.41	0.00	2.41	24.59	0.00
0.00	65.18	65.18	0.00	11.64	11.64	21.86	21.86	0.00	21.86	0.00	0.00
2.86	3.53	6.39	0.26	0.32	0.57	6.39	6.33	5.75	0.64	0.64	6.15
1.91	1.53	3.44	0.17	0.14	0.31	3.44	1.32	1.02	2.43	2.43	0.05
0.00	0.00	10.11	0.00	0.00	2.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.28
277.43	139.67	417.10	24.77	24.77	49.54	34.13	32.70	2.23	31.91	26.38	1.69
25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	-	20.00	25.00	-	20.00	25.00
30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	14.70	14.70	14.70	14.70	45.00	14.70

14	15	15R	16	16R	17A	17B
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	275.39	24.59	55.08	9.84	63.84	2.41
0.00	0.00	0.00	65.18	11.64	579.25	21.86
6.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.69	275.39	24.59	137.69	24.59	798.00	30.12
25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
14.70	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00

Por cada lote se llega a obtener 6.15 kg de Rebaudiósido A en forma de cristales, con una pureza de aproximadamente 99.2 % y un rendimiento de 83%.

El presente balance representa a un proceso por lotes (Batch), en el cual el flujo total de las corrientes esta dado en litros por día, este flujo muestra el volumen de material que pasa en una corriente por cada lote obtenido, por lo tanto, se obtiene un lote por día.

Las corrientes con letras asignadas se refieren a los distintos tipos de corriente que pasan por la misma línea de proceso y su secuencia sigue el orden alfabético de las letras.

Las corrientes con la letra (R) asignada, se refieren a una recirculación que pasa por una línea de proceso ya identificada anteriormente.

El balance se realizó con base a la información proporcionada por la tecnología seleccionada y la investigación de las operaciones unitarias involucradas en el proceso.

Balance de energía

Al igual que el balance de materia, se realizó un balance de energía preliminar, solamente para conocer la cantidad de energía que se requiere suministrar o retirar en las operaciones de calentamiento, evaporación y cristalización del proceso, esto con el propósito de estimar los costos de estas operaciones posteriormente.

Para calcular el calor requerido por el calentamiento de las sustancias en el proceso, se recurrió a la ecuación 1.

Ecuación 1.

$$\Delta Q = WC_p\Delta T$$

Donde:

ΔQ : Es el incremento de la transferencia de calor en un determinado tiempo.

ΔT : Incremento de la temperatura

W: Es la masa de los componentes que se pretende calentar

C_p : Capacidad calorífica de los componentes

Por lo que WC_p es la capacidad calorífica del sistema

En los casos donde el proceso implicaba la evaporación de sustancias, se comenzó por estimar el calor que requieren las sustancias para aumentar su temperatura con la ecuación 1, después se adicionó el calor que se necesita para llegar a la evaporación, a este último se le conoce como calor latente de vaporización, este calor adicional se ve expresado en la ecuación 2.

Ecuación 2.

$$\Delta Q = WC_p\Delta T + W\lambda$$

Donde:

λ : Calor latente de vaporización, por lo que $W\lambda$ es el calor latente de vaporización del sistema.

A continuación, en la tabla 25, se da a conocer el calor que se suministra o retira en las diferentes operaciones realizadas durante el proceso.

Tabla 25. Resultados del balance de energía.

Equipo	Tipo de operación	Calor requerido (Btu)
V-001	Calentamiento	70507.57
V-002	Evaporación	601224.77
V-003	Evaporación	670511.53
V-003	Evaporación	188548.92
V-003	Calentamiento	2069.56
V-003	Enfriamiento	-628.32
V-004	Evaporación	27301.54
V-003	Evaporación	59876.68
V-003	Evaporación	33674.84
V-003	Calentamiento	2069.56
V-003	Enfriamiento	-674.99

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

ESTIMADOS PRELIMINARES DE COSTO

Las plantas industriales son construidas para obtener un beneficio económico, por lo que un estimado sobre la inversión es requerida antes de evaluar la rentabilidad del proyecto.

Capital fijo de inversión.

Antes de que una planta se pueda poner en operación, se requiere de una gran suma de dinero. El monto que se necesita para llevar a cabo la construcción e instalación de una planta es conocido como capital fijo de inversión, este capital se refiere a la suma de costos directos e indirectos que se presentan en la construcción e instalación de la planta (Max S. Peters, 1991).

Costos directos

Los costos directos se refieren a todo aquel costo que es asociado directamente con el material y labor involucrado en la instalación completa de la planta, es decir, el monto que se utiliza para la compra del equipo industrial, instalación del equipo, terreno, instalaciones de servicios, tubería, instrumentación, edificios etc.

Costos indirectos

Para llevar a cabo la construcción de la planta, es necesario considerar ciertos aspectos importantes, tales como, costos de construcción, ingeniería, supervisión, pago a contratistas, contingencias, etc. El costo de estos bienes se le conoce como costos indirectos, ya que no están directamente involucrados con los gastos de equipo, material o labor para la instalación de la planta.

La estimación del capital fijo de inversión varía de acuerdo con el tipo de método con el que se realice. La estimación puede desarrollarse desde un diseño preliminar de la planta basado en poca información, hasta una estimación detallada a partir de planos y especificaciones completas. Los rangos de precisión de las estimaciones varían de acuerdo con la etapa de desarrollo del proyecto (Max S. Peters, 1991).

En este estudio se realiza la estimación del capital fijo de inversión por medio de factores de estimación, los cuales se basan en el costo de los principales equipos de la planta, esta estimación tiene un rango de precisión de $\pm 30\%$ (Max S. Peters, 1991).

Estimación de costos para el equipo industrial.

Uno de los mayores costos de cualquier proceso industrial, es la compra de los equipos que lo conforman. El método más exacto para determinar el costo del equipo de proceso es obtener cotizaciones de las empresas fabricantes del equipo, sin embargo, esto se hace en una etapa más avanzada de la ingeniería. Para la etapa conceptual estos costos pueden ser calculados por medio de técnicas preliminares de estimación.

Para este estudio, se estiman los costos del equipo con base en un estudio realizado por Kenneth M. Guthrie, el cual cuenta con la recopilación de un gran número de equipos con sus respectivos precios. La estimación se realiza de acuerdo con las características de diseño de cada uno de los equipos y fueron actualizados por medio índices de costo.

Un índice de costo, es simplemente un valor índice dado en un tiempo en el que se muestra el costo de un bien, tal como lo es un equipo industrial, este índice está relacionado a un cierto tiempo base. Si se conoce el costo en algún punto del pasado, su costo equivalente puede ser determinado en un tiempo actual utilizando la ecuación 3.

Ecuación 3.

$$\text{costo actual} = \text{costo original} \left(\frac{\text{Valor del índice actual}}{\text{Valor del índice en el tiempo del costo original}} \right)$$

En la tabla 26, se muestra el costo actual del equipo que se utiliza en la planta.

Tabla 26. Costo del equipo industrial.

Equipo	Costo del equipo (USD)
C-001	7757.197452
T-001	22163.42129
T-002	10943.18926
T-003	10804.66788
T-004	8311.282985
V-001	30433.19171
V-002	30445.08678
V-003 (tres equipos)	47470.51732
V-004	12967.4277
B-001	6297.4899
B-002	5247.91
B-003	5247.91
B-004	5247.91
B-005	5247.91
B-006	5247.91
B-007	5247.91
Agitador de V-001	2154.77707
Agitador de V-002	2154.77707
Agitador de V-003 (tres quipos)	6464.33121
Agitador de V-004	2154.77707
R-001	2018.5
M-001	1400
D-001	4500
F-001	3550.8
Total	243478.8842

Se requieren 243,479 dólares para comprar todo el equipo industrial de la planta, esta suma de dinero es uno de los mayores costos que se necesitan para construir la planta.

Con base a los costos del equipo, se desarrolla la estimación del capital fijo de inversión por medio de factores de estimación, este método consiste en la variación porcentual de los componentes que conforman el capital fijo de inversión, tales como son, los costos directos e indirectos. Los porcentajes asignados a estos costos están basados en la típica variación que se observa en diferentes tipos de plantas industriales de distintos procesos, grandes instalaciones adicionales y que fueron construidas en un nuevo sitio.

La asignación del valor porcentual que corresponde a cada uno de los componentes de los costos directos e indirectos son tomados de acuerdo con el rango recomendado en el libro Max S. Peters, 1991. Con base a esta metodología y el costo total de los equipos, se procede a estimar los costos que conforman al capital fijo de inversión, los cuales se muestran en la tabla 27.

Tabla 27. Costos que conforman el capital fijo de inversión.

Tipo de costo	Descripción	Costo
Costos directos		
Compra del equipo	Se refiere al costo por la compra del equipo nuevo.	243478.88
Compra de instalación del equipo	Involucra los costos por cimientos, soportes, plataformas, gastos de construcción y labor que se realizan durante la instalación.	87652.4
Instrumentación (instalada)	Son los costos por la compra del equipo auxiliar y materiales que conforman la instrumentación, también considera los gastos por labor de instalación, este costo depende del grado de control que se tiene en el proceso.	68174.09
Tubería (instalada)	Costos referidos a la compra de tubería utilizada en todo el proceso.	77913.24
Instalación eléctrica	Consiste en los costos de la labor de instalación eléctrica, materiales, servicio de iluminación, etc.	48695.78

Edificios con servicios	Se refiere a los costos de materiales, suministros y labor, relacionados con la construcción de edificios en la planta.	48695.78
Mejoras del terreno	Son los costos involucrados en la nivelación del terreno, caminos, aceras, bardas, etc.	19478.31
Instalación de servicios	Consiste en los costos de instalación para servicios de agua, energía, vapor, aire, etc., también considera las instalaciones para la eliminación de desechos, protección contra incendios y artículos de diversos servicios.	146087.33
Terreno	Involucra el costo por la compra del terreno, inspección del terreno, planos, etc.	9739.16
Total		749914.96
Costos indirectos		
Ingeniería y supervisión	Son los costos referidos al diseño, ingeniería, supervisión, necesarios para la construcción de la planta.	97391.55
Gastos de construcción	Se refiere a los gastos de herramientas de construcción, alquileres, oficinas para el personal en el sitio de construcción, pagos de construcción, impuestos, seguros y otros gastos generales de construcción.	116869.86
Pago al contratista	Es el pago que se realiza al contratista de la obra.	19478.31
Contingencia	Es el monto que se considera para compensar eventos no predecibles, tales como huelgas, tormentas, precio, entre otras.	77913.24
Total		311652.97
Capital fijo de inversión		1061567.94

El capital fijo de inversión es estimado mediante la ecuación 4, la cual simplemente muestra la suma de los costos que lo conforman.

Ecuación 4

$$\text{Capital fijo de inversión} = \text{Costos directos} + \text{Costos indirectos}$$

Capital de trabajo

El capital de trabajo se refiere al capital necesario para la operación de la planta, estos costos se deben considerar para complementar la estimación de la inversión total que se requiere para llevar a cabo el proyecto, este monto cubre los costos de operación que se presentan al inicio de la actividad en la planta, cubriendo desde el arranque hasta un determinado tiempo.

El capital de trabajo sirve para cubrir aspectos, tales como, suministro de materia prima, costos para la producción, cuentas por cobrar, costo de transporte, mano de obra, cuentas por pagar, impuestos, etc. La mayoría de estos costos son cubiertos por el capital de trabajo, generalmente en un periodo de un mes después del arranque de la planta.

El costo de capital es estimado por la metodología de factores de estimación utilizada con anterioridad.

Capital total de inversión

El capital total de inversión se refiere a la inversión total necesaria para conseguir arrancar el proyecto, este capital es estimado por medio de la ecuación 5, la cual representa la suma del capital fijo de inversión y el capital de trabajo.

Ecuación 5.

$$***Capital total de inversion = Capital fijo de inversion + Capital de trabajo***$$

Estimación de los costos anuales

Costo anual de la inversión

Este costo se refiere al pago anual que se realiza para recuperar la inversión en un determinado periodo de tiempo. Este monto es considerado para cubrir un posible financiamiento o deuda generada por el préstamo de la inversión. La serie de pagos periódicos iguales que se realiza durante este periodo de tiempo se le conoce como anualidad.

(Baasel, 1974)

Para estimar el costo anual de la inversión, se hace uso de la ecuación 6, la cual estima el valor del pago fijo anual de la inversión. Para su estimación se consideró un periodo de pago completo de 10 años con una tasa interés del 5 %.

Ecuación 6

$$R = \frac{[P(1 + i)^n] i}{(1 + i)^n - 1}$$

Donde:

P: Capital total de inversión

R: Pago periódico uniforme por el periodo de tiempo

n: Periodo de tiempo

i: Tasa de interés por el periodo

Depreciación

El valor económico de los bienes físicos disminuye con el paso del tiempo, esta disminución se debe al deterioro físico, avances tecnológicos, cambios económicos, entre otros. La reducción de valor debido a estos aspectos se le conoce como depreciación.

La depreciación es una medida del decremento en el valor de la propiedad, por lo que puede ser considerada como un costo.

Vida útil

La vida útil de un bien físico se refiere al periodo de tiempo en el cual, la propiedad es económicamente factible, asumiendo que se le proporcionó el debido mantenimiento y reparaciones necesarios durante ese tiempo.

Para conocer la vida útil de los bienes en la planta, se utiliza la recopilación de datos disponibles sobre la vida útil para varios tipos de propiedad en una planta industrial.

Valor de salvamento

Este valor se refiere al monto total de dinero que se obtiene después de vender la propiedad usada durante el tiempo de vida útil, generalmente este valor se estima como el 10% del valor real de la propiedad.

Para estimar la depreciación en los bienes de la planta, se utiliza el método de línea recta, el cual asume que el valor de la propiedad decrece linealmente con el paso del tiempo, este método estima montos iguales por depreciación cada año durante toda la vida útil de la propiedad.

El monto anual por depreciación de cada propiedad evaluada en la planta se estima con la siguiente ecuación (ecuación 9).

Ecuación 9

$$d = \frac{V - Vs}{n}$$

Donde:

d: Depreciación anual, \$/año

V: Valor original de la propiedad al comienzo del periodo de vida útil

Vs: Valor de salvamento de la propiedad al final de la vida útil

N: Vida útil de la propiedad

En la tabla 28, se muestra la depreciación anual de los bienes en los cuales se considera la depreciación.

Tabla 28 Depreciación de la propiedad.

Tipo de propiedad	Vida útil	Depreciación (USD/año)
Equipo	10	21913.1
Instalaciones del equipo	10	7888.72
Instrumentación	10	6135.67
Tubería	10	7012.19
Instalaciones eléctricas	12	3652.18
Construcciones	40	1095.65
Mejoras del terreno	20	876.52
Instalaciones de servicios	10	13147.86
Depreciación total		61721.90

Costos de mantenimiento y reparaciones

Estos costos, se refieren a mantener constantemente las instalaciones y equipos en buenas condiciones para que la planta opere correctamente, dentro de estos costos se consideran las reparaciones de partes rotas o desgastadas, materiales, supervisión, labor, etc.

Para estimar los costos de mantenimiento y reparaciones, se utiliza la metodología de factores de estimación usada con anterioridad.

Costo de materia prima

En industria química, uno de los mayores costos dentro de las operaciones de la planta es la materia prima, por lo que se realiza un estimado del costo anual de la materia involucrada en el proceso. Se calcula el monto de dinero que se necesita para comprar toda la materia prima que se requiere durante un año de operación en la planta.

En la estimación, se utilizan los precios de la materia prima que aparecen en la región donde se localiza la planta y cantidades de la materia utilizada en el proceso proyectadas por año.

Costo de servicios

Uno de los costos generados durante la operación de la planta, provienen de los servicios que se provee a la planta, estos costos al igual que la materia prima dependen del consumo, localización de la planta y la fuente.

En este estudio, se estima el costo de agua, gas natural, corriente eléctrica y refrigerante que se consume en la planta anualmente. Esta estimación se realiza con base a los costos de cada servicio en el área donde se localizará la planta.

Impuestos sobre la renta (ISR)

Los gastos por impuestos sobre la renta juegan un papel importante para determinar la situación económica de cualquier proceso industrial, este impuesto es basado en las ganancias brutas obtenidas por la venta del producto. Hoy en día las empresas mexicanas pagan el 30% de ISR sobre sus utilidades.

EVALUACIÓN ECONÓMICA

Antes de que un capital sea invertido en un proyecto, se requiere conocer su rentabilidad, por lo cual es necesario hacer un análisis económico sobre la relación entre los ingresos y gastos. Se realiza una comparación entre ganancias e inversión total para conocer el atractivo del proyecto.

(Alejandro Anaya Durand, 2013)

Las utilidades representan el monto de dinero que se ha ganado, debido al capital total de inversión y de trabajo utilizado en el proyecto. Las utilidades de la ganancia, generalmente se dan sobre una base anual.

(Alejandro Anaya Durand, 2013)

Con base a la información de costos e ingresos que se generan por la venta total de lo que se produce anualmente, se elabora un estado de resultados proyectado a

futuro en la tabla 29, donde se muestran las utilidades a partir de los ingresos y costos.

Las utilidades se refieren a las ganancias que se obtienen de la diferencia entre ingresos y costos.

La utilidad bruta es la diferencia entre los ingresos totales por la venta del producto y los costos asociados con la producción.

La utilidad gravable, es aquella que resulta al aplicar la deducibilidad de gastos y en función de ella se pagan los impuestos sobre la renta, tal es el caso de la depreciación.

La utilidad neta es la diferencia entre los ingresos y los costos totales, además, esta considera el pago de intereses sobre la renta.

Por último, se tiene el flujo de efectivo, también conocido como flujo de caja, este se refiere al efectivo real que se tiene en un tiempo determinado, por lo que no se considera el costo por depreciación, ya que este no es una salida real de dinero.

Tabla 29 Estado de resultados.

Periodo (año)	Ingresos anuales (USD)	Costos T. anuales (USD)	Utilidad Bruta (USD)	Depreciación anual (USD)	Utilidad gravable (USD)	ISR	Utilidad neta (USD)	Flujo de efectivo (USD)
1	249841.63	216310.85	33530.78	61721.90	-28191.12	0.00	-28191.12	33530.78
2	249841.63	216310.85	33530.78	61721.90	-28191.12	0.00	-28191.12	33530.78
3	249841.63	216310.85	33530.78	61721.90	-28191.12	0.00	-28191.12	33530.78
4	249841.63	216310.85	33530.78	61721.90	-28191.12	0.00	-28191.12	33530.78
5	249841.63	216310.85	33530.78	61721.90	-28191.12	0.00	-28191.12	33530.78
6	249841.63	216310.85	33530.78	61721.90	-28191.12	0.00	-28191.12	33530.78
7	249841.63	216310.85	33530.78	61721.90	-28191.12	0.00	-28191.12	33530.78
8	249841.63	216310.85	33530.78	61721.90	-28191.12	0.00	-28191.12	33530.78
9	249841.63	216310.85	33530.78	61721.90	-28191.12	0.00	-28191.12	33530.78
10	249841.63	216310.85	33530.78	61721.90	-28191.12	0.00	-28191.12	33530.78

Análisis de rentabilidad

Un análisis de rentabilidad en un proyecto nos ayuda a determinar si se invierte el capital de inversión o se abandona el proyecto, para esto se hace uso de métodos matemáticos para medir la rentabilidad.

En este estudio se desarrolla cuatro indicadores de rentabilidad, los cuales se mencionan a continuación.

Periodo de recuperación

Este método indica el mínimo periodo de tiempo, que es teóricamente necesario para recuperar el capital total de inversión (Max S. Peters, 1991).

El periodo de recuperación se calcula mediante la ecuación 10.

Ecuación 10

Periodo de recuperación

$$= \frac{\text{Capital fijo de inversión}}{\text{Utilidad anual (promedio)} + \text{Depreciación anual (promedio)}}$$

Un periodo de recuperación de entre 3 y 5 años se considera razonable, un tiempo más largo no es considerado aceptable (Baasel, 1974).

Retorno de la inversión (RIO)

El Retorno de la inversión, muestra el porcentaje de la inversión que regresa anualmente como ganancias. Este porcentaje se calcula mediante la ecuación 11.

Por lo general, se espera un retorno de la inversión de al menos el 15% sobre las ganancias (Baasel, 1974).

Ecuación 11

$$ROI = \frac{\text{Utilidad anual (antes de impuestos)}}{\text{Capital fijo de inversión} + \text{Capital de trabajo}}$$

Nota: El retorno de la inversión no consideró ISR en su evaluación

Valor presente neto (VNP)

El valor presente neto es un criterio que representa el valor actual del efectivo generado, este valor se obtiene al restar la suma del valor presente de todos los flujos de caja y la inversión inicial, esto permite conocer si el proyecto producirá más dinero que el monto de capital inicial a lo largo de la evaluación (Baasel, 1974).

Para calcular el valor presente neto se emplea la ecuación 12. En este cálculo se considera un periodo total de evaluación de 10 años y una tasa de interés del 14.5%, tomando como referencia la tasa de interés interbancaria actual más un premio al riesgo de 7 puntos, lo cual representa un riesgo moderado alto al tratarse de un producto con una reciente demanda.

Ecuación 12

$$VNP = -I + \sum_{t=1}^n \frac{P}{(1+i)^t}$$

Donde:

P = Valor del flujo de efectivo después t periodos

i = Tasa de interés

t = Periodo

n = Número de periodos del horizonte de la evaluación

I = Inversión total

Si el valor neto presente es positivo, se puede decir que la planta está generando mayores ganancias que si el capital fuera invertido con el mismo interés usado. Es decir que gana más de lo necesario para pagar la inversión y un reembolso del capital en una tasa de descuento específica. Si el valor presente neto es negativo, el proyecto debe ser abandonado (Baasel, 1974).

Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno está definida como la tasa de interés, en la cual el VNP es igual a 0. La TIR representa la máxima tasa de descuento que un proyecto puede tener para ser rentable. Si la TIR supera la tasa considerada para la evaluación, el proyecto se considera rentable.

Con base al flujo de efectivo que se presenta en el estado de resultados, se evalúa la rentabilidad del proyecto por medio de los métodos matemáticos descritos previamente. Los indicadores de rentabilidad se muestran en tabla 30.

Tabla 30. Indicadores de rentabilidad.

Periodo de recuperación (años)	Retorno de la inversión (%)	Valor presente neto (USD)	Tasa interna de retorno (TIR)
32	0	-1,077,363.12	No aplica

RESULTADOS

Como se da a conocer en el estudio de mercado, la demanda de los edulcorantes a base de Stevia va en aumento año con año, debido al lanzamiento de nuevos productos alimenticios, en los cuales las empresas han optado por sustituir el azúcar por endulzantes naturales no calóricos, como es el caso los provenientes de la planta Stevia.

Se sabe que los componentes de Stevia más importantes en el mercado son el Esteviósido y Rebaudiósido A, debido a su mayoritaria composición en la planta, sin embargo, el Rebaudiósido A presenta una mayor importancia para el mercado de la industria de alimentos por su mayor poder edulcorante y mejor sabor. La importancia del Rebaudiósido A para el mercado se refleja en su rápido crecimiento anual en los últimos años.

En México la demanda de edulcorantes a base de Stevia es reciente. Se observa un crecimiento en los lanzamientos de productos endulzados con este tipo de endulzantes y se espera que su consumo aumente en los próximos años, además México cuenta con cosechas de la planta Stevia, que como se muestra en el estudio previo, el país ha registrado alzas en la producción de esta planta, debido a su demanda creciente, por lo que presenta la oportunidad para la producción de edulcorantes a base de Stevia.

Con base al estudio de localización para la construcción de una planta productora de Rebaudiósido A, la mejor ubicación se presenta en la zona de Compostela, Nayarit, ya que posee las mejores condiciones para localizar una planta de este tipo.

Para la construcción de una planta industrial que procese alrededor del 10% de la producción de Stevia en el país y produzca Rebaudiosida A de alta pureza, se requiere una inversión de 1,248,903 dólares. Esta planta genera ingresos de 249,842 dólares por ventas anuales, sin embargo, el proyecto no cumple con parámetros aceptables en los indicadores de rentabilidad, por lo cual se establece que el proyecto no es económicamente rentable.

CONCLUSIÓN

Se desarrolló los documentos de ingeniería conceptual pertinentes para la construcción de una planta procesadora de Stevia Rebaudiana Bertoni, que produce Rebaudiósido A de alta pureza, ubicada en la región de Compostela, Nayarit. Con base a la evaluación de la información de estos documentos, se determinó que el proyecto no presenta las características suficientes para ser rentable.

La tecnología que se presenta en este trabajo, pretende obtener principalmente Rebaudiósido A como producto, sin embargo, este componente se encuentra en pequeñas proporciones en la mayoría de las distintas variedades de la planta Stevia, esto provoca que al utilizar como materia prima cualquier tipo de variedad disponible en las diferentes regiones de producción, no se obtenga una mayor cantidad de Rebaudiósido A y los ingresos por la venta del producto sean superados por los costos involucrados al utilizar esta tecnología, haciendo que el proyecto tenga pequeñas ganancias y no sea económicamente viable.

RECOMENDACIONES

Recomendación 1.

Dado las características de este proyecto, el cual resulta no rentable, se presentan a continuación los cambios realizados para mejorar la factibilidad del mismo.

El previo estudio, se realizó para una planta industrial de Rebaudiósido A, que utilizaba como materia prima las distintas especies de Stevia cosechada, sin embargo, si el uso de la planta Stevia que se procesa se limita a una sola especie, tal como lo es la variedad conocida como Morita II, el nivel de producción aumenta, ya que esta planta registra en promedio un contenido de Rebaudiósido A equivalente a 15.15 ± 0.2 como se observar en la tabla 1.

Utilizando la variedad de Stevia, Morita II como materia prima del proceso, las características de la planta industrial cambian, tales como, el dimensionamiento de los equipos y las condiciones de proceso, obteniendo un incremento en costos, sin embargo, para este caso los ingresos generados por las ventas del producto superan a los costos, esto se debe a la mayor producción de Rebaudiósido A obtenida.

Al seguir la misma metodología para la estimación de costos utilizada con anterioridad, se proyectó el estado de resultados con las nuevas condiciones del proyecto en la tabla 31.

Tabla 31. Estado de resultados con las nuevas condiciones.

Periodo (año)	Ingresos anuales (USD)	Costos T. anuales (USD)	Utilidad Bruta (USD)	Depreciación anual (USD)	Utilidad antes de impuestos (USD)	ISR (USD)	Utilidad neta (USD)	Flujo de efectivo (USD)
1	682000.1329	253,912.08	428,088.05	72782.83534	355,305.22	106,591.57	248,713.65	321496.4873
2	682000.1329	253,912.08	428,088.05	72782.83534	355,305.22	106,591.57	248,713.65	321496.4873
3	682000.1329	253,912.08	428,088.05	72782.83534	355,305.22	106,591.57	248,713.65	321496.4873
4	682000.1329	253,912.08	428,088.05	72782.83534	355,305.22	106,591.57	248,713.65	321496.4873
5	682000.1329	253,912.08	428,088.05	72782.83534	355,305.22	106,591.57	248,713.65	321496.4873
6	682000.1329	253,912.08	428,088.05	72782.83534	355,305.22	106,591.57	248,713.65	321496.4873
7	682000.1329	253,912.08	428,088.05	72782.83534	355,305.22	106,591.57	248,713.65	321496.4873
8	682000.1329	253,912.08	428,088.05	72782.83534	355,305.22	106,591.57	248,713.65	321496.4873
9	682000.1329	253,912.08	428,088.05	72782.83534	355,305.22	106,591.57	248,713.65	321496.4873
10	682000.1329	253,912.08	428,088.05	72782.83534	355,305.22	106,591.57	248,713.65	321496.4873

El cambio en las condiciones con respecto a la variedad de Stevia utilizada en el proceso, hace que la inversión que se requiera para el este proyecto sea de 1,472,714 dólares, la cual es mayor a la inversión requerida en el caso de utilizar las distintas variedades de Stevia, sin embargo, este proyecto obtendría mayores ingresos por la venta del producto, generando 682,000.13 dólares por año. A diferencia del primer caso, este monto logra cubrir todos los costos y gastos del proyecto, obteniendo utilidades positivas.

Con base a las utilidades generadas, se evalúa la rentabilidad del proyecto con las nuevas modificaciones realizadas.

La rentabilidad del proyecto se evaluó, por medio de los métodos matemáticos descritos previamente en este trabajo. Los indicadores de rentabilidad se muestran en tabla 32.

Tabla 32. Indicadores de rentabilidad con las nuevas condiciones

Periodo de recuperación (años)	Retorno de la inversión (%)	Valor presente neto (USD)	Tasa interna de retorno (TIR)
4	24%	172,031.80	17%

Con las modificaciones realizadas, se llega a la rentabilidad del proyecto, al contar con un valor aceptable en los indicadores de rentabilidad que se estimaron para su evaluación. Los cuatro indicadores prueban la factibilidad del proyecto al utilizar solamente la variedad de Stevia conocida como Morita II.

Recomendación 2.

Dado que, en la mayoría de las variedades de Stevia, el Rebaudiósido A se encuentra en pequeñas proporciones, se puede implementar el sobre diseño de la planta para obtener el componente Esteviósido como un segundo producto, esto permitiría ofrecer ambos productos al mercado para sus distintos usos.

Recomendación 3.

La tecnología que se utiliza para el desarrollo de esta planta implica largos tiempos de operación en el proceso de cristalización, por lo que se recomienda trabajar en la optimización de tiempo para esta operación.

Recomendación 4.

Uno de los mayores costos involucrados en la construcción de una planta, es la compra del equipo industrial, en el caso de este trabajo, se considera la adquisición de equipo nuevo, sin embargo, se puede optar por comprar equipo de segunda mano, lo cual reduciría en gran medida este costo.

BIBLIOGRAFÍA

- (CANACAR), C. n. (1995). *Instituto Mexicano del transporte*.
- (CONADESUCA), C. N. (2012). "Evaluación de la Producción, la demanda y las políticas relativas al etanol en México".
- (INEGI), I. n. (2016). *Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE), población de 15 años y más de edad*.
- Adorno, A. M. (19 de 02 de 2016). *La stevia rebaudiana en el Comercio Internacional*. Obtenido de COLUMBIA: <https://www.columbia.edu/py/institucional/investigacion/articulos-de-revision/208-la-stevia-rebaudiana-en-el-comercio-internacional>
- Alejandro Anaya Durand, R. B. (2013). *Manual de Temas Selectos de Ingeniería de proyectos*. Ciudad de México: Facultad de Química.
- Andrade, F. (23 de Julio de 2015). *Crece producción de stevia en el País*. Obtenido de REFORMA, Economía: <http://www.reforma.com/aplicacioneslibre/articulo/>
- Aranda González, e. a. (2014). Evaluación de la inocuidad de Stevia rebaudiana Bertoni cultivada en el. *Nutrición Hospitalaria*, 595.
- ARGENTINA, E. D. (2013). *PERFIL DE MERCADO*. ARGENTINA.
- ARGENTINA, E. D. (2013). *PERFIL DE MERCADO EDULCORANTES NATURALES EN EL REINO DE SUECIA*. ARGENTINA .
- Azamar, A. (1 de Julio de 2016). Solicitan a Sedesol aclaración con el precio de la compra de Stevia en Los Tuxtlas. *Precensia noticias*.
- Brandle J.E, .. S. (1998). Stevia rebaudiana: Its agricultural, biological, and chemical properties. *Canadian Journal of Plant Science*, 527.
- Campeche, G. d. (2014). *ARRANCA EN CAMPECHE LA PRODUCCIÓN DE STEVIA*. Campeche.
- Campeche, G. d. (2016). *Secretaría de Desarrollo Económico: SEDE*.
- Cesar González, e. a. (2014). Main properties of steviol glycosides and their potential in the food industry. *Fruits*, 128, 127-141.
- Chiang, e. a. (2011). Separation of Rebaudioside A from Stevia glycosides using chromatography. *Patent application publication* , 1, 1-6.
- CONAGUA. (2016). *Sistema Nacional de Tarifas*.
- Cortéz, G. R. (2012). *Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (CONADESUCA)*. Ciudad de México .
- Darío Gaucín, E. M. (20 de Nov. de 2014). Producción de estevia en México (II). *El economista*.

- economía, S. d. (2013). *Alimentos procesados* . Ciudad de México : ProMéxico.
- ENERGÍA, S. D. (2014). *Prospectiva de gas natural y L.P. 2014-2028*. Mexico .
- Energía, S. d. (Enero de 2017). *Sistema de Información Energética*.
- FAO, O. (19 de 03 de 2010). *Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias comité del codex sobre aditivos alimentarios*. Obtenido de Comisión del codex alimentarius: http://www.fao.org/tempref/codex/Meetings/CCFA/CCFA42/fa42_06s.pdf
- G.Briseño, K. (16 de Enero de 2015). Stevia, la apuesta económica de Veracruz. *El universal*.
- GEOGRAFÍA, I. N. (2013). *Medio Ambiente*.
- GEOGRAFÍA, I. N. (2014). *Censos Económicos*.
- GEOGRAFÍA, I. N. (2016). *Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE)*.
- GEOGRAFÍA, I. N. (2016). *Indice de precios al consumidor (INEGI)*. Obtenido de Índice de precios al consumidor (INEGI).
- GEOGRAFÍA, I. N. (2017). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas*.
- Global consumer awareness of stevia in 2015, by country*. (2015). *Statista*.
- Gorosito, e. a. (2013). Estudio de mercado de Stevia Rebaudiana Bertoni. *Revista de Divulgación Técnica Agrícola y Agroindustrial* , 4.
- Guthrie, K. M. (s.f.). Capital Cost Estimating. En K. M. Guthrie.
- INEGI lanza estadísticas sobre la diabetes. (11 de Noviembre de 2013). *El semanario*.
- INIFAP. (24 de Marzo de 2015). Chiapas, pionero en la producción de stevia. *El siete*.
- IST. (s.f.).
- Jackson, e. a. (2006). High yield method of producing pure Rebaudioside A. *Patent Application Publication*, 2 , 1-26.
- Jessica Ivet Gomez Camacho, M. S. (2014). *ESTUDIO DE VIABILIDAD COMERCIAL PARA LA EXPORTACIÓN DE REBAUDIÓSIDO A DE STEVIA AL MERCADO DE EE.UU, POR PARTE DE LA EMPRESA STEVIA ONE PERÚ S.A.C DE LA REGIÓN DE SAN MARTÍN*.
- José Elías Jiménez Sánchez, E. d. (14 de 04 de 2017). *Costos de las tarifas de transporte de carga*. Obtenido de Transporte. mx: <http://www.transporte.mx/costos-de-las-tarifas-de-transporte-de-carga/>
- Lanzamientos de productos con extractos de Stevia por región. (2013). *Mintel*.
- M.C. Carakostasa, e. a. (s.f. de s.f. de 2008). *The Difference Between Stevia & Rebaudiana A?* Obtenido de Ever Stevia: <http://www.everstevia.com/stevia-rebaudiana-a.html>
- Max S. Peters, K. D. (1991). *Plant design and economics for chemical engineers*. New York: McGraw-Hill International.

- Moguel, Y. (10 de Febrero de 2014). EL FINANCIERO. *Quintana Roo contará con primera planta de producción in vitro de Stevia.*
- Moralejo, A. G. (2011). Aproximación a la comprensión de un endulzante natural alternativo, la Stevia Rebaudiana Bertoni: producción, consumo y demanda potencial. *Agroalimentaria*, 57-69.
- Novedades Quintana Roo. (23 de Julio de 2013). *Quintana Roo, sede de la primera biofábrica de stevia en Mexico.*
- Pérez, L. A. (16 de 04 de 2009). *La industria del etanol en México.* Obtenido de Scielo: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-952X2009000100006
- Pesquera, S. d. (2015). http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap/icultivo/index.jsp.
- Quintero, E. M. (2014). *Índices de precios en el transporte por carretera.* Querétaro, Sanfandila: SCT y IMT.
- Rebeca Salvador Reyes, e. a. (2014). Estudio de la Stevia (Stevia rebaudiana Bertoni) como edulcorante natural y su uso en beneficio de la salud. *Scientia Agropecuaria.*
- Rivera, P. P. (2012). "PROYECTO PARA LA FACTIBILIDAD PARA LA CREACIÓN DE UNA EMPRESA COMERCIALIZADORA Y EXPORTADORA DE STEVIA EN HOJA HACIA EL MERCADO DE FRANCIA". SALESIANA: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.
- Roo, G. d. (2016). *Secretaría de Desarrollo Económico: SEDE.*
- Sánchez, L. F. (2015). Sinergia de Stevia con otros edulcorantes de alta potencia. 45, 1-50.
- SE, S. d. (2013). *Alimentos procesados.* Ciudad de México: ProMéxico.
- SIAP. (2014). *Anuario-SIAP.*
- Social, Secretaría de Desarrollo. (2015). *La stevia, opción productiva para mujeres y familias Prospera veracruzanas.* Mexico, Veracruz.
- Thiébaud, V. (2015). *Procesos en los paisajes rurales de Veracruz, México: Evaluación de una alternativa al cultivo de la caña de azúcar: La Stevia.* Mexico, Veracruz: Universidad Vareacruzana.
- UNICEF. (2017). *Salud y nutrición.*
- Varela, R. (14 de Octubre de 2014). PureCircle crece a doble dígito . *EL FINANCIERO.*
- Villamil, V. (30 de 11 de 2015). *EL 'BOOM' DE LA STEVIA EN MÉXICO.* Obtenido de EXPANSIÓN: <https://expansion.mx/negocios/2015/11/30/el-boom-de-la-stevia>
- VILLAMIL, V. (30 de Noviembre de 2015). *Expansion en alianza con CNN.* Obtenido de http://expansion.mx/negocios/2015/11/30/el-boom-de-la-stevia?internal_source=PLAYLIST

Yang Mingfu, H. J. (2011). *Patente nº CN101941997*.

Yang Mingfu, H. J. (2011). *Stevia rebaudiana Bertoni extract and extraction method thereof and extraction method of rebaudioside A*. Patent CN101941997.

ANEXOS

Anexo 1

Cuadro 1. Volumen de agua suministrada por tipo de toma. Fuente: INEGI 2013

Agua						
Volumen de agua suministrada por tipo de toma, de los organismos que prestan servicios del sector privado y paraestatal por entidad federativa, 2013 (Miles de metros cúbicos)						
Entidad federativa	Volumen del agua suministrada	Tipo de toma				Agua con pipa
		Doméstica	Comercial	Industrial	Servicios públicos	
Estados Unidos Mexicanos	4954738	3810743	576505	260209	247463	59818
Aguascalientes	83998	78264	3413	512	1629	180
Baja California	277488	142708	8078	12824	113758	120
Baja California Sur	50570	38106	4877	6405	789	393
Campeche	33829	21534	5145	992	102	6056
Coahuila de Zaragoza	168029	135057	20341	8416	3548	667
Colima	34643	28940	3754	1541	405	3
Chiapas	46064	36373	6103	1495	1990	103
Chihuahua	216184	110974	20813	67288	9310	7799
Distrito Federal	506151	363375	88205	32721	21340	510
Durango	38483	15667	5783	15925	1019	89
Guanajuato	167031	130420	22601	6764	5573	1673
Guerrero	125866	109069	11038	2621	2854	284
Hidalgo	71329	54296	5927	2813	2672	5621
Jalisco	347665	274249	42931	13086	15940	1459
México	806060	681767	87419	12005	818	24051
Michoacán de Ocampo	150059	122457	20655	4562	1652	733
Morelos	111856	97004	9345	2711	1953	843
Nayarit	51823	44562	6615	559	69	18
Nuevo León	265851	223210	42075	105	461	0
Oaxaca	73498	60862	7240	2164	2894	338
Puebla	131447	111865	9987	6198	2493	904
Querétaro	93094	74282	8422	1823	8075	492
Quintana Roo	87318	51299	16826	8940	8229	2024
San Luis Potosí	38268	22605	10193	2115	1937	1418
Sinaloa	201277	159286	14549	7205	20121	116
Sonora	177474	136117	31462	9222	319	354
Tabasco	14879	8006	3820	1255	1660	138
Tamaulipas	197048	158018	9857	21592	6411	1170
Tlaxcala	25123	21501	1896	358	121	1247
Veracruz de Ignacio de la Llave	258036	208068	42298	3222	4268	180
Yucatán	58372	52444	2210	85	3389	244
Zacatecas	45925	38358	2627	2685	1664	591

Cuadro 2. Producción total y unidades económicas existentes por estado. Fuente: INEGI 2014.

Año Censal	Entidad	Actividad Económica	UE Unidades económicas	Producción bruta total (millones de pesos)
2014	01 Aguascalientes	Total estatal	47,449	183482.867
2014	01 Aguascalientes	31134 Elaboración de dulces, chicles y productos de confitería que no sean de chocolate	28	30.445
2014	01 Aguascalientes	311350 Elaboración de chocolate y productos de chocolate	3	1.369
2014	01 Aguascalientes	312111 Elaboración de refrescos y otras bebidas no alcohólicas	10	2019.158
2014	02 Baja California	Total estatal	95,882	303152.517
2014	02 Baja California	311811 Panificación industrial	5	3711.800
2014	03 Baja California Sur	Total estatal	28,114	51827.977
2014	03 Baja California Sur	31134 Elaboración de dulces, chicles y productos de confitería que no sean de chocolate	9	0.423
2014	03 Baja California Sur	311350 Elaboración de chocolate y productos de chocolate	3	2.051
2014	04 Campeche	Total estatal	32,628	648033.011
2014	04 Campeche	31134 Elaboración de dulces, chicles y productos de confitería que no sean de chocolate	11	1.129
2014	04 Campeche	311930 Elaboración de concentrados, polvos, jarabes y esencias de sabor para bebidas	5	1.455
2014	04 Campeche	312111 Elaboración de refrescos y otras bebidas no alcohólicas	6	962.085
2014	05 Coahuila de Zaragoza	Total estatal	83,639	633956.395
2014	05 Coahuila de Zaragoza	31134 Elaboración de dulces, chicles y productos de confitería que no sean de chocolate	48	571.528
2014	05 Coahuila de Zaragoza	312111 Elaboración de refrescos y otras bebidas no alcohólicas	9	4450.800
2014	06 Colima	Total estatal	29,273	40858.586
2014	07 Chiapas	Total estatal	155,280	157603.808
2014	07 Chiapas	31134 Elaboración de dulces, chicles y productos de confitería que no sean de chocolate	56	9.289
2014	07 Chiapas	311350 Elaboración de chocolate y productos de chocolate	16	1.304
2014	08 Chihuahua	Total estatal	97,044	320011.901
2014	08 Chihuahua	31134 Elaboración de dulces, chicles y productos de confitería que no sean de chocolate	48	994.163
2014	08 Chihuahua	311350 Elaboración de chocolate y productos de chocolate	3	359.337
2014	09 Ciudad de México	Total estatal	415,481	2943782.839
2014	09 Ciudad de México	31134 Elaboración de dulces, chicles y productos de confitería que no sean de chocolate	169	1064.505
2014	09 Ciudad de México	311350 Elaboración de chocolate y productos de chocolate	42	842.083
2014	09 Ciudad de México	311811 Panificación industrial	13	12126.296
2014	09 Ciudad de México	311930 Elaboración de concentrados, polvos, jarabes y esencias de sabor para bebidas	32	13440.735
2014	09 Ciudad de México	312111 Elaboración de refrescos y otras bebidas no alcohólicas	18	15166.024
2014	10 Durango	Total estatal	50,452	109487.441
2014	10 Durango	31134 Elaboración de dulces, chicles y productos de confitería que no sean de chocolate	43	13.555
2014	11 Guanajuato	Total estatal	222,969	701825.705
2014	11 Guanajuato	31134 Elaboración de dulces, chicles y productos de confitería que no sean de chocolate	133	590.924
2014	11 Guanajuato	312111 Elaboración de refrescos y otras bebidas no alcohólicas	12	2990.788
2014	12 Guerrero	Total estatal	135,564	65970.963
2014	12 Guerrero	31134 Elaboración de dulces, chicles y productos de confitería que no sean de chocolate	45	4.119
2014	12 Guerrero	312111 Elaboración de refrescos y otras bebidas no alcohólicas	5	740.149
2014	13 Hidalgo	Total estatal	98,567	305949.311
2014	13 Hidalgo	31134 Elaboración de dulces, chicles y productos de confitería que no sean de chocolate	21	9.724
2014	13 Hidalgo	312111 Elaboración de refrescos y otras bebidas no alcohólicas	5	3250.501
2014	14 Jalisco	Total estatal	313,013	697866.514
2014	14 Jalisco	31134 Elaboración de dulces, chicles y productos de confitería que no sean de chocolate	346	5677.336
2014	14 Jalisco	311350 Elaboración de chocolate y productos de chocolate	29	5012.381
2014	14 Jalisco	311811 Panificación industrial	3	5557.136
2014	14 Jalisco	311930 Elaboración de concentrados, polvos, jarabes y esencias de sabor para bebidas	26	275.143
2014	15 México	Total estatal	534,838	1116235.399
2014	15 México	31134 Elaboración de dulces, chicles y productos de confitería que no sean de chocolate	100	4401.661
2014	15 México	311811 Panificación industrial	9	10148.985
2014	15 México	311930 Elaboración de concentrados, polvos, jarabes y esencias de sabor para bebidas	25	5843.281
2014	15 México	312111 Elaboración de refrescos y otras bebidas no alcohólicas	34	44613.093
2014	16 Michoacán de Ocampo	Total estatal	195,355	179291.970
2014	16 Michoacán de Ocampo	31134 Elaboración de dulces, chicles y productos de confitería que no sean de chocolate	132	407.179
2014	16 Michoacán de Ocampo	311350 Elaboración de chocolate y productos de chocolate	9	59.268
2014	16 Michoacán de Ocampo	312111 Elaboración de refrescos y otras bebidas no alcohólicas	5	555.777
2014	17 Morelos	Total estatal	84,651	144574.831
2014	17 Morelos	31134 Elaboración de dulces, chicles y productos de confitería que no sean de chocolate	357	128.587
2014	18 Nayarit	Total estatal	46,958	44328.261
2014	18 Nayarit	31134 Elaboración de dulces, chicles y productos de confitería que no sean de chocolate	16	0.849
2014	18 Nayarit	312111 Elaboración de refrescos y otras bebidas no alcohólicas	6	2857.106
2014	19 Nuevo León	Total estatal	135,482	1317129.037
2014	19 Nuevo León	31134 Elaboración de dulces, chicles y productos de confitería que no sean de chocolate	83	1269.980
2014	19 Nuevo León	311350 Elaboración de chocolate y productos de chocolate	8	868.698
2014	19 Nuevo León	311811 Panificación industrial	4	5669.742
2014	19 Nuevo León	311930 Elaboración de concentrados, polvos, jarabes y esencias de sabor para bebidas	11	303.964

Continuación de cuadro 2

2014	20 Oaxaca	Total estatal	177,954	295523.935
2014	20 Oaxaca	31134 Elaboración de dulces, chicles y productos de confitería que no sean de chocolate	119	19.000
2014	20 Oaxaca	311350 Elaboración de chocolate y productos de chocolate	66	42.058
2014	20 Oaxaca	312111 Elaboración de refrescos y otras bebidas no alcohólicas	7	1553.196
2014	21 Puebla	Total estatal	251,318	467846.687
2014	21 Puebla	31134 Elaboración de dulces, chicles y productos de confitería que no sean de chocolate	78	6369.946
2014	21 Puebla	311350 Elaboración de chocolate y productos de chocolate	19	2.559
2014	21 Puebla	311930 Elaboración de concentrados, polvos, jarabes y esencias de sabor para bebidas	5	57.844
2014	22 Querétaro	Total estatal	69,022	334841.811
2014	22 Querétaro	31134 Elaboración de dulces, chicles y productos de confitería que no sean de chocolate	14	8.550
2014	22 Querétaro	311350 Elaboración de chocolate y productos de chocolate	5	14.141
2014	22 Querétaro	311930 Elaboración de concentrados, polvos, jarabes y esencias de sabor para bebidas	4	51.548
2014	22 Querétaro	312111 Elaboración de refrescos y otras bebidas no alcohólicas	3	4685.587
2014	23 Quintana Roo	Total estatal	45,488	112853.539
2014	23 Quintana Roo	31134 Elaboración de dulces, chicles y productos de confitería que no sean de chocolate	3	21.107
2014	24 San Luis Potosí	Total estatal	88,154	278396.071
2014	24 San Luis Potosí	31134 Elaboración de dulces, chicles y productos de confitería que no sean de chocolate	66	4799.172
2014	24 San Luis Potosí	311350 Elaboración de chocolate y productos de chocolate	7	121.975
2014	24 San Luis Potosí	311930 Elaboración de concentrados, polvos, jarabes y esencias de sabor para bebidas	7	663.616
2014	24 San Luis Potosí	312111 Elaboración de refrescos y otras bebidas no alcohólicas	13	2513.348
2014	25 Sinaloa	Total estatal	93,242	160131.187
2014	25 Sinaloa	31134 Elaboración de dulces, chicles y productos de confitería que no sean de chocolate	19	5.498
2014	25 Sinaloa	312111 Elaboración de refrescos y otras bebidas no alcohólicas	7	2798.796
2014	26 Sonora	Total estatal	90,642	439968.466
2014	26 Sonora	31134 Elaboración de dulces, chicles y productos de confitería que no sean de chocolate	36	44.807
2014	26 Sonora	311811 Panificación industrial	4	807.050
2014	26 Sonora	312111 Elaboración de refrescos y otras bebidas no alcohólicas	4	2674.820
2014	27 Tabasco	Total estatal	59,973	479509.462
2014	27 Tabasco	31134 Elaboración de dulces, chicles y productos de confitería que no sean de chocolate	15	3.808
2014	27 Tabasco	311930 Elaboración de concentrados, polvos, jarabes y esencias de sabor para bebidas	9	68.990
2014	27 Tabasco	312111 Elaboración de refrescos y otras bebidas no alcohólicas	7	2690.507
2014	28 Tamaulipas	Total estatal	104,334	423644.083
2014	28 Tamaulipas	31134 Elaboración de dulces, chicles y productos de confitería que no sean de chocolate	11	205.074
2014	28 Tamaulipas	311930 Elaboración de concentrados, polvos, jarabes y esencias de sabor para bebidas	4	526.626
2014	28 Tamaulipas	312111 Elaboración de refrescos y otras bebidas no alcohólicas	7	2468.046
2014	29 Tlaxcala	Total estatal	58,245	73902.669
2014	29 Tlaxcala	31134 Elaboración de dulces, chicles y productos de confitería que no sean de chocolate	18	1.601
2014	29 Tlaxcala	311350 Elaboración de chocolate y productos de chocolate	3	0.053
2014	30 Veracruz de Ignacio de la Llave	Total estatal	239,392	674358.791
2014	30 Veracruz de Ignacio de la Llave	31134 Elaboración de dulces, chicles y productos de confitería que no sean de chocolate	69	9.010
2014	30 Veracruz de Ignacio de la Llave	311350 Elaboración de chocolate y productos de chocolate	9	19.140
2014	30 Veracruz de Ignacio de la Llave	311930 Elaboración de concentrados, polvos, jarabes y esencias de sabor para bebidas	8	2259.791
2014	30 Veracruz de Ignacio de la Llave	312111 Elaboración de refrescos y otras bebidas no alcohólicas	16	2070.824
2014	31 Yucatán	Total estatal	98,478	183621.456
2014	31 Yucatán	31134 Elaboración de dulces, chicles y productos de confitería que no sean de chocolate	44	18.312
2014	31 Yucatán	311930 Elaboración de concentrados, polvos, jarabes y esencias de sabor para bebidas	14	357.715
2014	32 Zacatecas	Total estatal	51,864	94345.728
2014	32 Zacatecas	31134 Elaboración de dulces, chicles y productos de confitería que no sean de chocolate	49	392.834

Cuadro 3. Número de unidades económicas en el sector industrial por municipio y entidad.

Año Censal	Entidad	Municipio	Actividad Económica	UE Unidades económicas
2014	04 Campeche	002 Campeche	Total municipal	11,937
2014	04 Campeche	002 Campeche	31 - 33 industrias manufactureras	955
2014	04 Campeche	002 Campeche	311 Industria alimentaria	354
2014	04 Campeche	002 Campeche	312 Industria de las bebidas y del tabaco	38
2014	04 Campeche	002 Campeche	314 Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir	19
2014	04 Campeche	002 Campeche	315 Fabricación de prendas de vestir	117
2014	04 Campeche	002 Campeche	31C Subsectores agrupados por el principio de confidencialidad	9
2014	04 Campeche	002 Campeche	321 Industria de la madera	40
2014	04 Campeche	002 Campeche	322 Industria del papel	12
2014	04 Campeche	002 Campeche	323 Impresión e industrias conexas	66
2014	04 Campeche	002 Campeche	325 Industria química	7
2014	04 Campeche	002 Campeche	326 Industria del plástico y del hule	6
2014	04 Campeche	002 Campeche	327 Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	11
2014	04 Campeche	002 Campeche	332 Fabricación de productos metálicos	193
2014	04 Campeche	002 Campeche	337 Fabricación de muebles, colchones y persianas	50
2014	04 Campeche	002 Campeche	339 Otras industrias manufactureras	33
2014	07 Chiapas	101 Tuxtla Gutiérrez	Total municipal	30,109
2014	07 Chiapas	101 Tuxtla Gutiérrez	31 - 33 industrias manufactureras	2,694
2014	07 Chiapas	101 Tuxtla Gutiérrez	311 Industria alimentaria	886
2014	07 Chiapas	101 Tuxtla Gutiérrez	312 Industria de las bebidas y del tabaco	245
2014	07 Chiapas	101 Tuxtla Gutiérrez	314 Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir	26
2014	07 Chiapas	101 Tuxtla Gutiérrez	315 Fabricación de prendas de vestir	274
2014	07 Chiapas	101 Tuxtla Gutiérrez	316 Curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos	24
2014	07 Chiapas	101 Tuxtla Gutiérrez	31C Subsectores agrupados por el principio de confidencialidad	3
2014	07 Chiapas	101 Tuxtla Gutiérrez	321 Industria de la madera	83
2014	07 Chiapas	101 Tuxtla Gutiérrez	322 Industria del papel	50
2014	07 Chiapas	101 Tuxtla Gutiérrez	323 Impresión e industrias conexas	252
2014	07 Chiapas	101 Tuxtla Gutiérrez	325 Industria química	13
2014	07 Chiapas	101 Tuxtla Gutiérrez	326 Industria del plástico y del hule	19
2014	07 Chiapas	101 Tuxtla Gutiérrez	327 Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	79
2014	07 Chiapas	101 Tuxtla Gutiérrez	332 Fabricación de productos metálicos	522
2014	07 Chiapas	101 Tuxtla Gutiérrez	333 Fabricación de maquinaria y equipo	5
2014	07 Chiapas	101 Tuxtla Gutiérrez	335 Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica	3
2014	07 Chiapas	101 Tuxtla Gutiérrez	336 Fabricación de equipo de transporte	8
2014	07 Chiapas	101 Tuxtla Gutiérrez	337 Fabricación de muebles, colchones y persianas	122
2014	07 Chiapas	101 Tuxtla Gutiérrez	339 Otras industrias manufactureras	80
2014	18 Nayarit	004 Compostela	Total municipal	4,462
2014	18 Nayarit	004 Compostela	31 - 33 industrias manufactureras	423
2014	18 Nayarit	004 Compostela	311 Industria alimentaria	174
2014	18 Nayarit	004 Compostela	312 Industria de las bebidas y del tabaco	32
2014	18 Nayarit	004 Compostela	314 Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir	6
2014	18 Nayarit	004 Compostela	315 Fabricación de prendas de vestir	16
2014	18 Nayarit	004 Compostela	316 Curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos	12
2014	18 Nayarit	004 Compostela	31C Subsectores agrupados por el principio de confidencialidad	3
2014	18 Nayarit	004 Compostela	321 Industria de la madera	20
2014	18 Nayarit	004 Compostela	322 Industria del papel	5
2014	18 Nayarit	004 Compostela	323 Impresión e industrias conexas	10
2014	18 Nayarit	004 Compostela	327 Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	35
2014	18 Nayarit	004 Compostela	332 Fabricación de productos metálicos	67
2014	18 Nayarit	004 Compostela	337 Fabricación de muebles, colchones y persianas	24
2014	18 Nayarit	004 Compostela	339 Otras industrias manufactureras	19
2014	23 Quintana Roo	010 Bacalar	Total municipal	603
2014	23 Quintana Roo	010 Bacalar	31 - 33 industrias manufactureras	75
2014	23 Quintana Roo	010 Bacalar	311 Industria alimentaria	30
2014	23 Quintana Roo	010 Bacalar	312 Industria de las bebidas y del tabaco	5
2014	23 Quintana Roo	010 Bacalar	315 Fabricación de prendas de vestir	4
2014	23 Quintana Roo	010 Bacalar	31C Subsectores agrupados por el principio de confidencialidad	6
2014	23 Quintana Roo	010 Bacalar	321 Industria de la madera	11
2014	23 Quintana Roo	010 Bacalar	332 Fabricación de productos metálicos	9
2014	23 Quintana Roo	010 Bacalar	337 Fabricación de muebles, colchones y persianas	10
2014	30 Veracruz de Igna	102 Martínez de la Torre	Total municipal	4,344
2014	30 Veracruz de Igna	102 Martínez de la Torre	31 - 33 industrias manufactureras	341
2014	30 Veracruz de Igna	102 Martínez de la Torre	311 Industria alimentaria	136
2014	30 Veracruz de Igna	102 Martínez de la Torre	312 Industria de las bebidas y del tabaco	22
2014	30 Veracruz de Igna	102 Martínez de la Torre	314 Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir	4
2014	30 Veracruz de Igna	102 Martínez de la Torre	315 Fabricación de prendas de vestir	17
2014	30 Veracruz de Igna	102 Martínez de la Torre	31C Subsectores agrupados por el principio de confidencialidad	3
2014	30 Veracruz de Igna	102 Martínez de la Torre	321 Industria de la madera	8
2014	30 Veracruz de Igna	102 Martínez de la Torre	322 Industria del papel	7
2014	30 Veracruz de Igna	102 Martínez de la Torre	323 Impresión e industrias conexas	11
2014	30 Veracruz de Igna	102 Martínez de la Torre	327 Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	4
2014	30 Veracruz de Igna	102 Martínez de la Torre	332 Fabricación de productos metálicos	79
2014	30 Veracruz de Igna	102 Martínez de la Torre	333 Fabricación de maquinaria y equipo	3
2014	30 Veracruz de Igna	102 Martínez de la Torre	337 Fabricación de muebles, colchones y persianas	36
2014	30 Veracruz de Igna	102 Martínez de la Torre	339 Otras industrias manufactureras	11

Cuadro 4. Evaluación tecnológica

Parámetros		
0	-	10

1	A1	tec1	Técnica de extracción por agua subcrítica	10	Calificación				
					A1	A2	A1	A2	
1.1			Concordancia de proceso con bases de diseño	10					
1.1.2			Capacidad y factor servicio		8	6	4	0.9796	0.6531
1.1.3			Especificaciones de materias primas		9	9	9	1.6531	1.6531
1.1.4			Especificaciones de productos		9	5	9	0.9184	1.6531
1.1.5			Servicios auxiliares		8	6	8	0.9796	1.3061
1.1.6			Consideraciones de diseño		8	6	7	0.9796	1.1429
1.1.7			Flexibilidad		7	4	7	0.5714	1
1.2			Características relevantes del proceso	8					
1.2.1			Esquema del proceso		9	5	5	0.8491	0.8491
1.2.2			Equipo		10	5	6	0.9434	1.1321
1.2.3			Condiciones de operación		8	7	6	1.0566	0.9057
1.2.4			Rendimientos		8	4	8	0.6038	1.2075
1.2.5			Características especiales de los productos		9	7	9	1.1887	1.5283
1.2.6			Pre o post tratamientos necesarios		9	4	8	0.6792	1.3585
1.3			Actualización del proceso	7	9	9	8	11.571	10.286
1.4			Flexibilidad del proceso	8					
1.4.1			Materia prima		8	5	5	1.25	1.25
1.4.2			Capacidad de operación		8	8	8	2	2
1.4.3			Automatización		8	8	8	2	2
1.4.4			Efecto en la inversión y en gastos de operación		8	7	7	1.75	1.75
1.5			Consumo de materias primas	8	1	7	6	7	6
1.6			Consumo de servicios auxiliares	8	1	7	7	7	7
1.7			Consumo de químicos y catalizadores	8	1	5	6	7	6
1.8			Mano de obra requerida	4					
1.8.1			Operación		10	8	7	4.7059	4.1176
1.8.2			Mantenimiento		7	5	5	2.0588	2.0588

Continuación de cuadro 3

1.9		Tratamiento de efluentes		6					
1.91		Sistemas de tratamiento			9	8	8	8	8
1.1		Impacto ecológico de la tecnología		7	1	7	7	0.5833	0.5833
1.11		Riesgos implícitos en la tecnología y sistemas de seguridad		5	1	5	4	0.4167	0.3333
2		Evaluación de aspectos técnicos complementarios	8						
2.1		Calidad de la información técnica suministrada		6	7	3	6	3	6
3		Evaluación económica financiera	10						
3.1		Inversión en terreno, edificios, materiales y equipo		8	4	5	5	5	6
4		Evaluación de aspectos plausibles	7						
4.1		Criterios tecnológicos		7					
4.2		Disponibilidad de la tecnología (nacional o extranjera)			7	7	7	2.45	2.45
4.3		Sensibilidad de la escala			6	6	6	1.8	1.8
4.4		Impacto ecológico de la tecnología			7	6	7	2.1	2.45
5		Aspectos técnicos y estratégicos	9						
5.1		Usar tecnología de punta		8	8	7	7	7	7
6		Aspectos normativos	8						
6.1		Reglamentos sobre seguridad e higiene		7	1	7	7	0.7778	0.7778
6.2		Normas sobre manejo de sustancias peligrosas		8	8	8	8	7.1111	7.1111
		TOTAL						6673.4	6863.9

ANEXO 2

CONSIDERACIONES

Se realizaron las siguientes consideraciones necesarias para el desarrollo de este trabajo.

No se encontraron datos sobre la cantidad de Rebaudiósido A que se consume en México, por lo que se tomó como referencia la producción anual de la planta Stevia en el país, para cubrir alrededor del 10% del mercado que utiliza este tipo de productos.

El contenido de Rebaudiósido A en la planta Stevia varía de acuerdo con su especie. En los registros sobre la producción de Stevia que existe en el país, no se presenta el tipo de especie que se cultiva por región, por lo que se considera un promedio de las cantidades de Rebaudiósido A en las distintas variedades de Stevia registradas, esto resulta en un contenido de 5.5 % de Rebaudiósido A.

En las etapas del proceso en donde se evapora, se considera la recuperación de las soluciones para volverse a utilizar posteriormente, en estos casos se consideró una pérdida del 4% para el agua y 15% para el etanol, considerando fugas a la atmosfera.

Como parte de un diseño preliminar, se realizó el dimensionamiento de los tanques de acuerdo con la máxima capacidad que manejan durante el proceso y utilizando una relación de 2 o 3 como máxima entre las medidas de diámetro y altura.

En el caso de las bombas, se consideró una potencia de 1/4 Hp por tratarse de flujos pequeños, excepto en la bomba (B-001), la cual requiere de una mayor potencia.

En la evaluación económica no se consideran costos administrativos tales como mobiliario de oficina, amenidades, salario, etc. Debido al tamaño de la inversión que se requiere para el proyecto y el rango de estimación con el que se calculó, este costo no tiene un impacto considerable dentro los costos totales.

Por otro lado, no se consideran los ingresos por la posible venta de subproductos como son los residuos tratados, debido a que no están considerados dentro de los objetivos del proyecto.

En el estado de resultados que se muestra para este trabajo, se consideró la venta total del producto por año durante la vida del proyecto, debido a que se trata de una proyección, la cual no cuenta con ningún historial de venta.

Para el cálculo del VNP, se consideró una tasa de interés del 14.5%, para esto se consultó la tasa interbancaria y se adiciono un factor de riesgo de 7 puntos.