

**Alternativa para el Tratamiento de las Aguas Residuales de la Agroindustria del Bocadoillo,
en la Fábrica “Productos El Durazno” del Municipio de Vélez – Santander.**

Adriana Alexandra Aparicio Ariza, Cesar Augusto Quiroga Jaimes

Trabajo de Grado para Optar el Título de Especialista en Ingeniería Ambiental

Director

Fredy Alonso Zafra

Biólogo

MSc. Microbiología Avanzada

**Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ingenierías Físico-químicas
Escuela de Ingeniería Química
Especialización en Ingeniería Ambiental
Bucaramanga**

2018

A Dios por darme la valentía de embarcarme en esta experiencia y las capacidades para salir adelante.

A mi madre, Rosa, por acompañarme siempre, por ser mi pedacito de cielo, porque sin su apoyo no hubiese podido estudiar este posgrado. Gracias mami por tus silenciosas pero significativas muestras de amor.

A mi padre por darme el empujón que necesitaba para decidirme a continuar estudiando.

A mi compañero de vida, Edinson, por motivarme a ser mejor cada día, por no cortarme las alas y por apoyarme aun cuando pensaba que no era el momento.

A mis compañeros de la especialización, calidad de personas... Espero verlos pronto.

Adriana Alexandra Aparicio Ariza

AGRADECIMIENTOS

Especial agradecimiento a la Fabrica Productos El Durazno, por permitirnos utilizar sus instalaciones como objeto de estudio.

A los profesores de la Especialización en Ingeniería Ambiental por darnos las herramientas para desarrollar esta monografía.

Tabla de contenido

Introducción	15
1. Planteamiento del problema.....	18
2. Objetivos	19
2.1. Objetivo General	19
2.2. Objetivos Específicos	19
3. Marco teórico	20
3.1. Localización del municipio de Vélez	20
3.2. Caracterización biofísica del municipio de Vélez.....	21
3.2.1. Geología y geomorfología	21
3.2.2. Hidrología	22
3.2.3. Clima.....	23
3.2.4. Vegetación y coberturas vegetales.....	24
3.3. Caracterización del sistema productivo del bocadillo veleño	25
3.3.1. La agroindustria del bocadillo	25
3.4. Fábrica de bocadillos Productos El Durazno	34
3.4.1. Procesos administrativos.....	35
3.4.2. Procesos operativos.....	36
3.5. Manejo de residuos.....	41
3.5.1. Residuos sólidos.....	41
3.5.2. Emisiones atmosféricas.....	42
3.5.3. Residuos líquidos	43
4. Marco normativo.....	44

5.	SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.	47
5.1.	Etapas del tratamiento de aguas residuales	47
5.1.1.	Tratamiento preliminar o primario.....	47
5.1.2.	Tratamiento secundario.....	47
6.	Vertimientos de la industria del bocado	50
6.1.	Análisis de agua residual de la producción de bocado	51
6.2.	Análisis de la oferta de sistemas de tratamiento	52
6.2.1.	Sistema (COLEMPAQUES).....	53
6.2.2.	Sistema (ROTOPLAST)	54
6.2.3.	Sistema (EDUARDOÑO).....	56
6.2.4.	Sistema (NyF SINERGY Colombia).....	58
6.2.5.	Sistema (FIBRAS Y NORMAS DE COLOMBIA S.A.S.)	59
6.2.6.	Sistema EDOSPINA	61
6.3.	Análisis de las alternativas	62
7.	Conclusiones.....	64
8.	Recomendaciones	65
	Referencias Bibliográficas	67

Lista de tablas

Tabla 1. Características del clima en Vélez	24
Tabla 2. Clasificaciones Climáticas del municipio de Vélez.....	24
Tabla 3. Listado de especies de flora presentes en el municipio de Vélez, Santander.	25
Tabla 4. Cantidad de riego según edad de la planta.....	28
Tabla 5 . Taxonomía del bijao	30
Tabla 6. Marco normativo.....	44
Tabla 7 . Consumo de agua en los procesos de elaboración de bocadillo	50
Tabla 8 Comparación entre los valores permitidos y los obtenidos del análisis del agua residual	51
Tabla 9. Eficiencia requerida del sistema de tratamiento para cumplir con la resolución 631 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.....	52
Tabla 10. Descripción del sistema COLEMPAQUES.....	54
Tabla 11. Descripción del sistema ROTOPLAST	56
Tabla 12. Descripción del sistema Eduardoño.....	57
Tabla 13. Descripción del sistema NyF	58
Tabla 14. Descripción del sistema Fibras y Normas.....	60
Tabla 15. Descripción sistema de tratamiento EDOSPINA	61
Tabla 16. Comparativo de Alternativas de PTAR	62
Tabla 17. Criterios a evaluar.....	63
Tabla 18. Matriz de priorización.....	64
Tabla 19. Análisis de la eficiencia de la alternativa escogida COLEMPAQUES	64

Lista de figuras

Figura 1. Municipios autorizados para la producción de bocadillo veleño. Adaptado de: Fedeveleños.....	16
Figura 2. Ubicación geográfica de Vélez en el departamento de Santander Adaptado de: Sitio web (Municipio de Vélez, s.f.).....	20
Figura 3 Piezometría e Hidrografía del casco urbano del municipio de Vélez.	23
Figura 4. Árbol de guayaba.....	25
Figura 5. Cultivo de guayaba vereda La Capilla Vélez, Santander.	27
Figura 6 Presentación del Bocadillo Veleño: empacado en hoja de bijao y caja de madera.	28
Figura 7 Tipos y medidas de bocadillo veleño	29
Figura 8. Planta de Bijao <i>Calathea lutea (Aubl.) E. Mey. ex Schult</i>	30
Figura 9 . Etapas del procesamiento de la hoja de bijao.	32
Figura 10. Ubicación de la fábrica de bocadillos el durazno.....	34
Figura 11 Estructura Organizacional Fabrica Productos El Durazno.....	35
Figura 12. Proceso productivo del bocadillo veleño.....	36
Figura 13 . Canastilla de guayaba	37
Figura 14. Leña y carbón usados en las calderas	37
Figura 15. Lavado y selección de la fruta	38
Figura 16. Despulpadora.....	38
Figura 17. Pulpa de guayaba.....	38
Figura 18. Azúcar para el proceso	39
Figura 19. Marmitas.....	39
Figura 20. Caldera.....	40

Figura 21. Pasta de guayaba.....	40
Figura 22. Moldes de enfriamiento.....	40
Figura 23. Corte	40
Figura 24 Empaque manual	40
Figura 25. Empaque automático	40
Figura 26. Cajitas de madera	41
Figura 27. Almacenamiento.....	41
Figura 28. Sistema de tratamiento de agua residual marca COLEMPAQUES Fuente: Página web Colempaques.....	53
Figura 29. Sistema de tratamiento de agua residual marca ROTOPLAST Fuente: Página web Rotoplas	55
Figura 30. Etapas que componen el sistema de tratamiento Eduardoño.....	56
Figura 31. Sistema de agua residual marca EDUARDOÑO Adaptado de: Página web Eduardoño	57
Figura 32. Sistema de agua residual marca NyF de Colombia Adaptado de: Página web NyF Colombia.....	59
Figura 33. Sistema de tratamiento marca FIBRAS Y NORMAS Fuente: Página web Fibras y Normas	60
Figura 34. sistema de tratamiento EDOSPINA Adaptado de: Página web Edospina	62

Lista de apéndices

Apéndice A: información complementaria de la guayaba y la hoja de bijao 69

Apéndice B: Mapas 83

RESUMEN

TÍTULO: ALTERNATIVA PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA AGROINDUSTRIA DEL BOCADILLO, EN LA FÁBRICA “PRODUCTOS EL DURAZNO” DEL MUNICIPIO DE VÉLEZ – SANTANDER.*

AUTORES: Adriana Alexandra Aparicio Ariza – Cesar Augusto Quiroga Jaimes**

PALABRAS CLAVE: Bocadoillo veleño, Contaminación ambiental, Tratamiento de agua residual, eficiencia.

DESCRIPCIÓN:

En la Provincia de Vélez, Santander existen aproximadamente 100 empresas dedicadas al procesamiento de la Guayaba tipo regional para la producción de Bocadoillo Veleño, especialmente en los municipios de Vélez, Barbosa, Guavatá, Puente Nacional y Monquirá. Durante el año se producen unas 25.000 toneladas de bocadoillo, utilizando aproximadamente unos 380.000 m³ de agua, de los cuales el 62% termina convertida en agua residual y vertida a las fuentes hídricas sin ningún tratamiento, puesto que la mayoría de estos municipios no cuentan con una planta municipal de tratamiento de aguas residuales.

En Colombia se debe cumplir con la Resolución 631 del 17 de marzo de 2015, expedida por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, la cual establece los límites máximos permisibles de los contaminantes en el agua residual, para que pueda ser vertida en las fuentes hídricas naturales, de tal manera que se controlen los vertimientos de las industrias y se eviten los impactos negativos causados en el ambiente por causa de la contaminación generada en sus procesos.

En ese orden de ideas, se realizó un análisis preliminar de las posibles soluciones de tratamiento a las aguas residuales provenientes de la industria del bocadoillo, localizada específicamente en el municipio de Vélez, tomando como base el estudio de un vertimiento puntual realizado en la fábrica Productos El Durazno.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: Fredy Alonso Zafra. MSc. Microbiología Avanzada

ABSTRACT

TITLE: ALTERNATIVE FOR WASTEWATER TREATMENT OF BOCADILLO'S AGRO-INDUSTRY, IN "PRODUCTOS EL DURAZNO" FACTORY LOCATED IN VELEZ - SANTANDER.*

AUTHORS: Adriana Alexandra Aparicio Ariza – Cesar Augusto Quiroga Jaimes**

KEYWORDS: Bocado Veleño, Environment contamination, Wastewater treatment, Efficiency.

DESCRIPTION:

In Velez Province, Santander, there is around 100 factories dedicated to process regional type guava to produce Bocado Veleño, especially in followed municipalities Velez, Barbosa, Guavatá Puente Nacional y Monquirá.

A round 25.000 ton are produced per year using almost 380.000 m³ of water; from these water, 62 % is converted in wasted water and is poured into rivers without any treatment. The main problema is that none of those municipalities count with a wastewater treatment plant.

In Colombia, industries must comply with resolution number 631 from march 17th, 2015 issued by Ministry of Environment and Sustainable Development, which establishes the maximum permissible limits of contaminants in wastewater, in order to be discharged into natural water sources. This policy controls the negative impacts in the environment caused by industry processes.

Taking into account the aforementioned, a preliminary analysis was development about possible treatments of wastewater from Bocado industry, located in Velez mincipality, taking as study baseline a punctual discharge of "Productos El Durazno" factory.

* Graduation project

** Facultad de Ingenierías Fisico-Químicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: Fredy Alonso Zafra. MSc. Microbiología Avanzada

Introducción

El bocadillo veleño es uno de los dulces artesanales de mayor importancia y reconocimiento en el país. Se llama “veleño” debido a que se produce principalmente en la provincia de Vélez, Santander e incluye a la provincia del bajo Ricaurte, Boyacá. La (Superintendencia de Industria y Comercio, 2017) mediante resolución No. 35076 del 15 de junio de 2017 declaró oficialmente la Denominación de Origen Protegida (DOP)¹ al bocadillo veleño, y mediante resolución No. 35673 del 16 de junio de 2017 precisó que la única zona geográfica que puede producirlo es la delimitada por los municipios (ver figura 1): Vélez, Barbosa, Guavatá, Puente Nacional, Moniquirá, excluyendo al municipio de Jesús María, aclarando que éste solo cultiva y produce la guayaba roja y blanca, que son materias primas del bocadillo, pero no lo producen.

La cadena de valor del bocadillo veleño está compuesta por varios eslabones para su producción: Los cultivadores y productores de guayaba, los productores de bocadillo, los productores y procesadores de la hoja de bijao y los elaboradores de la cajita de madera donde van empacados para su comercialización. Todos estos eslabones se enlazan para conformar una industria sólida que le permite a la gente de la región trabajar de manera asociativa y continuar con la tradición.

En los municipios de Vélez, Babosa, Guavatá y Puente Nacional existen 64 empresas que se dedican a la producción de Bocadillo, y en Moniquirá se ubican otras 16, para un total de 80 empresas dedicadas a esta labor (Superintendencia de Industria y Comercio, 2017), las cuales

¹ Denominación de Origen Protegida (DOP): nombre o indicación de un lugar geográfico, que puede ser un país o región determinada, que designa un producto que por ser originario de dicha región y por las costumbres de producción o transformación de sus habitantes, tiene unas características y/o reputación que lo hacen diferente de los productos semejantes provenientes de otros lugares geográficos. [2]

generan 1300 empleos directos y 4.700 empleos indirectos al año, y producen 25.000 toneladas de bocadillo al año, consumiendo para esto un promedio de 46.800 toneladas de guayaba.



Figura 1. Municipios autorizados para la producción de bocadillo veleño.
Adaptado de: Fedeveleños.

De igual manera, en este proceso de transformación de la guayaba en bocadillo, se producen sustancias de desecho: aguas residuales domésticas e industriales, residuos sólidos y emisiones atmosféricas producto del proceso de combustión para la cocción de la pulpa en la caldera.

En promedio, las 80 empresas productoras requieren diariamente un caudal de 12,1 L/s de agua. De esta cantidad de agua, el 62,5% se convierten en agua residual que van a parar, a sistemas de tratamiento convencionales rudimentarios, como son los pozos sépticos, que en la mayoría de los casos ya están colmatados y no cumplen con su función. Un panorama similar se presenta en lo correspondiente a las emisiones atmosféricas, resultado de la utilización de carbón, madera y otros combustibles para el proceso de cocción de la pulpa de guayaba en las calderas; estos materiales generan material particulado y gases de efecto invernadero como son el NO_x, CO_x

y SOx. Una alternativa menos contaminante es la utilización de gas natural como combustible, pero en la actualidad no se cuenta con la infraestructura local de redes de transporte y distribución de gas natural, ya que el “city gate” más cercano está ubicado en el municipio de Guavatá (a 15 km de Vélez), y no se ha contado con la inversión de una empresa de servicios públicos para la construcción de las redes domiciliarias del casco urbano y de la zona rural de la vereda los guayabos, donde se concentran la fábricas de bocadillos. De igual manera, en el aspecto atmosférico, los sistemas de tratamiento de gases para disminuir la emisión de material particulado también son costosos (filtros de mangas, ciclones, precipitadores electrostáticos o hidrostáticos, etc).

Los residuos sólidos generados en la industria de bocadillo tienen otro panorama pues la empresa de servicios públicos domiciliarios de cada municipio se encarga de su recolección, tratamiento y disposición final y a cada usuario o empresa de bocadillo le llega su factura o recibo de cobro por este servicio.

En ese orden de ideas, se hace necesario estudiar e implementar algunas acciones que le permitan a la industria del bocadillo veleño fortalecer la sostenibilidad de sus procesos, reduciendo la contaminación, sin afectar la esencia artesanal del producto. En el presente documento se realiza un análisis enfocado en el agua residual de este proceso industrial, tomando como caso de estudio la fábrica “Productos El Durazno”, con el fin de proponer alternativas de tratamiento que mitiguen el potencial impacto ambiental de los vertimientos.

1. Planteamiento del problema

Para producir 25.000 toneladas de Bocado Veleño, se consumen aproximadamente 46.800 toneladas de guayaba al año y se requieren alrededor de 381.720 m³ de agua al año, de las cuales 238.320 m³ se convierten en aguas residuales, que en la mayoría de los casos son vertidas a las fuentes hídricas sin ningún tipo de tratamiento.

Específicamente, para el municipio de Vélez, la problemática radica principalmente en la falta de una planta de tratamiento de aguas residuales, domésticas e industriales, dificultando la gestión de los residuos líquidos. Dentro del Plan de Desarrollo del municipio 2016-2019 (Alcaldía municipal de Vélez, 2016), se contempla la construcción de una PTAR, con el fin de que existan unas mejores condiciones tanto ambientales como a nivel de salud pública para toda la población Veleña. Sin embargo, mientras esa proyección se materializa, las industrias de la región no tienen otro remedio que seguir vertiendo sus residuos líquidos en las fuentes hídricas aledañas. Con relación a este tema, en Colombia se debe cumplir con la Resolución 631 del 17 de marzo de 2015 emitida por el (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015), la cual establece los límites máximos permisibles de los contaminantes en el agua residual, para que pueda ser vertida en las fuentes hídricas naturales. En ese orden de ideas, se propone, en el marco de una monografía, discutir de manera preliminar las posibles soluciones a esta problemática ambiental, tomando como caso de análisis una fábrica de bocadillos llamada “Productos El Durazno”, la cual realiza el vertimiento de sus residuos líquidos a la fuente hídrica Quebrada La Lajita, lo que constituye una amenaza para el ecosistema y un riesgo para los seres vivos que habitan en la zona.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Proponer una alternativa para el tratamiento de las aguas residuales de la agroindustria del Bocado, en la fábrica “Productos El Durazno” del municipio de Vélez – Santander.

2.2. Objetivos Específicos

- Identificar el área de influencia que presenta afectación con los vertimientos de la fábrica de bocado “Productos El Durazno”.
- Estimar el aporte de DBO5, DQO, SST y SSED a las fuentes hídricas, provenientes de la fábrica “El Durazno”.
- Proponer alternativas de tratamiento de aguas residuales agroindustriales diferentes al vertimiento directo.
- Definir la mejor opción a implementar en el tratamiento de las aguas residuales provenientes de la fábrica de bocado “El Durazno”.

3. Marco teórico

3.1. Localización del municipio de Vélez

El municipio de Vélez se encuentra ubicado en el departamento de Santander, y es conocida como la “capital folclórica de Colombia”, debido a que en ella se guarda la tradición más autóctona del país (Municipio de Vélez, s.f.).



Figura 2. Ubicación geográfica de Vélez en el departamento de Santander
Adaptado de: Sitio web (Municipio de Vélez, s.f.)

El Municipio de Vélez se encuentra ubicado al sur del departamento de Santander, forma parte la provincia de Vélez, se localiza entre las coordenadas planas: $X = 1.147.000$ m.N a la $X = 1.217.000$ m.N. y las coordenadas $Y = 1.030.000$ m.E a la $Y = 1.055.000$ m.E. La Cabecera municipal se encuentra localizada geográficamente a $6^{\circ}01'$ latitud norte y $73^{\circ}41'$ de longitud al oeste con respecto al meridiano de Greenwich; El municipio limita, territorialmente de acuerdo con la división política administrativa del departamento, por el norte con el municipio

de Puerto Parra y Simacota, por el Oriente con Santa Helena del Opón, La Paz, Chipatá y Güepsa, por el sur – occidente con Barbosa, y al sur Oriente con Guavatá; al Occidente con los municipios de Bolívar y Landázuri. Presenta límites físicos naturales representados al Norte y oriente con el río Opón que lo delimita con los municipios de Simacota y Santa Helena del Opón, al oriente con el río Quiratá, que lo separa del municipio de la Paz; con el municipio de Chipatá lo delimita la Loma Alta, La Cuchilla, el boquete de Jaime; al oriente y suroriente la Quebrada Ropero lo limita de Güepsa y Barbosa; al suroccidente, la Quebrada Sacana, la Quebrada Canoas y Ceniza lo separan de Guavatá; al occidente con el municipio de Bolívar lo delimita las Quebradas Honda, Bohórquez, el Río Aguamiel y la Quebrada Amarillo, mientras que, con el Municipio de Landázuri, lo delimita el Río Blanco en algunas secciones de su curso y la Quebrada Larga.

3.2. Caracterización biofísica del municipio de Vélez

3.2.1. Geología y geomorfología. La cabecera urbana del municipio de Vélez se encuentra ubicada en territorio localizado al sur del departamento de Santander, donde superficialmente aflora una cobertura mesozoica constituida por rocas sedimentarias, estratificadas casi horizontalmente que, por levantamiento tectónico, acompañado de importantes plegamientos, se manifiestan en el relieve en forma de sucesión de anticlinales y sinclinales, mostrando toda una individualización de grandes geoformas propias de estos contextos.

Ellas son las mesas y mesetas, cuando la estratificación de esa cobertura es aproximadamente horizontal y de cuestras cuando la estratificación ha quedado suficientemente inclinada, en este último caso mostrando un frente estructural escarpado (frente de cuesta), seguido en su parte trasera por un largo espaldón o reverso de poca pendiente, en el que los suelos afrontan su

normal proceso de formación, territorio que se conoce como una superficie estructural, en tanto que lateral y frontalmente estas estructuras suelen mostrar sus escarpes estructurales laterales, donde es clara su disposición estratigráfica. Superficialmente estas grandes geoformas están afectadas por los procesos de meteorización y formación de suelos, tanto de los llamados residuales (subsuelo) como los superficiales de interés edafológico invadibles por la vegetación, incluidos los procesos de erosión y destrucción del relieve, función de los mecanismos climáticos e hidrológicos a los que están sometidos. Estas son las características generales que se observan en estas grandes geoformas, particularmente en el cinturón de mesas y cuevas que recorre de norte a sur, el centro del territorio santandereano (Universidad Industrial de Santander, 2015).

3.2.2. Hidrología. El municipio de Vélez hace parte de la cuenca del río Suárez, que pertenecen a la gran cuenca del Magdalena.

El río Suárez nace en la Laguna de Fúquene en los límites de los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, a una altura de 3000 m.s.n.m., su cuenca posee una extensión de 9823 km² de los cuales a Santander le corresponde el 35,25%. Su caudal medio multianual es de 195 m³/s aproximadamente (Universidad Industrial de Santander, 2015).

El tipo de drenaje que presenta el municipio de Vélez es subdendrítico. Las principales fuentes que forman unidades hidrológicas son: La Quebrada la Gachita, La Quebrada las Flores, La Quebrada el Palenque Alto, La Quebrada el Palenque Bajo, La Quebrada Las Lajitas, La Quebrada de Oriente, Canal de Aguas Servidas y La Quebrada Las Flores.

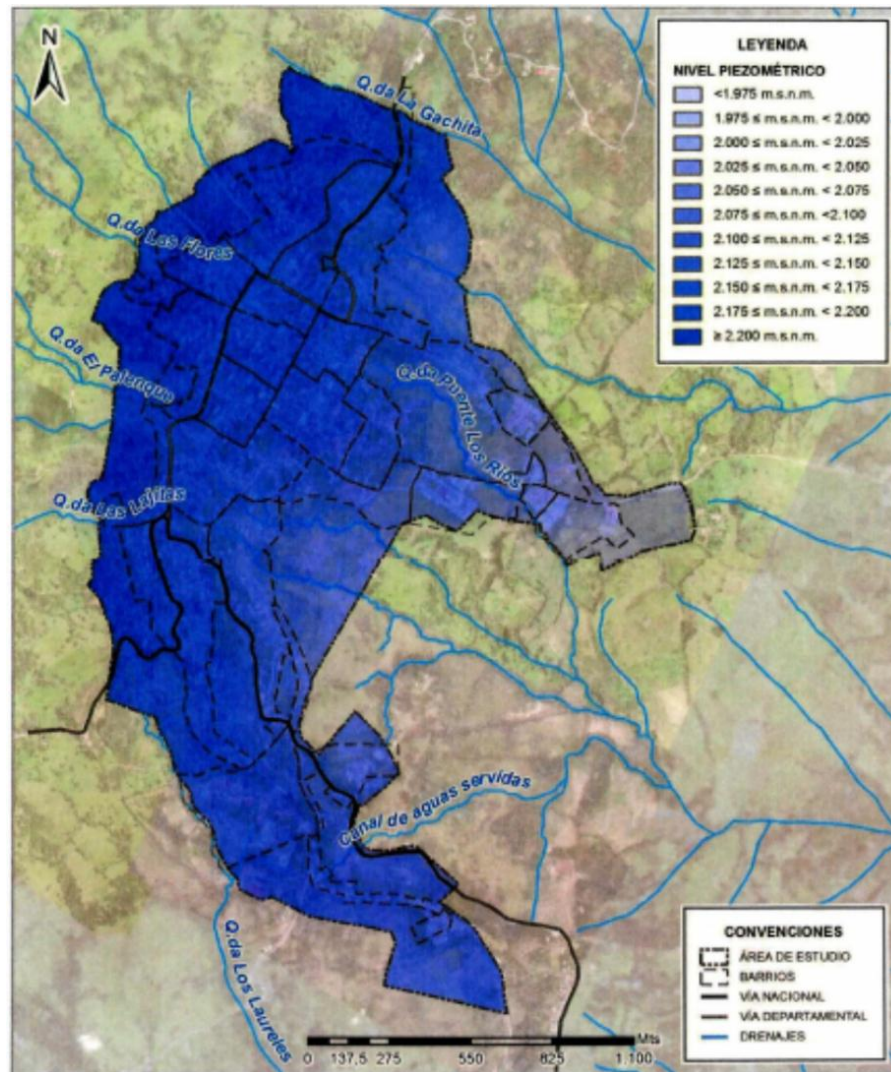


Figura 3 Piezometría e Hidrografía del casco urbano del municipio de Vélez.
Adaptado de: Estudio de Amenaza y Vulnerabilidad del Municipio de Vélez (Universidad Industrial de Santander, 2015)

3.2.2. Clima. El clima de municipio de Vélez está determinado por sus características orográficas, altitudinales y los factores climáticos.

El casco urbano del municipio de encuentra a una altura de 2.100 msnm. En la Tabla 1 se lista la clasificación climática según los diferentes autores y en la Tabla 2 se describen las características climáticas del municipio.

Tabla 1. Características del clima en Vélez

Característica	Descripción
Precipitación	La pluviosidad es del orden de 2000 mm/año y se presenta en un régimen bi-modal, con épocas de lluvias entre los meses de marzo a junio y de septiembre a noviembre.
Temperatura.	La Temperatura media anual del municipio de Vélez en su cabecera municipal es de 16 °C a 17 °C.
Evaporación.	La Evaporación media mensual es de 92 mm.
Humedad Relativa.	La humedad relativa media anual es de 88.3%.
Evapotranspiración	La ETP media anual es de 1017,2 mm año.

Tabla 2. Clasificaciones Climáticas del municipio de Vélez.

AUTOR	CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA
CALDAS - LANG	Frio - Húmedo
LANG	Húmedo
HOLDRIDGE	Frio - Húmedo
MARTONE	Húmedo

Adaptado de: página web IDEAM

3.2.3. Vegetación y coberturas vegetales. La provincia de Vélez tiene territorios en diferentes pisos altitudinales que oscilan desde los 200 msnm hasta los 3.000 msnm. El casco urbano del municipio de Vélez se encuentra a 2100 msnm, por su biotemperatura (16 °C) y precipitación (2000 mm/año) se enmarca una zona de vida, según Holdridge, de bosque húmedo Montanobajo (bh-MB) (Universidad Industrial de Santander, 2015).

Por ser el área en donde la población se ha establecido desde hace muchos años, se ha perdido parte de su composición original debido a la acción antrópica en la zona, posiblemente por tala selectiva de especies maderables, poniendo en peligro la fauna asociada a este bioma. Algunos árboles alcanzan los 30 m, como también la existencia de arbolitos y arbustos que poseen abundantes musgos y líquenes, al igual gran cantidad de epífitas que ayudan en la conservación del sotobosque. En las partes planas y onduladas los cultivos han reemplazado al bosque natural

y en los terrenos pendientes la ganadería ocupa lo que antiguamente cubría la vegetación natural. Las principales especies arbóreas y arbustivas presentes en el municipio de Vélez son:

Tabla 3. Listado de especies de flora presentes en el municipio de Vélez, Santander.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA
ACACIO	<i>Acacia sp.</i>	MIMOSACEAE
ALISO	<i>Alnus jorullensis</i>	BETULIACEAE
ENCENILLO	<i>Weinmannia sp.</i>	CUNONIACEAE
CUCHARO	<i>Rapanea guianensis</i>	MYRSINACEAE
CEDRO	<i>Cedrella montana</i>	MELIACEAE
GAQUE	<i>Clussia multiflora</i>	CLUSIACEAE
YATAGO	<i>Trichanthera gigantea</i>	ACANTHACEAE

3.3. Caracterización del sistema productivo del bocadillo veleño

3.3.2. La agroindustria del bocadillo

3.3.2.1. Descripción de la especie *Psidium guajava* L.

a) Generalidades



Figura 4. Árbol de guayaba

La guayaba o guayabos (*Psidium guajava* L) son la principal materia prima en la preparación del bocadillo Veleño. Dentro de su género existen unas cien especies de arbustos tropicales y árboles pequeños en la familia Myrtaceae, nativas del Caribe, América Central, América del Norte y el Norte de Sudamérica. Las hojas son opuestas, simples, elípticas a ovaladas, de 5 a 15 cm de largo. Las flores son blancas, con cinco pétalos y numerosos estambres. La fruta es

comestible, redonda o en forma esférica, entre 3 a 10 cm de diámetro (hasta 12 cm en cultivos selectos).

Tabla 2. Ubicación Taxonómica de la guayaba

Clasificación científica	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Myrtales
Familia	Myrtaceae
Género	Psidium
Especie	Psidium guajava L
Sinonimia	
<i>Myrtus guajava</i> (L.) Kunze 1898	
<i>Psidium cujavus</i> L. 1754.	
<i>Psidium pomiferum</i> L. 1762.	
<i>Psidium pyriferum</i> L. 1762.	
<i>Psidium cujavillus</i> Burm.f. 1768.	
<i>Psidium angustifolium</i> Lam. 1789.	
<i>Psidium pumilum</i> Vahl 1791.	
<i>Psidium vulgare</i> Rich. 1792.	
<i>Psidium sapidissimum</i> Jacq. 1798.	
<i>Psidium pumilum</i> var. <i>guadalupense</i> DC. 1828.	
<i>Psidium aromaticum</i> Blanco 1837, nom. Illeg.	
<i>Psidium pyriferum</i> var. <i>glabrum</i> Benth. 1840.	
<i>Psidium fragrans</i> Macfad. 1850.	
<i>Psidium intermedium</i> Zipp. ex Blume 1850.	
<i>Psidium prostratum</i> O.Berg 1856.	
<i>Guajava pumila</i> (Vahl) Kuntze 1891.	
<i>Guajava pyrifer</i> (L.) Kuntze 1891.	
<i>Syzygium ellipticum</i> K.Schum. & Lauterb. 1900.	
<i>Psidium igatemyense</i> Barb.Rodr. 1903.	

Tiene una corteza delgada y delicada, color verde pálido o amarillo en la etapa madura en algunas especies; su pulpa es cremosa de color blanco o anaranjado, con muchas semillitas duras y un fuerte aroma característico. La guayaba se caracteriza por ser una buena fuente de vitaminas A, B y C. En la tabla 1 se describe su clasificación taxonómica. El Anexo 1 contiene información complementaria de la planta de la guayaba.

b) Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de la guayaba

Temperatura: La temperatura óptima para el desarrollo del guayabo oscila entre 23 °C a 30 °C. En general, la guayaba tiene una amplia adaptación en cuanto a las temperaturas. No obstante, no se desarrolla adecuadamente si las temperaturas medias en verano son inferiores a los 16°C y por debajo de 3 °C resultan perjudiciales para la planta.

Humedad: El rango de humedad relativa puede oscilar entre el 37 % y el 96%. Un exceso de humedad durante la etapa de maduración del fruto puede provocar la pudrición de los mismos.

Luz: La guayaba requiere para su desarrollo la exposición de radiación solar directa.



Figura 5. Cultivo de guayaba vereda La Capilla Vélez, Santander.

Sustrato: La guayaba se adapta a una amplia gama de suelos. Sin embargo, se desarrolla mejor en suelos húmedos, profundos, ricos en materia orgánica y con buena capacidad de drenaje. Por otro lado, tolera suelos con un pH de 4,5 a 8,2, siendo el ideal el comprendido entre 6 y 7.

Riego: La aplicación de riego, generalmente por goteo, resulta fundamental para una buena producción. En general, se recomienda el riego distribuido a lo largo del ciclo de cultivo de la siguiente forma:

Tabla 4. Cantidad de riego según edad de la planta

Año de plantación	Dotación de riego (m ³ /ha)
1	250 – 380
2	280 – 480
+	310 – 570

La floración es la etapa más crítica, reduciendo la dotación de riego durante la maduración, ya que el exceso de agua puede perjudicar a la producción.

3.3.2.2. Descripción general del bocadillo veleño.



Figura 6 Presentación del Bocadillo Veleño: empacado en hoja de bijao y caja de madera.

El Bocadillo es una pasta o conserva, resultante de la mezcla de la pulpa de guayabas maduras y azúcar. La pulpa es refinada y homogeneizada en un tamiz, empacada higiénicamente para su preservación. Esta mezcla, mediante cocción, logra una contextura dura y un color rojo brillante. Tradicionalmente tiene forma de pequeños bloquitos con dos bandas delgadas de pasta clara, elaboradas con guayaba blanca, y una banda gruesa central de pasta roja, elaborada con guayaba roja, con una consistencia tal que una vez fría pueda cortarse sin perder su forma.

Como parte del proceso de denominación de origen, el bocadillo veleño debe tener unas características estandarizadas que todos los fabricantes incluidos, deben cumplir. En la figura 7

se explica detalladamente las características del bocadillo veleño, que tradicionalmente es empacado individualmente en hojas de bijao, las cuales conservan el producto y le dan un aroma y un gusto característico, con una concentración mínima en la pasta de 75° Brix², además debe estar libre de partículas extrañas y sin señales de resequeidad o revenimiento.



Figura 7. Tipos y medidas de bocadillo veleño
Adaptado de: Fedeveleños

3.3.2.3. Descripción de la hoja de bijao.

a) Generalidades

A la especial formulación del bocadillo veleño, este empaque le aporta unas características de sabor y olor especialmente agradables, que le imprimen un sello distintivo que lo convierten en uno de los productos tipo exportación más apetecidos. A pesar de la importancia de este empaque para la industria bocadillera, y para las 3.500 familias que en Santander obtienen su

² Los grados Brix proporcionan una medida objetiva de la concentración de azúcar disuelto en un producto y da la idea del nivel de dulzura el mismo.

sustento de este oficio, se ha estudiado poco sobre el cultivo, procesamiento y comercialización de la hoja de bijao, de forma tal que en la actualidad es una labor muy rudimentaria.



Figura 8. Planta de Bijao *Calathea lutea* (Aubl.) E. Mey. ex Schult

Estos baches de conocimiento sobre el cultivo, procesamiento y comercialización del bijao repercuten en la calidad del empaque obtenido e incrementan el costo económico y ambiental, así como el esfuerzo y la afectación en la salud de las personas dedicadas a esta actividad.

Tabla 5 . Taxonomía del bijao

Clasificación Científica	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Zingiberales
Familia:	Marantaceae
Género:	<i>Calathea</i>
Especie:	<i>Calathea lutea</i> (Aubl.) E. Mey. ex Schult
Sinonimia	
<i>Maranta lutea</i> Aubl., <i>Hist. Pl. Guiane</i> 1: 4 (1775). <i>Phrynium luteum</i> (Aubl.) Sweet, <i>Hort. Brit.</i> , ed. 2: 494 (1830). <i>Phrynium luteum</i> (Aubl.) Sweet, <i>Hort. Brit.</i> , ed. 2: 494 (1830). <i>Phyllodes lutea</i> (Aubl.) Kuntze, <i>Revis. Gen. Pl.</i> 2: 695 (1891). <i>Maranta disticha</i> Buc'hoz, <i>Herb. Color. Amérique</i> : t. 156 (1783). <i>Maranta cachibou</i> Jacq., <i>Fragm. Bot.</i> : 52 (1806). <i>Maranta casupo</i> Jacq., <i>Fragm. Bot.</i> : 51 (1806). <i>Calathea discolor</i> G.Mey., <i>Prim. Fl. Esseq.</i> : 7 (1818). <i>Phrynium casupo</i> (Jacq.) Roscoe, <i>Monandr. Pl. Scitam.</i> : t. 43 (1827). <i>Calathea cachibou</i> (Jacq.) Lindl. ex Horan., <i>Prodr. Monogr. Scitam.</i> : 12 (1862). <i>Calathea magnifica</i> C.V.Morton & Skutch, <i>J. Wash. Acad. Sci.</i> 20: 372 (1930).	

b) Aspectos socio económicos

En el departamento de Santander, en el municipio de Guavatá se cultiva y vende la hoja de bijao verde, así mismo, en Puente Nacional y Vélez se cultiva y procesa la hoja: en el primero se vende desvenada, mientras en Vélez y Barbosa se adecúa a los diferentes tamaños requeridos por las fábricas de bocadillo.

El 87% de los cultivadores de bijao son propietarios de la tierra y el tamaño de las fincas oscila entre 2 y 10 ha, de las cuales cerca de 3.600 m² se dedican a este cultivo; se usa una densidad de siembra de 4,7 plantas/m².

Esta pequeña agroindustria tiene una gran acogida en la zona, ya que puede trabajarse con un capital bajo y sus labores son combinadas con los quehaceres domésticos. Emplea 68% de la mano de obra familiar, 57% mujeres y 51% adultos mayores de 25 años. Así mismo, la economía de las familias de la región depende en aproximadamente un 43 % del bijao, ya que los otros cultivos, tales como el café y los frutales no poseen una alta demanda, por lo cual representan un bajo porcentaje dentro del sostenimiento familiar.

El volumen semanal promedio procesado por unidad, es de 12.000 hojas, de las cuales obtienen 7 bultos o “cartonados” de 7.500 g cada bulto, que representan 350.000 unidades de empaque para bocadillo, cuyo precio varía con el tamaño de la presentación entre \$100.000 y \$130.000 (año 2017) para el bocadillo y el tume.

c) Aspectos técnicos del procesamiento de la hoja de bijao

El proceso de la hoja de bijao para empaque de bocadillo veleño, presenta las etapas mostradas en la figura 9 y que son descritas a continuación:

Recepción de materia prima

Los bultos de hoja verde se transportan a lomo de mula o en camperos de transporte rural. Una vez en la finca, se almacenan máximo por dos días, en un sitio sombreado cercano al horno, donde se efectúa el tratamiento térmico.

Tratamiento térmico

Una vez se inician las labores para el tratamiento térmico de las hojas en la hornilla, los atados se acomodan en una canastilla. De esta forma el vapor penetra por todas las superficies, aumentando la eficiencia del tratamiento térmico.

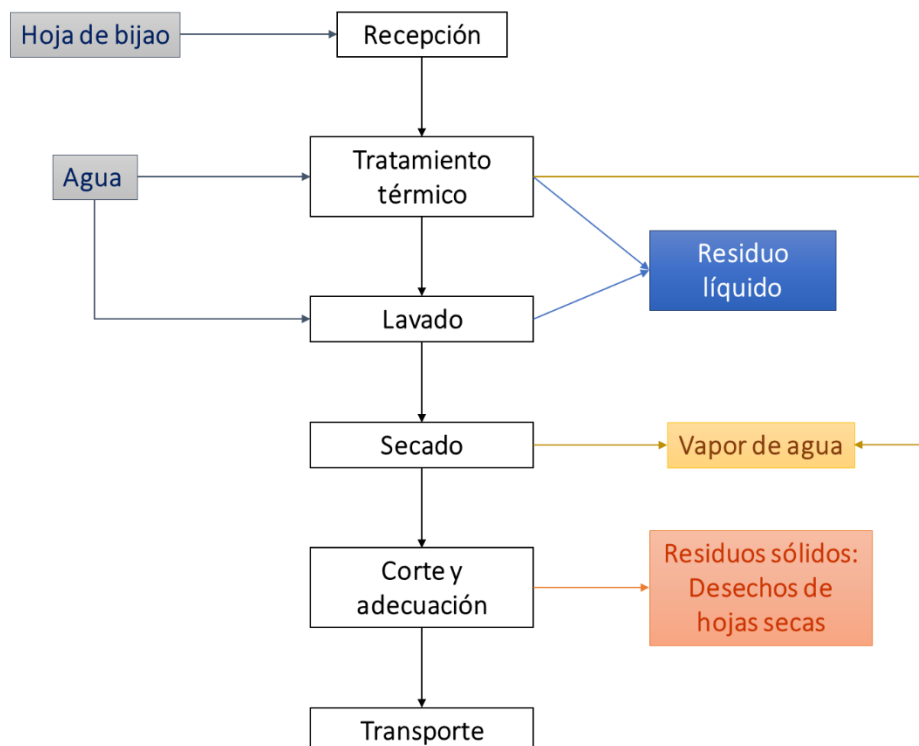


Figura 9 . Etapas del procesamiento de la hoja de bijao.

Las hojas se dejan en ebullición durante 30 minutos, hasta que las del centro toman una coloración parda, debido al contacto de la clorofila con el vapor de agua y su posterior dilución, lo que da una coloración verde profundo al agua.

El tiempo entre el encendido y la ebullición es de 70 minutos; de esta forma la primera cocida dura alrededor de 90 minutos. Esta operación requiere para su realización de:

- ✓ Un horno o fogón.
- ✓ Una paila o caneca.
- ✓ Implementos y utensilios.

El horno o fogón presenta un consumo promedio de 15 a 20 kg/h de leña, con una eficiencia entre 25 % y 34 %. Los gases de combustión salen del horno a una temperatura entre 400 °C a 650 °C. Estos hornos se suelen construir como una chimenea, lo que permite un control de los gases de la combustión, reduciendo los riesgos a la salud ocasionada por los humos.

Lavado de las hojas: La hoja tratada térmicamente se deja enfriar y se introduce en un recipiente con agua limpia donde se retiran los restos de la sustancia mucilaginosa (pegajosa) que se desprende durante la cocción usando una esponja, estopa o tela. Una vez lavada cada hoja se escurre, sobre el piso o una superficie plana cubierta con un plástico limpio durante más o menos 5 horas antes de tender. Esta superficie debe tener una inclinación hacia fuera del sitio de trabajo para evitar la formación de pozos.

En esta etapa del proceso se pierde el efecto esterilizante del tratamiento térmico y se produce la mayor contaminación microbiológica del proceso. Es importante el uso agua potable o tratada con 40 mL de solución de hipoclorito de sodio comercial en 10 litros de agua. Además, los utensilios de lavado y la superficie donde se colocan las hojas a escurrir se deben lavar y desinfectar con hipoclorito antes de usarse.

Secado de las hojas: Las hojas escurridas se tienden una al lado de otra sobre un prado a campo abierto y plano, para que reciban directamente, sobre toda su superficie, los rayos solares necesarios para realizar los procesos fotoquímicos que las blanquean a medida que se secan.

En el último día de secado las hojas se recogen, se doblan por la vena, se alisan con la palma de la mano y se forman paquetes que se trasladan al sitio de adecuación. Las pérdidas por daño mecánico durante el secado alcanzan el 35 %. Cuando se le quiere dar mayor flexibilidad y maleabilidad a la hoja, se vuelven a tender durante dos o tres horas, al comenzar o finalizar el día, para aprovechar la alta humedad del ambiente.

Corte y adecuación de la hoja para empaque: La hoja tratada térmicamente y seca, se corta y se vende conforme a los tamaños exigidos por el mercado del bocadillo.

3.4. Fábrica de bocadillos Productos El Durazno



Figura 10. Ubicación de la fábrica de bocadillos el durazno.

La fábrica de bocadillos Productos El Durazno es una empresa dedicada a la elaboración de diferentes dulces típicos artesanales, mermeladas y conservas, ubicada en el casco urbano del

municipio de Vélez, en el departamento de Santander. La empresa produce 15 toneladas de bocadillo veleño mensuales, para una producción promedio día de 500 kg.

La empresa se compone de dos áreas: la administrativa y la operativa, las cuales se describen a continuación.

3.4.2. Procesos administrativos

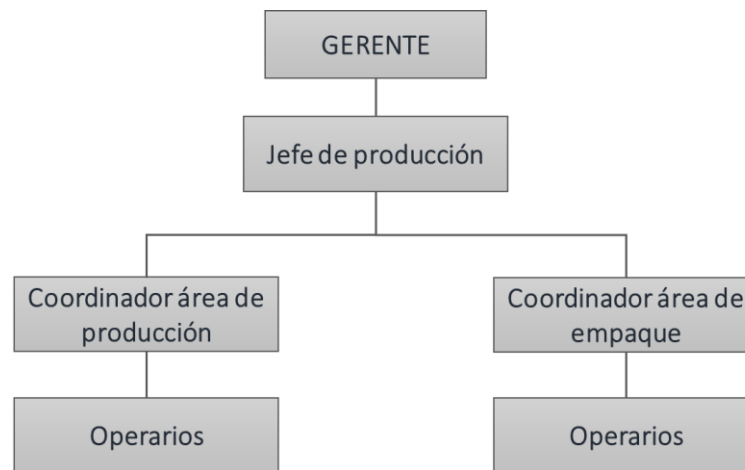


Figura 11 Estructura Organizacional Fabrica Productos El Durazno

Como se puede observar en la Figura 11, la empresa de Bocadillos Productos el Durazno Ltda.

Actualmente en sus procesos administrativos cuenta con:

Gerente: es el encargado de todas las tareas de comercialización y administración.

Jefe de Producción: elabora todas las órdenes de pedido de materia prima y producción del producto, además es el encargado verificar la calidad del producto final.

Coordinador de Área Producción: es el encargado de asignar todas las tareas a los operarios de producción.

Coordinador de Área de empaque: es el encargado de asignar las tareas de empaque por productos según solicitudes realizadas.

Operarios: Realizan las tareas asignadas por sus jefes inmediatos.

3.4.2. Procesos operativos. El proceso llevado a cabo en la Fábrica de Bocadillos Productos el Durazno Ltda. parte de la selección de guayaba de buena calidad, su adecuación y lavado para dejarlas lista para el procesamiento, en el cual se incluyen las actividades de adición del azúcar (previamente pesado) a la pulpa, cocción en pailas o marmitas adecuadas para este fin, concentración hasta alcanzar el punto de bocadillo, pasando a moldeo, enfriamiento, corte y empaque.

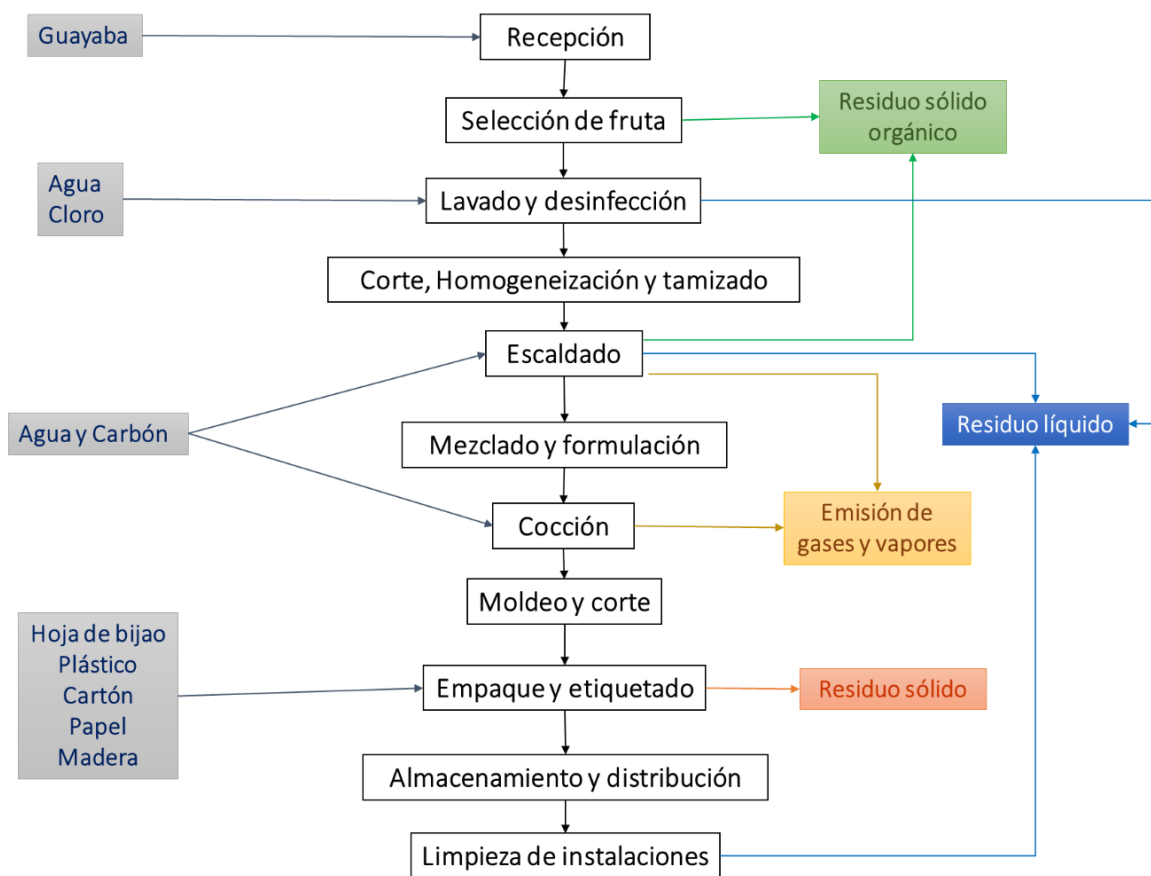


Figura 12. Proceso productivo del bocadillo veleño

En la Figura 12, se ilustran los procesos que intervienen en la elaboración del bocadillo, los insumos requeridos y los residuos generados.

La Empresa ha estandarizado el proceso, buscando unificar las características del producto terminado en cuanto a olor, color, sabor, textura, consistencia y durabilidad, por medio de especificaciones técnicas de las materias primas, de la formulación y de las operaciones del proceso. El mejoramiento de esta formulación, ha permitido mantener dichas propiedades por un mayor tiempo, independientemente del destino de comercialización. Por esta razón, los procesos dentro de una organización son el pilar más importante para su funcionamiento y desarrollo.

Recepción de la guayaba: se recibe la guayaba en canastillas, cada canastilla tiene una capacidad con un peso estimado de 30 kilos, esta etapa inicial del proceso es primordial para obtener un bocadillo de calidad.



Figura 13 . Canastilla de guayaba



Figura 14. Leña y carbón usados en las calderas

Selección y clasificación de la fruta: esta etapa ha sido considerada un punto crítico de control porque es donde se acepta o rechaza la guayaba que se recibe. Se separa la guayaba que no tenga el grado de madurez adecuado, con defectos o podredumbre. La clasificación se hace por su color (blanca y Roja), también por su grado de madurez (madura y verde).

Lavado y desinfectado: después de seleccionar y clasificar la guayaba, se procede a lavar la fruta con abundante agua potable.



Figura 15. Lavado y selección de la fruta

Corte y Homogenización y tamizado: Adecuación del tamaño de la fruta para su procesamiento.

Escaldado: Es un tratamiento térmico de corta duración, empleado al utilizar guayaba pintona o madura. Sirve para disminuir la carga microbiana de la fruta y evitar el pardeamiento, sabores y olores producidos por reacciones enzimáticas, además, ablanda los tejidos, con lo cual se consigue mayor eficiencia en el despulpado (Bocatello, s. f.).



Figura 16. Despulpadora



Figura 17. Pulpa de guayaba

Despulpado: se extrae la pulpa con la ayuda de la despulpadora, aparato que realiza las operaciones de trituración y separación de las semillas.

Mezclado y Formulación: se pesan 122 kilogramos de pulpa por marmita³, también se le agregan 96 kilogramos de azúcar y una cucharada y media de colorante rojo, según el tipo de guayaba que se trabaje.



Figura 18. Azúcar para el proceso



Figura 19. Marmitas

Cocción o concentración: por medio del vapor producido por una caldera⁴, se realiza la cocción durante 45 minutos de la pulpa de guayaba. Esta fase es considerada como el segundo punto crítico de control, debido a la sensibilidad de la fase para la obtención del producto final, ya que si no se hace el punteo como es debido, se afectará considerablemente la calidad del mismo.

³ La marmita es un recipiente de fondo redondo con agitación mecánica, mediante un agitador tipo ancla perforada, con dos o tres divisiones centrales.

⁴ La caldera es una máquina o dispositivo de ingeniería diseñado para generar vapor. Este vapor se genera a través de una transferencia de calor a presión constante, en la cual el fluido, originalmente en estado líquido, se calienta y cambia de estado. Este vapor es el que permite que las marmitas se calienten para la cocción de la pulpa.



Figura 20. Caldera



Figura 21. Pasta de guayaba



Figura 22. Moldes de enfriamiento

Moldeo: el líquido caliente se vierte en recipientes, en el mayor de los casos de madera que están cubiertos del plástico, que han sido previamente lavados y desinfectados.

Enfriamiento: se pasa al cuarto de enfriamiento y se deja enfriar al ambiente por 48 horas.

Corte: pasadas 48 horas requeridas para que el bocadillo este totalmente frio, duro y con la consistencia adecuada, se procede a sacar del molde, se rosea el bocadillo con azúcar para que no se pegue a la cortadora, de tal manera que pueda ser separarlo fácilmente y se corta según la presentación requerida.



Figura 23. Corte



Figura 24 Empaque manual



Figura 25. Empaque automático

Empaque y Etiquetado: se envuelven en hoja de Bijao, se embala en cajas de madera y se amarra con pita de fibra plástica.

Almacenamiento y Distribución: el bocadillo se debe guardar en un lugar fresco, seco y limpio hasta el momento de su distribución.



Figura 26. Cajitas de madera



Figura 27. Almacenamiento

3.5. Manejo de residuos

De acuerdo a lo mostrado en la Figura 9, en el proceso de elaboración del bocadillo veleño, así como en todos los procesos de transformación de materias primas, se generan una serie de residuos que pueden afectar el medio ambiente, dependiendo del grado de concentración de los mismos.

3.5.2. Residuos sólidos. Los residuos sólidos generados en el proceso de conversión de la guayaba son, en su mayoría, de tipo orgánico.

La guayaba pasa por un proceso de selección, en el cual debe cumplir unos requisitos mínimos de calidad para que pueda ser procesada, de tal manera que no se altere el sabor del bocadillo; aquella fruta que no se encuentre en perfecto estado, es rechazada y desechada. De igual manera sucede en el escaldado, donde la fruta se somete a un tratamiento térmico para reducir su carga

microbiana, y en donde se realiza un nuevo filtro de las mismas, de tal manera que al proceso de despulpado pasen las guayabas seleccionadas como las mejores de su lote. Nuevamente quedan residuos de fruta, cascaras y semillas que constituyen un rico material orgánico que no es aprovechado y/o gestionado adecuadamente.

Por otra parte, debido a las características artesanales de esta industria, se utilizan combustibles de origen vegetal (leña) y mineral (Carbón), los cuales son almacenados en el exterior, absorbiendo humedad del ambiente, lo que disminuye la eficiencia de su combustión, produciendo cenizas que, aparte de ser contaminantes, pueden afectar la salud de las personas debido a su inhalación. Finalmente, en la etapa de empacado y etiquetado, se presentan residuos mixtos, donde se destacan los restos de hoja de bijao, restos de papel, de plástico y de madera, entre otros asociados al proceso de comercialización.

Todos los residuos mencionados anteriormente de forma general, no tienen un programa de manejo de residuos sólidos establecido, donde se puedan aprovechar, por ejemplo, en producción de compostaje o mejoradores de suelo y el reciclaje del papel, el cartón y la madera.

3.5.3. Emisiones atmosféricas. Como se mencionó anteriormente, debido a la manera artesanal con la que se produce el bocado veleño, no se ha podido migrar hacia el uso de combustibles de mayor eficiencia y con un nivel menor de contaminación como el gas natural, debido a varios factores de tipo técnico, económico y de infraestructura.

Por lo tanto, para los tratamientos térmicos se emplea leña (madera) y carbón, las cuales debido a sus características fisicoquímicas y a las condiciones de las zonas rurales donde se usa comúnmente, su combustión no es completa, por lo tanto, no solo se convierte en dióxido de carbono, sino también en benceno, butadieno, formaldehído, hidrocarburos poliaromáticos y muchos otros compuestos peligrosos para la salud (Kirk R. Smith, s. f.).

Contrario a lo que podría pensarse, migrar a tecnologías limpias en la industria del bocadillo, puede llegar a ser bastante complicado, debido a que dichas tecnologías requieren una alta inversión y mantenimiento, que liquidaría literalmente la industria, puesto que el producto tendría que subir su precio y probablemente pocas personas estarían dispuestas a pagarlo. A eso se le suma que el municipio no cuenta con redes de distribución de gas natural, por lo tanto, las fabricas continúan encadenadas a la leña y al carbón como combustible para sus procesos.

3.5.4. Residuos líquidos. Como en toda industria alimenticia, la elaboración de bocadillo veleño requiere cantidades de agua significativas, tanto para su preparación, como para el lavado de la fruta, el lavado de los utensilios y equipos del proceso, limpieza de las áreas de producción, entre otros. El agua que llega a la fábrica, proviene del acueducto municipal, sin embargo, no toda la población veleña cuenta con este servicio público; De acuerdo al Plan de Desarrollo del municipio de Vélez, se estima que la cobertura del acueducto dentro del municipio es de aproximadamente el 61,6 %, cifra que se encuentra por debajo de los promedios departamental, regional y nacional (Alcaldía municipal de Vélez, 2016). Esta situación es preocupante, ya que se debe considerar que el municipio no cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales, y que todos aquellos residuos líquidos provenientes del uso doméstico e industrial, es almacenado en “pozos sépticos” poco tecnificados o es vertido indiscriminadamente en las fuentes hídricas aledañas. De ahí que el 38,4 % de la población que no posee servicio de agua potable corre el riesgo de consumir agua contaminada y enfermar. Para dar solución a esta problemática ambiental, se pueden plantear dos escenarios: uno previo al proceso, que sería el más adecuado a largo plazo, de tal manera que se le dé un uso eficiente al agua captada para tal fin; y otro posterior al proceso, que sería una solución a mediano plazo,

de tal manera que se remedie el agua contaminada antes de ser vertida en las quebradas de la zona.

El presente trabajo se enfoca en el segundo escenario y busca plantear alternativas de tratamiento del agua residual, específicamente de aquella proveniente de la fábrica de bocadillos El durazno, cuyo vertimiento se realiza en la quebrada La Lajita del municipio de Vélez en Santander.

4. Marco normativo

A continuación, se listan las leyes y normas en orden cronológico en materia aguas y vertimientos en el cual se enmarca este documento.

Tabla 6. Marco normativo

Año	Documento normativo
1974	Decreto 2811 – Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección del Medio Ambiente.
1978	Decreto 1541 – Concesión de aguas de uso público superficiales y subterráneas. Modificado por Decreto 2858 de 1981.
1979	Ley 9 – Medidas sanitarias y protección del medio ambiente. Reglamentada por el Decreto Nacional 704 de 1986, Decreto Nacional 305 de 1988, Decreto Nacional 1172 de 1989, Decreto Nacional 374 de 1994, Decreto Nacional 1546 de 1998, Decreto Nacional 2493 de 2004, Decreto Nacional 126 de 2010.
1984	Decreto 1594 – Vertimientos/Usos del agua. Derogado por el art. 79, Decreto Nacional 3930 de 2010, salvo los arts. 20 y 21.

1986	Ley 79 – Dicta normas de conservación de agua
1997	Ley 373 – Se establece el Programa ahorro y uso eficiente del agua.
1997	Decreto 901 – Se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa o indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se establecen las tarifas de éstas.
1997	Resolución 273 – Se fijan las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos para los parámetros Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Sólidos Suspendidos Totales (SST).
1998	Resolución 0372 – Se actualizan las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos.
2000	Resolución 1096 – Se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. Modificado por: Res 668 de 2003, Res 1447 de 2005, Res 1459 de 2005, Resolución 2320 de 2009.
2002	Decreto 1729 – Se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto-ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas, parcialmente el numeral 12 del artículo 5° de la Ley 99 de 1993.
2003	Decreto 3100 – Reglamentación sobre tasas retributivas. El Decreto 3440 de 2004 modifica algunos artículos del Decreto 3100 de 2003.
2004	Decreto 155 – Se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones".
2004	Resolución 1433 – Reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003, sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV. Modificado por la Resolución 2145 de 2005.

2005	Resolución 2145 – Se modifica parcialmente la Resolución 1433 de 2004 sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV.
2009	Resolución 2320 – Se modifica parcialmente la Resolución número 1096 de 2000 que adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico –RAS.
2010	Resolución 1508 – Establece el procedimiento para el recaudo de los recursos provenientes de las medidas adoptadas por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico para promover el uso eficiente y ahorro del agua potable y desestimular su uso excesivo y su respectivo giro al Fondo Nacional Ambiental (Fonam).
2010	Decreto 3930 – Usos del agua, residuos líquidos y ordenamiento del territorio/vertimientos. Modificado por: Decreto 4728 de 2010.
2012	Resolución 1514 – Se adoptan los Términos de Referencia para la Elaboración del Plan de Gestión de Riesgo para el Manejo de Vertimientos - PGRMV .
2014	Resolución 1207 – Se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas.
2015	Resolución 631 – Se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales a los sistemas de alcantarillado público.
2015	Decreto 1076 – Se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.

5. SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales pueden ser de tipo Físico, Químico y/o Biológico.

5.1. Etapas del tratamiento de aguas residuales

5.1.1. Tratamiento preliminar o primario. Los tratamientos preliminares habitualmente son físicos e implican la reducción de sólidos en suspensión y el acondicionamiento de las aguas residuales para los procesos posteriores. Los tratamientos preliminares fundamentales en un sistema de tratamiento de aguas residuales, son:

Cribado. El cribado es la operación utilizada para separar el material grueso del agua, mediante el paso de ella por una criba o rejilla. El sistema de rejilla es el más utilizado para remover el material contaminante grueso como basuras, y pueden ser de limpieza manual o mecánica.

Desarenador. Esta estructura tiene como objetivo eliminar mediante la sedimentación las arenas, gravas, barro, las partículas relativamente finas de origen inorgánico, de manera que la arena retenida no arrastre materias contaminadas presentes en el agua captada, con el fin de evitar que se produzcan sedimentaciones en los canales y conductos, para proteger las partes móviles de los equipos contra la abrasión y evitar sobrecarga de sólidos en las unidades de tratamiento biológico.

5.1.2. Tratamiento secundario. Método de tratamiento mediante el cual consigue la remoción de contaminantes por actividad biológica.

El tratamiento secundario se aplica cuando se desea eliminar las sustancias orgánicas biodegradables disueltas o en suspensión, y es efectivo en la remoción de nitrógeno. El

tratamiento secundario puede ser de tipo aerobio (presencia de aire / O_2) o anaerobio (ausencia de aire / O_2).

Fangos activados o lodos activados. Las plantas de fangos activos usan una variedad de mecanismos y procesos para usar oxígeno disuelto y promover el crecimiento de organismos biológicos que remueven sustancialmente la materia orgánica.

Camas filtrantes (camas de oxidación). En plantas más viejas y plantas receptoras de cargas variables, se utilizan camas filtrantes de goteo, en las que las aguas residuales son rociadas en la superficie de una profunda cama compuesta de coque (carbón), piedra caliza o fabricada especialmente de medios plásticos. Tales medios deben tener altas superficies para soportar las biopelículas que se forman. La sustancia es distribuida mediante unos brazos perforados rotativos que irradian de un pivote central. Esta agua distribuida gotea en la cama y es recogido en drenes en la base. Estos drenes también proporcionan un recurso de aire que se infiltra hacia arriba de la cama, manteniendo un medio aerobio. Las películas biológicas de bacterias, protozoarios y hongos que se forman en la superficie del medio, metabolizan los contenidos orgánicos

Placas rotativas y espirales. En algunas plantas pequeñas son usadas placas o espirales de revolución lenta que son parcialmente sumergidas en las aguas, creándose un flóculo biótico que proporciona el substrato requerido.

Reactor biológico de cama móvil. El reactor biológico de cama móvil asume la adición de medios inertes en vasijas de fangos activos existentes, para proveer sitios activos donde se reúna la biomasa, dando como resultado un sistema de crecimiento. Las ventajas de los sistemas de crecimiento son:

- Mantener una alta densidad de población de biomasa
- Incrementar la eficiencia del sistema sin la necesidad de incrementar la concentración de sólidos.

Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA). Es un componente de las plantas de tratamiento. La función del filtro, también llamado reactor anaerobio tiene por finalidad reducir la carga contaminante de las aguas residuales. El agua es alimentada al filtro a través del fondo, construido de forma que permita distribuir el flujo en forma uniforme en toda la sección del filtro. El agua a ser tratada se hace pasar a través de un cuerpo poroso mineral o plástico, llevándola al contacto con una fina biopelícula de microorganismos adheridos a la superficie del cuerpo poroso o plástico, donde se realiza el proceso de degradación anaerobia.

Los filtros anaerobios generalmente operan, con una razonable eficiencia de remoción de carga contaminante, en el rango mesófilo de temperaturas, es decir, entre 25 y 38 °C.

Filtros aireados biológicos. Filtros aireados biológicos (BAF) combinan la filtración con reducción biológica de carbono, nitrificación o desnitrificación. El BAF incluye usualmente un reactor lleno de medios filtrantes, los cuales están en la suspensión o apoyados por una capa en el pie del filtro. El propósito doble de este medio es soportar altamente la biomasa activa que se une a él y a los sólidos suspendidos del filtro. La reducción del carbón y la conversión del amoníaco ocurren en medio aerobio y una vez alcanzado en un solo reactor, la conversión del nitrato ocurre anaeróbicamente.

Reactores biológicos de membrana. Reactores biológicos de membrana (MBR) es un sistema con una barrera de membrana semipermeable o en conjunto con un proceso de fangos. Esta tecnología garantiza la remoción de todos los contaminantes suspendidos y sólidos disueltos. La limitación de los sistemas MBR es directamente proporcional a la eficaz reducción de

nutrientes del proceso de fangos activos. El coste de construcción y operación de MBR es usualmente más alto que el de un tratamiento de aguas residuales convencional de esta clase de filtros.

Sedimentación secundaria. El paso final de la etapa secundaria del tratamiento, es retirar los flóculos biológicos del material de filtro y producir agua tratada con bajos niveles de materia orgánica y materia suspendida.

6. Vertimientos de la industria del bocadillo

La agroindustria del bocadillo utiliza agua en muchos de las fases de su proceso, a continuación, en la Tabla 6 se listan las cantidades de aguas utilizadas por cada kilogramo de guayaba procesada en la fábrica de bocadillos productos el Durazno.

Tabla 7 . Consumo de agua en los procesos de elaboración de bocadillo

PROCESO	L/kg
Lavado y desinfección de fruta	2.20
Escaldado fruta	0.50
Mezcla de bocadillo	0.04
Caldera	5.69
Lavado de pisos y equipos	4.93
Consumo domestico	1.90
TOTAL	15.27

De estos 15,27 L/kg de agua utilizados, 9,03 L/kg se convierten agua residual para vertimiento, esto representa un caudal de 0,08 L/s de aguas residuales para tratamiento que se aforo.

6.1. Análisis de agua residual de la producción de bocadillo

Se realizó un análisis básico a una muestra de agua residual, con el cual se pudo determinar los parámetros más importantes de caracterización fisicoquímica, con el fin de conocer el estado en el que se encuentra el agua de vertimiento y con base a esto, proponer alternativas para su tratamiento. En la tabla 8 se muestra una tabla comparativa, entre los valores obtenidos en el análisis del agua, y los límites permisibles estipulados en la resolución 631 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015). Revisando con un mayor detalle dicha información, tal como se esperaba, la carga orgánica contenida en el agua residual de esta industria (estimada a partir de los parámetros DQO y DBO5) es bastante alta, por lo tanto, es importante que el sistema de tratamiento sea muy eficiente, en aras de reducir estos altos niveles de materia orgánica.

Tabla 8 Comparación entre los valores permitidos y los obtenidos del análisis del agua residual

AGROINDUSTRIA				
Resolución 631 del 17 de marzo de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible				
PARÁMETRO	UNIDADES	DIRECTO A LA FUENTE SUPERFICIAL	AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO	RESULTADO DEL ANÁLISIS
		PROCESAMIENTO DE HORTALIZAS, FRUTAS, LEGUMBRES, RAÍCES Y TUBÉRCULOS		
pH	Unidades de pH	6,0 a 9,0	5,0 a 9,0	5,0 – 6,5
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O ₂	150	225	1815
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L O ₂	50	75	1665
Sólidos suspendidos (SST)	mg/L	100	150	161
Sólidos sedimentables (SSED)	mL/L	5	7,5	41
Grasas y Aceites	mg/L	10	15	235

En la tabla 9 se estiman las eficiencias requeridas para alcanzar los límites permisibles de vertimiento, las cuales fueron calculadas de la siguiente manera:

$$\% \text{Teórico de remoción} = \left(\frac{\text{Resultado de análisis} - \text{Límite permitido norma}}{\text{Resultado de análisis}} \right) * 100$$

Tabla 9. Eficiencia requerida del sistema de tratamiento para cumplir con la resolución 631 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

RESULTADO DEL ANÁLISIS		% TEÓRICO DE REMOCIÓN		% TEÓRICO DE SALIDA	
Parámetro	Valor	vertimiento directo	vertimiento alcantarillado	vertimiento directo	vertimiento alcantarillado
pH	5,0 – 6,5	-	-	-	-
DQO [mg/L O ₂]	1815	91,8	87,7	148,8	223,2
DBO5 [mg/L O ₂]	1665	97	95,5	50	74,9
SST [mg/L]	161	38	7	99,8	149,7
SSED [mL/L]	41	88	82	49	7,4
Grasas y Aceites [mg/L]	235	96	93,65	9,4	14,9

6.2. Análisis de la oferta de sistemas de tratamiento

Con base a lo expresado en la tabla 9 y teniendo en cuenta que, tanto la fábrica de bocadillos Productos El Durazno, como la mayoría de fábricas de bocadillo del municipio, se encuentran alejadas entre sí, se realizó la búsqueda de los sistemas de tratamiento disponibles comercialmente, que sean de tipo portátil, ya que la construcción de un sistema fijo conlleva altos costos y beneficiaría a muy pocos debido a la dispersión en la ubicación de las fábricas.

Las opciones analizadas se pueden dividir en tres tipos:

- Sistemas sépticos integrados (Tanques en Plástico).
- Sistemas electro mecánicos modulares.
- Sistemas tipo red fox

A continuación, se realiza una descripción de los sistemas consultados.

6.2.1. Sistema (COLEMPAQUES). Es un sistema que consiste en un tanque construido en polietileno y diseñado estructuralmente para resistir la presión interna del agua y la presión externa del terreno cuando este se usa enterrado.

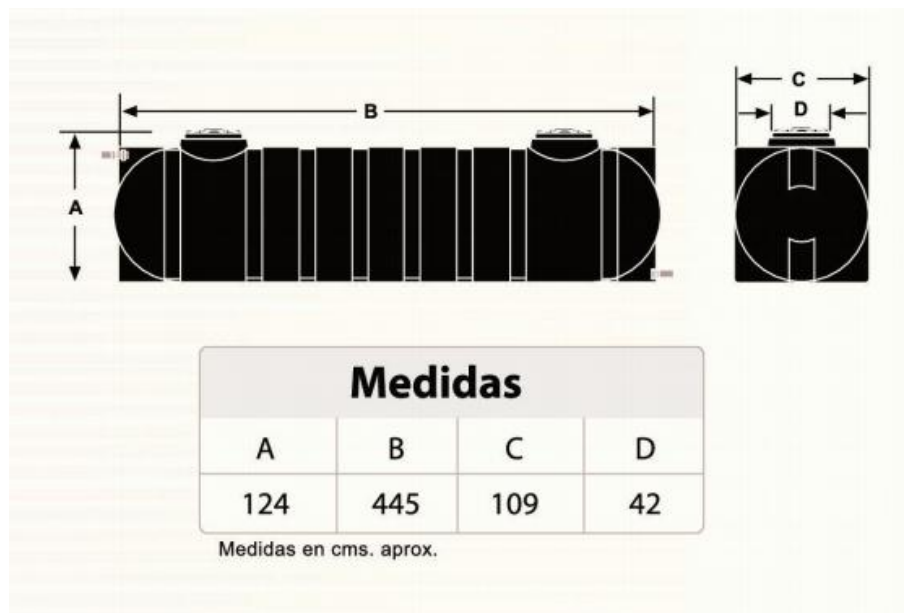
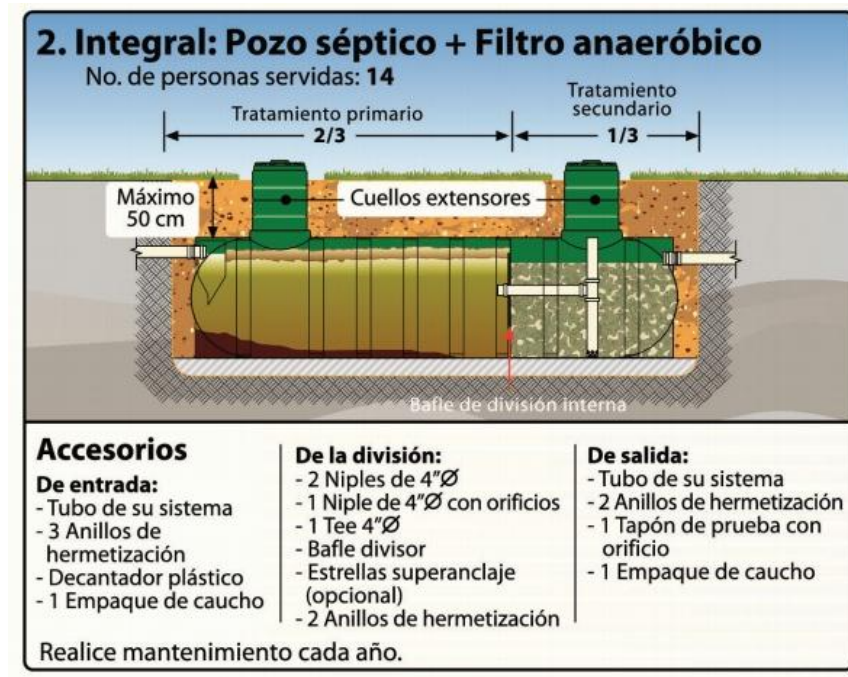


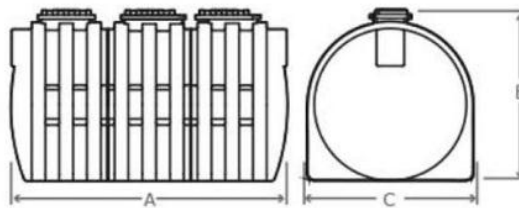
Figura 28. Sistema de tratamiento de agua residual marca COLEMPAQUES
 Fuente: Página web Colempaques

Tabla 10. Descripción del sistema COLEMPAQUES

Características de funcionamiento:	Eficiencias:
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1 cámara anaeróbica ▪ 1 filtro anaeróbico. ▪ Material: Polietileno. ▪ Método de fabricación: Inyección. ▪ Manejo sencillo ▪ Ruido: NO ▪ Funcionamiento continuo 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ DBO5: 80 – 85 % ▪ DQO: 80 – 85 % ▪ SST: 90 %
Dimensionamiento:	Operación y mantenimiento:
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Altura: 1.24 m ▪ Ancho: 1.09 m ▪ Largo: 4.45 m ▪ Capacidad: 4000 L ▪ Caudal de Tratamiento: 4000 L/día 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Operación continúa. ▪ Limpieza y mantenimiento: 1 vez al año
Costos de operación:	Costos de la Planta:
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1 SMLDV aproximadamente 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 4,5 millones de pesos

6.2.2. Sistema (ROTOPLAST). Las PTAR ofrecidas por Rotoplast están diseñadas para tratar aguas contaminadas con materia orgánica y se componen principalmente de tanques de polietileno reforzado para evita fisuras y fugas.

Se trata de tanques cilíndricos horizontales con refuerzos internos, fabricados con polietileno lineal de alta resistencia al impacto, cuentan con divisiones internas que conforman un tanque séptico de dos cámaras y un filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA), el cual es un recipiente con un falso fondo en el que se realiza el tratamiento secundario, donde el agua del tanque séptico entra al filtro por el falso fondo y sube a través del lecho filtrante, que tiene bacterias adheridas, las cuales transforman la materia orgánica en bioabono.



Capacidad (Lts. medidas nominales)	Medida (cm)		
	A	B	C
1.650	230	107	100
2.000	230	123	114
3.000	225	150	131
5.000	242	183	173
7.500	342	183	173
10.000	442	183	173
12.500	542	183	173
15.000	642	183	173
17.500	742	183	173
20.000	500	246	230
25.000	610	246	230
30.000	724	246	230
35.000	838	246	230
40.000	952	246	230
45.000	1066	246	230
50.000	1180	246	230

Medidas aproximadas en cm.

Figura 29. Sistema de tratamiento de agua residual marca ROTOPLAST
Fuente: Página web Rotoplas

Tabla 11. Descripción del sistema ROTOPLAST

Características de funcionamiento:	Eficiencias:
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 2 cámaras anaeróbicas ▪ 1 filtro anaeróbico (FAFA). ▪ Material: Polietileno de alta resistencia. ▪ Método de fabricación: Inyección. ▪ Manejo sencillo ▪ Ruido: NO ▪ Funcionamiento continuo 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ DBO₅: 90 % ▪ DQO: 90 % ▪ SST: 90 %
Dimensionamiento:	Operación y mantenimiento:
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Altura: 1.83 m ▪ Ancho: 1.73 m ▪ Largo: 3.42 m ▪ Capacidad: 7.500 L ▪ Caudal de Tratamiento: 7500 L/día 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Operación continúa. ▪ Limpieza y mantenimiento: 1 vez al año
Costos de operación:	Costos de la Planta:
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1 día de SMLMV 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 9 millones de pesos

6.2.3. Sistema (EDUARDOÑO). Los sistemas de tratamiento EDUARDOÑO son fabricados en Poliéster reforzado con fibra de vidrio, que es material liviano, de fácil instalación y operación, alta resistencia a la intemperie, larga vida útil y facilidad de reparación en sitio.

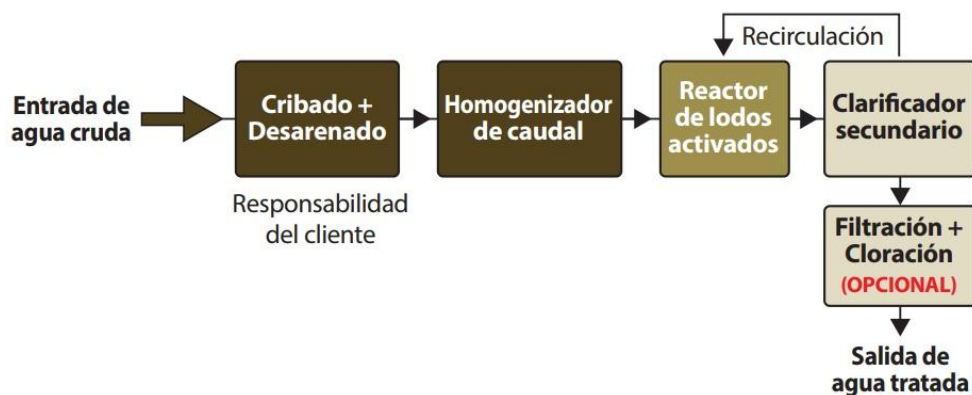
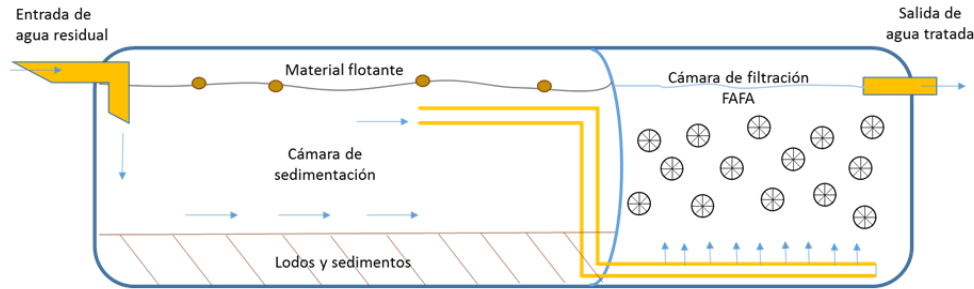


Figura 30. Etapas que componen el sistema de tratamiento Eduardoño



Especificaciones técnicas

Dimensiones

* Volúmenes en litros

	Diámetro (m)	Largo (m)	Peso (Kg)	Número de cámaras
SI 3.000 L	1,35	2,36	197	3
SI 4.000 L	1,35	3,05	210	3
SI 5.000 L	1,35	3,75	245	3
SI 6.000 L	1,68	2,98	280	3
SI 8.000 L	1,68	3,89	360	3
SI 10.000 L	2,0	3,56	410	3
SI 12.000 L	2,0	4,20	470	3
SI 15.000 L	2,0	5,15	570	3
SI 18.000 L	1,85	7,5	710	2
SI 20.000 L	1,85	8,26	790	2
SI 25.000 L	2	8,72	1100	2
SI 30.000 L	2,4	7,46	1150	2

Figura 31. Sistema de agua residual marca EDUARDOÑO
Adaptado de: Página web Eduardoño

Tabla 12. Descripción del sistema Eduardoño

Características de funcionamiento:	Eficiencias:
<ul style="list-style-type: none"> 2 Cámara anaeróbica 1 Filtro anaeróbico (FAFA). Material: Poliéster reforzado con fibra de vidrio. Método de fabricación: Inyección. Manejo sencillo Ruido: NO Funcionamiento continuo 	<ul style="list-style-type: none"> DBO₅: 90% DQO: 90% SST: 90%
Dimensionamiento:	Operación y mantenimiento:
<ul style="list-style-type: none"> Altura: 1.68 m Ancho: 1.68 m Largo: 3.89 m Capacidad: 8000 L Caudal de Tratamiento: 8000 L/día 	<ul style="list-style-type: none"> Operación continúa. Limpieza y mantenimiento: 1 vez al año
Costos de operación:	Costos de la Planta:
<ul style="list-style-type: none"> 1 día de SMLMV 	<ul style="list-style-type: none"> 10 millones de pesos

6.2.4. Sistema (NyF SINERGY Colombia). Sistema de línea de referencia Bioball, funciona como una planta de lodos activados por medios adheridos, cuyo tratamiento biológico se encuentra distribuido de la siguiente manera:

- Una cámara para el proceso de digestión anaerobia (ausencia de oxígeno)
- Una cámara para el proceso de digestión aeróbica (presencia de oxígeno)
- Una cámara de decantación para sedimentación acelerada de los lodos de mayor densidad y flóculos de menor tamaño.
- Una cámara de clarificación donde se almacena el agua clarificada para su posterior disposición final y/o bombeo al alcantarillado o cuerpo de agua superficial.

Tabla 13. Descripción del sistema NyF

Características de funcionamiento:	Eficiencias:
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Electro mecánica ▪ 1 Cámara anaeróbica ▪ 1 Cámara aeróbica. ▪ 1 Filtro anaeróbico. ▪ Material: Poliéster reforzado. ▪ Método de fabricación: Inyección. ▪ Manejo sencillo ▪ Ruido: NO ▪ Funcionamiento continuo 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ DBO₅: 90 – 95 % ▪ DQO: 90 – 95 % ▪ SST: 90 – 95 %
Dimensionamiento:	Operación y mantenimiento:
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Altura: 1.40 m ▪ Ancho: 1.40 m ▪ Largo: 3.21 m ▪ Capacidad: 7000 L ▪ Caudal de Tratamiento: 7000 L/día 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Operación continua. ▪ Limpieza y mantenimiento: 1 vez al mes.
Costos de operación:	Costos de la Planta:
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 3 SMLMV. ▪ 120.000 mensual consumo de energía. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 22 millones de pesos

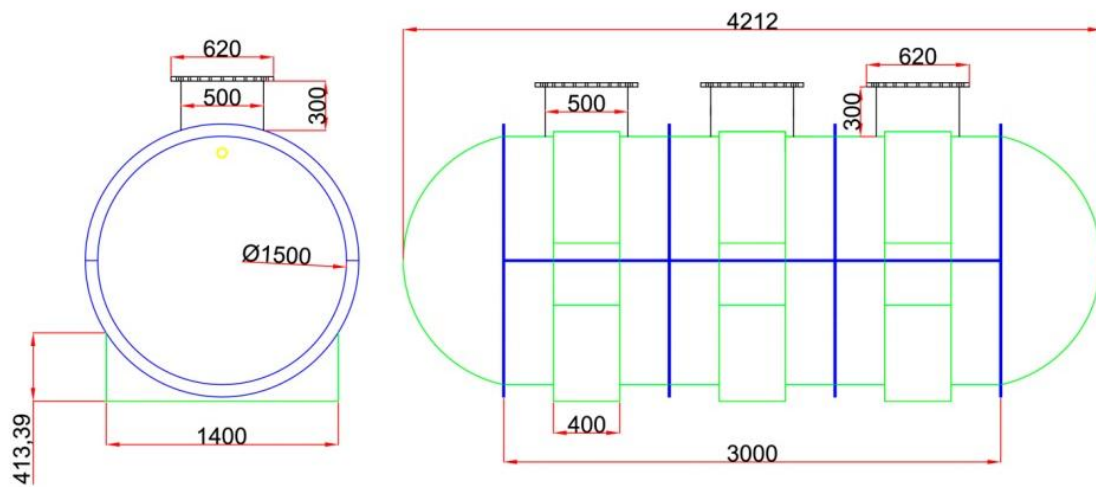


Figura 32. Sistema de agua residual marca NyF de Colombia
Adaptado de: Página web NyF Colombia

Sistema (FIBRAS Y NORMAS DE COLOMBIA S.A.S.). Fibras y Normas de Colombia ofrece sistemas de tratamiento de aguas residuales domesticas e industriales aplicando procesos físicos, químicos y biológicos para realizar la limpieza del agua; dentro de estos se encuentra: La amortización, donde se homogenizan las impurezas contenidas en el agua, con el fin de facilitar los tratamientos posteriores. Luego se realiza un tratamiento anaerobio donde las bacterias se encargan de la descomposición de la materia orgánica. Seguido se aplica un

tratamiento aerobio, donde se le inyecta aire al agua para propiciar la descomposición de la materia orgánica por parte de microorganismos que usan el oxígeno para tal fin.

Posteriormente se aplican unos procesos adicionales para la desinfección del agua resultante de tal manera que se pueda verter en afluentes cercano o reusar en otros procesos de la industria



Figura 33. Sistema de tratamiento marca FIBRAS Y NORMAS
Fuente: Página web Fibras y Normas

Tabla 14. Descripción del sistema Fibras y Normas

Características de funcionamiento:	Eficiencias:
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Electro mecánica modular ▪ 1 módulo de sedimentación ▪ 1 módulo aeróbica. ▪ 1 módulo anaeróbico ▪ Material: Acero y concreto. ▪ Método de fabricación: Ensamble. ▪ Manejo sencillo ▪ Ruido: Sí ▪ Funcionamiento continuo 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ DBO₅: 95 % ▪ DQO: 95 % ▪ SST: 95 %
Dimensionamiento:	Operación y mantenimiento:
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Altura: 2.00 m ▪ Ancho: 3.00 m ▪ Largo: 7.00 m ▪ Capacidad: 10000 L ▪ Caudal de Tratamiento: 10000 L/día 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Operación continúa. ▪ Limpieza y mantenimiento: 1 vez al mes.
Costos de operación:	Costos de la Planta:
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 12 SMLMV. ▪ 150.000 mensual consumo de energía. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 50 millones de pesos

6.2.5. Sistema EDOSPINA. Las plantas compactas modelo CY, son unidades pre-ensambladas en fábrica con bajos requerimientos de operación y mantenimiento, con capacidad de tratar flujos de agua residual de 2.000 a 22.000 galones/día (0,3 – 3,47 m³/h). Las Plantas de Tratamiento de agua Residual tienen una cámara cilíndrica de aireación extendida donde se proporciona el oxígeno requerido por los microorganismos para el procesamiento de la materia orgánica contenida en el afluente. Después de ser aireada, el agua pasa a una segunda cámara en forma de tolva, en la cual se sedimentan los sólidos y el agua clarificada es conducida a la etapa de desinfección para vertimiento o re-uso (con un tratamiento terciario posterior).

Tabla 15. Descripción sistema de tratamiento EDOSPINA

Características de funcionamiento:	Eficiencias:
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Electro mecánica ▪ 1 cámara aeróbica. ▪ 1 cámara de sedimentación. ▪ Material: Acero. ▪ Método de fabricación: Ensamble. ▪ Manejo sencillo ▪ Ruido: SI ▪ Funcionamiento continuo 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ DBO₅: 90 – 95 % ▪ DQO: 90 – 95 % ▪ SST: 90 – 95 %
Dimensionamiento:	Operación y mantenimiento:
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Altura: 2.50 m ▪ Ancho: 2.20 m ▪ Largo: 6.00 m ▪ Capacidad: 20000 L ▪ Caudal de Tratamiento: 20000 L/día 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Operación continúa. ▪ Limpieza y mantenimiento: 1 vez al mes.
Costos de operación:	Costos de la Planta:
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 12 SMLMV. ▪ 150.000 mensual consumo de energía. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 35 millones de pesos

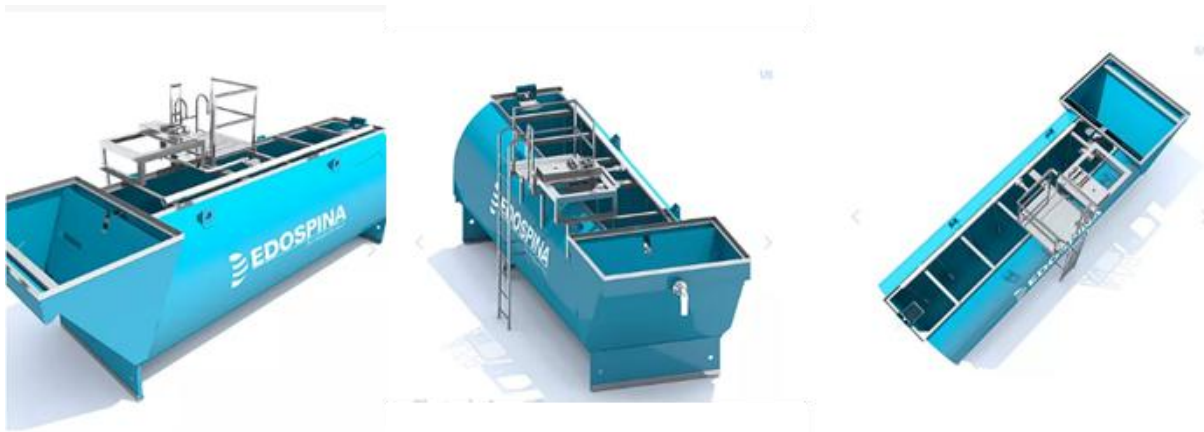


Figura 34. sistema de tratamiento EDOSPINA
Adaptado de: Página web Edospina

6.3. Análisis de las alternativas

Una vez presentadas las opciones de plantas de tratamiento de aguas residuales existentes en el mercado colombiano, que cumplan con las necesidades y exigencias reglamentadas para los vertimientos de la empresa procesadora de guayaba para producir bocadillo Veleño, a continuación, se expone un análisis para la selección de la alternativa más adecuada

A continuación, se presenta el cuadro comparativo de las alternativas propuestas:

Tabla 16. Comparativo de Alternativas de PTAR

ALTERNATIVAS PROPUESTAS		FACTORES DE COMPARACIÓN					
		Costo de Inversión	Costo de Operación (Anual)	Costo de Mantenimiento (Anual)	Espacio Útil Requerido	Especialización de los operarios	Eficiencia del tratamiento
1	COLEMPAQUES	\$ 4.500.000	\$ 300.000	\$ 25.000	4,85 m ²	Bachiller	85%
2	ROTOPLAST	\$ 9.000.000	\$ 300.000	\$ 25.000	5,92 m ²	Bachiller	90%
3	EDUARDOÑO	\$ 10.000.000	\$ 300.000	\$ 25.000	6,54 m ²	Bachiller	90%
4	NyF de Colombia	\$ 22.000.000	\$ 3.540.000	\$ 300.000	4,50 m ²	Técnico	95%
5	FIBRAS Y NORMAS	\$ 50.000.000	\$ 10.200.000	\$ 300.000	21,00 m ²	Técnico	95%
6	EDOSPINA	\$ 35.000.000	\$ 10.200.000	\$ 300.000	12,00 m ²	Técnico	95%

Para determinar qué tipo de planta de tratamiento se adecua técnica y financieramente a las necesidades de estas empresas, se evalúan los siguientes aspectos: Costo de Inversión, Costo de Operación, Costo de Mantenimiento y Eficiencia. Estos criterios son valorados en una matriz de priorización que determina aquellos sistemas de tratamiento que ofrecen las mejores condiciones para estas empresas desde el punto de vista económico y de cumplimiento de la normatividad. Cada uno de los aspectos es evaluado de acuerdo con la tabla 17. Se descartan las opciones poco atractivas o inviables, en este caso aquellas que obtengan el menor puntaje en la ponderación.

Tabla 17. Criterios a evaluar

CRITERIO	EXPLICACIÓN	CALIFICACIÓN (Según su peso)
Costo de Inversión	Se refiere a los costos totales necesarios para la correcta implementación de un sistema de tratamiento de vertimientos que cumpla con las normas mínimas existentes.	1 - Muy Alto 2 - Alto 3 - Medio 4 - Bajo
Costo de Operación (Anual)	Mide los costos en que incurre la empresa para operar el sistema de tratamiento de vertimientos adoptado	1 - Muy Alto 2 - Alto 3 - Medio 4 - Bajo
Costo de Mantenimiento (Anual)	Corresponde a los costos por mantenimiento de la infraestructura del sistema de tratamiento	1 - Muy Alto 2 - Alto 3 - Medio 4 - Bajo
Eficiencia	Es el porcentaje de remoción de contaminante que el sistema ofrece al final del tratamiento. 1: ≤ 5 ; 2: 51 – 80%; 3: 81- 94%; 4: $\geq 95\%$	1 - Baja 2 - Media 3 - Alta 4 – Muy Alta

A continuación, se presenta la matriz de priorización con la calificación y ponderación de cada criterio para cada alternativa.

Tabla 18. Matriz de priorización

PONDERACION		40%		20%		20%		20%		100%
ALTERNATIVAS PROPUESTAS		Costo de Inversión		Costo de Operación (Anual)		Costo de Mantenimiento		Eficiencia		Ponderación total
CRITERIO		C	%	C	%	C	%	C	%	%
1	COLEMPAQUES	3	1,2	4	0,8	4	0,8	4	0,4	3,6
2	ROTOPLAST	3	1,2	4	0,8	4	0,8	3	0,6	3,4
3	EDUARDOÑO	3	1,2	4	0,8	4	0,8	3	0,6	3,4
4	NyF de Colombia	2	0,8	3	0,6	3	0,6	4	0,8	2,8
5	FIBRAS Y NORMAS	1	0,4	1	0,2	3	0,6	4	0,8	2
6	EDOSPINA	1	0,4	1	0,2	3	0,6	4	0,8	2

La alternativa que mejores ventajas presento fue la de COLEMPAQUES, por ser la de menor precio, pero también es la que menor nivel de eficiencia teórica presentaba, sin embargo, esta eficiencia se compensa y mejora utilizando dos unidades compactas en serie tal como se observa en la tabla 19.

Tabla 19. Análisis de la eficiencia de la alternativa escogida COLEMPAQUES

PARAMETROS	RESULTADO DEL ANÁLISIS	PTAR 1 85%	PTAR 2 85%	EFICIENCIA FINAL
pH	5 - 6,5	--	--	--
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	1815	272,25	40,84	97,75
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	1665	249,75	37,46	97,75
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	161	24,15	3,62	97,75
Sólidos Sedimentables (SSED)	41	6,15	0,92	97,75
Grasas v Aceites	235	35,25	5,29	97,75

7. Conclusiones

Para el caso del presente estudio, las PTAR que cumplen con las condiciones técnicas y económicas para tratar el agua residual producto de la elaboración del bocadillo veleño, son las

de COLEMPAQUES, siempre y cuando se instalen dos unidades, de tal manera que su eficiencia total alcance un 97,75 % de tratamiento, y así se pueda dar cumplimiento a la resolución 631 de 2015 del Ministerio De Ambiente y Desarrollo Sostenible.

No obstante, la conclusión de este análisis corresponde a un estudio preliminar de la problemática ambiental presentada, por lo tanto, se sugiere que se tengan en cuenta para futuros estudios, las recomendaciones dadas en el siguiente numeral.

8. Recomendaciones

De acuerdo a las condiciones de la industria, es importante tener en cuenta que, cualquiera de los sistemas de tratamiento de aguas residuales que se plantee, debe contar con trampa de grasas implementada al inicio del sistema, de tal manera que se eviten inconvenientes técnicos en las etapas posteriores.

Es de vital importancia que se realicen análisis físico-químicos más rigurosos y específicos al efluente contaminante de cada fábrica, así como un análisis microbiológico, que permita caracterizar detalladamente los vertimientos y se pueda seleccionar la tecnología apropiada para cada caso.

Es importante que todas las fábricas de bocadillo veleño comiencen a poner en práctica los programas de ahorro y uso eficiente del agua, tanto en el lavado de equipos como en la limpieza de las instalaciones, con el fin de disminuir el caudal de vertimientos. De igual manera, el uso de cloro como desinfectante se debe racionalizar y minimizar con el fin de no dañar o interferir los procesos biológicos de degradación de la materia orgánica en las PTAR.

Se hace urgente que las fábricas de bocadillo en general, implementen dentro de sus instalaciones un sistema que permita remover la carga orgánica y tratar el agua antes de que sea vertida en las fuentes de agua superficial, ya que las consecuencias a mediano y largo plazo podrían ser fatales si no se comienza a controlar la contaminación y no se promueve la protección de las fuentes hídricas de la región.

Referencias Bibliográficas

- Alcaldía municipal de Vélez. (2016). *Plan de Desarrollo "Con Vélez en el Corazón 2016-2019"*. Vélez - Santander.
- COLEMPAQUES. (s.f.). *Colempaques*. Obtenido de Tanque horizontal de 4000 L: <https://www.colempaques.com/>
- EDUARDOÑO. (s.f.). *Eduardoño*. Obtenido de Planta de Tratamiento de Agua Residual Doméstica Aerobia: <http://www.eduardono.com/ambiental/fichas/ptard-aerobia.pdf>
- FIBRAS Y NORMAS DE COLOMBIA S.A.S. (s.f.). *Tratamiento de Aguas Residuales Industriales*. Obtenido de <https://www.fibrasynormasdecolombia.com/plantas-tratamiento-aguas-residuales/industriales/>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (17 de Marzo de 2015). Resolución 0631. *Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones*. Bogotá D.C. , República de Colombia.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s.f.). *Decreto Ley 2811 de 1974 Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente*. Bogotá D.C.
- Municipio de Vélez. (s.f.). *Nuestro Municipio*. Obtenido de Sitio oficial de Vélez en Santander: http://www.velez-santander.gov.co/informacion_general.shtml
- NyF SINERGY Colombia. (s.f.). *Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales* . Obtenido de Sistema Bioball - Ficha técnica: <https://www.nyfdecolombia.com/plantas/fichas-tecnicas/Ficha%20Tecnica%20PTAR%20BIOBALL%200.14%20LPS.pdf>

ROTOPLAST. (s.f.). *Rotoplast*. Obtenido de Sistema Séptico Imhoff:
<http://www.rotoplast.com.co/sistema-septico-integrado/>

Superintendencia de Industria y Comercio. (27 de Junio de 2017). Resolución N° 37563. *Por la cual se resuelve un recurso de reposición: aclaración, modificación y adición de aspectos relacionados con la Denominación de Origen Protegida al Bocado Veleño*. Bogotá D.C., República de Colombia.

Universidad Industrial de Santander. (2015). *ESTUDIO DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA DEL MUNICIPIO DE VÉLEZ, DEPARTAMENTO DE SANTANDER. Volumen II-A Determinación de la susceptibilidad del casco*. Bucaramanga.

Apéndices

Apéndice A: información complementaria de la guayaba y la hoja de bijao

Descripción del árbol de guayaba

Tallos: Los tallos cuando están tiernos son angulosos, pero su coloración se torna café claro cuando empiezan a crecer; su arbusto siempre es verde y frondoso, puede alcanzar en promedio, de 5 a 6 metros de altura, pero si se maneja adecuadamente con podas, no sobrepasa los 3 metros. El tronco, cuya apariencia es la de un hueso, tiene una madera de alta calidad, mucha resistencia y alcanza normalmente un diámetro de 25 cm.

Hojas: Las hojas nacen en pares de color verde pálido, oreáceas y de forma alargada, terminan en punta aguda con una longitud que oscila entre 10 y 20 cm, con 8 cm de ancho; posee pelos finos y suaves en ambos lados, con una nervadura central y varias secundarias que resaltan a simple vista.

Inflorescencia: Las flores nacen en la base de las hojas, solitarias o en pequeños grupos, de unos 2,5 cm de diámetro, sobre pedúnculos delgados o en las ramas más jóvenes, con gran cantidad de estambres y un solo pistilo. Son amarillas claro o blancas, axilares.

Frutos: La forma del fruto depende de la variedad, puede ser esférico, ovoide o piriforme de 3 a 10 cm de diámetro, amarillo con la pulpa blanca, rosada, o rojiza, algo ácida con olor a almizcle. Según las diversas variedades, la guayaba puede tener forma redondeada semejante a un limón o parecida a una pera. La madurez se observa en la cáscara cuando alcanzan un color verde amarillento, o amarillo rosado. Su cáscara es cerosa, en algunas variedades de piel lisa y en otras rugosas. Bajo la cáscara se encuentra una primera capa de pulpa, consistente y firme, la capa interior es más blanda, jugosa y cremosa albergando un gran número de semillas de

constitución leñosa y dura. La pulpa puede ser color beige en ocasiones y en otras de color rosado. El fruto se consume crudo, en compota, jaleas, mermeladas o para elaboración de dulces.

Raíces: Las raíces son profundas, lo que le permite sobrevivir en zonas árida, su corteza es lisa con un determinante color rojizo a uno marrón claro. Es extienden lateralmente formando una extensa red, lo que permite alimentar al árbol y competir en condiciones adversas. Las raíces pueden brotar y forman nuevas plantas sobre todo si se les causan heridas, pues poseen yemas latentes que son estimuladas a crecer. Aparentemente, las raíces del guayabo tienen un marcado efecto alelopático, es decir inhiben el desarrollo de malezas debajo del árbol. Esta es una característica muy importante, porque permite ir disminuyendo el costo de controlar malezas en la medida en que el árbol va creciendo y cubriendo todo el terreno.

Descripción del cultivo de guayaba

Propagación

La propagación del guayabo puede ser de forma sexual y asexual. La propagación sexual presenta el inconveniente de la alta variabilidad de la descendencia y de una tardía entrada en producción. En cambio, la propagación asexual se realiza mediante varios métodos:

Propagación por acodo aéreo: Este método es el menos empleado para la obtención masiva de plántulas. Consiste en la selección de ramas de más de un año de edad, con un diámetro de 1-2cm y buenas características. Seguidamente se realiza un corte en la corteza de 1,5cm de longitud desde el extremo de la rama y se le aplica una hormona enraizante para favorecer así el desarrollo de raíces. Alrededor del corte, se coloca una bolsa con un sustrato poroso y húmedo (turba, musgo, aserrín), manteniéndola sujeta con una cuerda. Es conveniente utilizar bolsas

transparentes para poder observar el proceso. Al cabo de aproximadamente un mes se desarrollan las nuevas raíces. Finalmente se extraen de la planta madre.

Propagación por estacas: Este método consiste en la obtención de esquejes de dos nudos y unos 25 cm de longitud, procedentes de brotes de menos de un año de edad. Se deben eliminar las hojas de los esquejes, dejando únicamente dos, las cuales son cortadas por la mitad. Es conveniente efectuar cortes longitudinales sobre la corteza de los esquejes con el objetivo de estimular la emisión de raíces. Seguidamente, se debe aplicar una hormona enraizante en la base de los esquejes. Por último, se colocan en un sustrato húmedo y poroso. Al cabo de un mes se desarrollan las nuevas raíces.

Propagación por injerto: El injerto de parche es el más utilizado para guayaba. Como patrón se utilizan plantas procedentes de semillas y como variedad la deseada pero de igual diámetro que el patrón y con una yema de más de 1 cm de diámetro. Una vez obtenido el patrón, se poda a una altura entre 20 y 30 cm desde el cuello de la planta. Seguidamente, se extrae a una altura de 10 y 15 cm un rectángulo de corteza de 2,5 x 1 cm. Este mismo corte se debe efectuar alrededor de la yema del brote seleccionado anteriormente y se coloca en el corte del patrón manteniéndolo sujeto con una cinta y dejando al descubierto la yema. Finalmente, se corta el patrón que queda por encima del injerto dejando de 6 a 10 hojas. Al cabo de 5 o 6 meses, el árbol podrá ser trasplantado a su lugar definitivo.

Técnicas de cultivo

Preparación del suelo: La plantación se debe realizar preferiblemente en un terreno llano o de pendiente suave. Para la preparación del terreno se debe realizar una labor de subsolado para mantener el suelo aireado y con buena capacidad de drenaje.

Es recomendable realizar un análisis de suelo para llevar a cabo la aportación de enmiendas y correcciones que sean necesarias.

Plantación: En una plantación con sistema de riego, la siembra del guayabo puede realizarse en cualquier época del año. Se puede llevar a cabo de forma lineal o a tresbolillo, con un marco de plantación de 4,5 m x 1,5 m, 4 m x 3 m, 4 m x 4 m ó 5 m x 5 m. Las plantas se colocan en hoyos de 0,5 m x 0,5 m x 0,5 m donde se introduce materia orgánica antes de la siembra.

Poda: Esta labor es fundamental ya que la producción tiene lugar en los brotes nuevos. Se distinguen varios tipos de poda:

- *Poda de formación:* Esta poda se realiza cuando la planta alcanza una altura entre 0,3 m y 0,5m. Consiste en realizar un corte en el brote terminal, con el fin de estimular la emisión de brotes laterales, los cuales dan lugar a nuevos brotes de que se seleccionan unas tres ramas, a las que se les debe realizar un pinzado dejando unos 6 pares de hojas. Este proceso se realiza hasta obtener una planta de 8 a 12 ramas distribuidas de manera equilibrada. Se debe tener en cuenta, que el guayabo florece a los 2-3 meses de su trasplante. Es conveniente eliminar todos los brotes florales hasta que hayan transcurrido unos 10 meses desde su trasplante. De esta manera, la planta emplea toda su energía para desarrollarse vegetativamente.
- *Poda de saneamiento:* Esta poda consiste en la eliminación de aquellas ramas afectadas por plagas o enfermedades o de las que se encuentren mal ubicadas.
- *Poda de producción:* Esta poda se debe realizar tras la recolección. Consiste en eliminar todas las ramas que han dado fruto, con el objetivo de estimular nuevos brotes florales.
- *Despunte de ramas:* La mayor parte de las flores del guayabo se desarrollan entre el segundo y cuarto nudo, por lo que el despunte tiene como objetivo estimular nuevos brotes, de manera que la producción se concentre en el centro del guayabo.
- *Polinización:* La polinización del guayabo se puede conseguir tanto mediante polinización cruzada como por autopolinización. No obstante, se ha demostrado que la polinización cruzada da lugar a una producción mayor y de mejor calidad. La polinización cruzada se

lleva a cabo mediante la abeja *Apis mellifera*.

- **Fertilización:** La fertilización de la guayaba varía en función del estado de desarrollo de la planta. Para ello, se debe seguir la siguiente recomendación de fertilización anual.

Tabla 20. Nutrientes de la planta según su edad

Edad (año)	Nitrógeno (g/planta)	Fósforo (g/planta)	Potasio (g/planta)
1	4	4	40
2	60	60	60
3-4	120	100	120
5-6	200	120	200
7-8	250	140	250
9-10	300	180	300
>11	400	200	400

Es aconsejable realizar análisis de suelo de forma periódica para poder corregir deficiencias o excesos nutricionales.

Plagas y enfermedades

Plagas

Mosca de la guayaba (*Anastrepha* sp.; *Ceratitis capitata*): Se trata de la plaga más perjudicial de la guayaba. Las hembras actúan perforando el fruto para ovopositar, como consecuencia, las larvas se alimentan de la pulpa originando galerías, las cuales posteriormente dan lugar a zonas necróticas. Para el control de esta plaga se recomienda el uso combinado de las siguientes medidas: seleccionar variedades menos susceptibles a la mosca de la guayaba, eliminar las malas hierbas y el material vegetal afectado, cubrir los frutos con bolsas de plástico, con el fin de establecer una barrera física, colocar trampas Mc-Phaill en lugares estratégicos. Para el control biológico de esta plaga se realiza una suelta de machos estériles y liberan parasitoides.

Picudo de la guayaba (*Conotrachelus psidii*): Se trata de la plaga más importante del guayabo después de la mosca de la fruta. Las hembras del picudo originan daños al ovopositar en el

interior del fruto. Sin embargo, el daño más severo es producido por las larvas al alimentarse de la pulpa y semilla, provocando necrosis alrededor de la parte afectada. Como consecuencia, se produce la maduración prematura del fruto y finalmente la caída del mismo. Para el control de la plaga se recomienda embolsar los frutos hasta la recolección, la eliminación de frutos afectados antes de que la larva salga del fruto y la aplicación de insecticidas en la época de mayor presencia de adultos.

Gallina ciega, chicote (*Phyllophaga* spp.; *Anomala* spp.): Se trata de una plaga de escarábidos cuyas larvas provocan daños en el sistema radical de la planta. La mejor época para el control de estas larvas es en verano o principios de otoño. Para ello, se debe realizar una labor de arado para que dichas larvas queden expuestas a la radiación solar directa y a los depredadores.

Pulgones (*Aphis gossypii* y *Myzus persicae*): Se trata de una plaga que afecta principalmente a brotes y hojas. Los daños son provocados al succionar la savia de la planta, originando el debilitamiento de la misma, además de deformaciones de hojas, clorosis y retraso en el crecimiento. Por otro lado, los pulgones provocan daños indirectos ya que, al igual que la mosca blanca, segregan melaza y son transmisores de virus. Es importante recurrir a la realización de medidas preventivas para evitar la rápida dispersión de esta plaga. Para ello se recomienda la eliminación de malas hierbas y restos del cultivo anterior, la colocación de trampas cromáticas amarillas, la colocación de mallas en las bandas del invernadero en su caso. Si la presencia de esta plaga es severa, se recurre al control químico con productos sistémicos.

Ácaros: Esta plaga afecta principalmente a hojas, aunque también pueden afectar a flores y frutos. Los daños se originan a causa de su alimentación, ya que al extraer la savia de los tejidos provocan punteaduras de color amarillo en el haz de las hojas y a lo largo de los nervios

principales. Posteriormente, estas punteaduras se tornan de color marrón y se abarquillan, obteniendo un aspecto polvoriento. Finalmente, dichas hojas se desecan y caen. Es frecuente también encontrar finas telarañas en el envés de las hojas afectadas. Para evitar la propagación de esta plaga se deben llevar a cabo una serie de medidas preventivas:

1. Aumento de la humedad relativa
2. Manejo de material vegetal sano
3. Eliminación de malas hierbas y material infestado
4. Adecuado marco de plantación, de forma que no exista contacto entre plantas consecutivas
5. Evitar exceso de abono nitrogenado
6. Uso de plantas cebo
7. Tratamientos químicos durante el invierno (en este periodo la plaga permanece inactiva)

Si la infestación es severa, será necesaria la intervención química. Es fundamental realizar aplicaciones alternando acaricidas con modo de acción diferente para así evitar la aparición de resistencias.

Enfermedades

Antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*): El hongo causante de esta enfermedad se desarrolla en condiciones de alta humedad. Los síntomas se manifiestan en el fruto con la presencia de pequeñas manchas hundidas y circulares en forma de anillos concéntricos de color pardo, que van extendiéndose y profundizando hasta el interior del fruto. Normalmente, los frutos afectados exudan un líquido rosado. Esta enfermedad debe prevenirse mediante la

intervención de medidas preventivas como:

1. Utilización de material vegetal sano
2. Eliminación de material vegetal afectado
3. Eliminación de malas hierbas
4. Reducir las condiciones de humedad
5. Evitar heridas en la planta
6. Aplicaciones periódicas con fungicidas a base de cobre

Enfermedad de la costra (*Pestalotia psidii*): La incidencia del hongo causante de esta enfermedad se ve favorecida por la presencia de alta humedad. Los síntomas se manifiestan con manchas redondeadas de color pardo y aspecto de costra que van cubriendo la epidermis del fruto, evitando así que lleguen a madurar. Además, afecta a brotes y hojas llegando a causar deformaciones y/o marchitamiento. En las flores aparecen manchas pardas en el cáliz y en el pedúnculo, pudiendo provocar la caída de la flor o el estancamiento de los ovarios.

Para prevenir el desarrollo de esta enfermedad es recomendable reducir la humedad relativa del ambiente mediante el adecuado embolsado de los frutos y realizar podas que faciliten la aireación y aplicaciones preventivas con fungicidas a base de cobre.

Cosecha y postcosecha

El índice de madurez para llevar a cabo la cosecha varía en función del mercado. Para frutos destinados a la industria, se deben recolectar cuando la epidermis del fruto adquiere un color

amarillo. En cambio, para su consumo en fresco, así como para el transporte a largas distancias, se debe cosechar cuando la epidermis se torna de color verde amarillento.

Esta labor se realiza durante las primeras horas de la mañana y son trasladadas a lugares frescos donde se realiza su clasificación. La clasificación del fruto se realiza de acuerdo a su tamaño y peso.

Tabla 21. Clasificación del fruto de acuerdo a su peso

Categoría	Peso (g)
Extra	80-120
Primera	60-80
Segunda	45-60
Tercera	25-45

El empaque de las guayabas se realiza en cajas donde se colocan 3 o 4 capas de fruta con un peso máximo de 6 kg, para frutas maduras, o incluso de 13 kg para los frutos que son recolectados aún verdosos.

Para aumentar la vida postcosecha, la guayaba se debe almacenar en cámaras frigoríficas. Para guayabas verdes-amarillentas, se recomienda el almacenamiento a temperaturas entre 8 °C y 10 °C y humedades relativas del 90%. En estas condiciones, el fruto permanece en buen estado unas 2-3 semanas. En cambio, las guayabas maduras (amarillas) se deben almacenar a temperaturas entre 5 °C y 8°C y humedades relativas del 90% durante una semana.

1.1 Aspectos técnicos del cultivo de la hoja de bijao

El bijao es un cultivo permanente que puede mantenerse a bajo costo en buenas condiciones por más de veinte años debido a su constante renovación.

Selección del terreno: Se tienen en cuenta los siguientes criterios:

- Humedad: se reproduce en todos los terrenos, pero se logran mejores hojas en suelos húmedos.
- Selección de la semilla: El bijao se multiplica por medio de rizomas o colinos. Los productores identifican dos clases: negro y blanco, este último llamado así porque produce una hoja de empaque más suave y blanca.
- Fertilidad del suelo: obtiene un buen desarrollo en suelos no arcillosos ricos en materia orgánica.
- Intensidad solar: requiere exposición directa a los rayos solares. Los residuos de las plantas de sombrío manchan la hoja.
- Preparación del terreno. La primera acción es una limpieza del terreno para retirar los residuos de cultivos anteriores. Luego se prepara el terreno removiendo y aflojando bien el suelo.

Siembra

Se recomienda un trazado en cuadro con distancias de siembra de 1,5 m. El espacio entre plantas rápidamente es copado por el cultivo, pero se mantiene la dirección de las calles y los surcos para facilitar la movilidad.

Establecida la posición de siembra de cada planta, se ahoya, se coloca el colino y se cubre con la misma tierra. Para obtener algunos ingresos durante el establecimiento se pueden intercalar algunas especies como fríjol, arracacha, maíz o yuca.

Abonamiento

Puesto que el bijao se cultiva para proteger las fuentes hídricas y para producir un empaque para alimentos, se recomienda un manejo agronómico limpio, orgánico y sostenible; para ello

se utilizan abonos de origen orgánico y se excluye el uso de agroquímicos para el control de malezas, plagas y enfermedades.

El abono orgánico se debe aplicar una vez iniciado el rebrote de las hojas en la nueva planta, con una aplicación anual después de la cosecha de la hoja empleando cerca de 1 Ton/ha en promedio.

Los residuos de la cosecha y de la hoja procesada se usan como cobertura vegetal y ayudan a mantener la humedad del suelo. Su descomposición aporta nutrientes para el cultivo.

Malezas, plagas y enfermedades

La limpieza del cultivo es una práctica generalizada que se hace de forma manual con azadón en el momento de cosechar la hoja. Después de florecer las plantas se mueren y deben ser eliminadas.

En la provincia de Vélez, Santander, el daño ocasionado por plagas y enfermedades no repercute económicamente en el productor, factor que facilita el manejo de una agricultura limpia para este cultivo.

Los productores reconocen las siguientes plagas y enfermedades:

- El follaje es consumido por una larva conocida comúnmente como “capacho” o “coco”.
- En la raíz se han observado ataques de un coleóptero comúnmente conocido como “cucacho”.
- Los cogollos reciben el ataque de las ardillas que lo destruyen por completo.
- La roya produce el deterioro por amarillamiento de las hojas, las cuales se deben desechar.

Efectos del clima sobre el cultivo

Los aspectos climáticos presentan mayor incidencia económica para el productor. Los principales son:

- El Granizo: es el principal problema climático y ocurre mínimo una vez al año cuando todas las hojas son destruidas por el golpe que reciben.
- Los Vientos fuertes: rasgan la hoja dejándola inservible para la comercialización.

2.1 Aspectos técnicos de la cosecha

Una vez establecido el cultivo, se realiza una cosecha cada tres meses. Si la frecuencia es mayor, las hojas se deterioran por rasgado y amarillamiento. Esta labor se puede ejecutar en cualquier época del año, pero es mejor realizarla en invierno, ya que el cultivo cuenta con la humedad requerida para su recuperación y desarrollo.

La cosecha tiene una duración de 1 a 3 días y en ella trabajan 2 ó 3 personas. En promedio se cortan 4.000 hojas por día.

Corte de la hoja

Cuando el terreno es pendiente, el corte comienza desde la parte baja del lote para minimizar el esfuerzo físico. Las labores se inician en las primeras horas de la mañana y las hojas se seleccionan visualmente.

Como herramienta para el corte se emplea un machete pequeño o un cuchillo grande bien afilado. Se realiza un corte inclinado cercano a la raíz, de manera que no queden porciones de tallo en la planta que se conviertan en un obstáculo para las nuevas hojas; se debe tener especial cuidado de no dañar los tallos en desarrollo de las hojas contiguas. Las hojas cortadas se ubican

en el piso, de manera cuidadosa para no causar daño mecánico, una sobre otra siguiendo el sentido de las venas. Cuando se han cortado entre 70 y 100 hojas, se retiran los tallos sobrantes con un machete o cuchillo, dejando un pedúnculo de unos 5 cm

Las hojas despuntadas se reorganizan por tamaños, formando paquetes de 20 a 25 hojas y se desechan aquellas manchadas, con agujeros o rotas. Los residuos se esparcen en el cultivo como cubrimiento para favorecer la humedad del suelo. Los paquetes o atados se enrollan sin doblar las puntas, como tradicionalmente se realiza, para minimizar el daño mecánico y facilitar el tratamiento térmico.

Los atados de hojas enrolladas se agrupan ordenadamente en una bolsa, cuidando que queden bien ajustados y que las puntas de uno de los rollos, coincida con los pedúnculos del otro, para evitar daño mecánico. En cada bolsa se colocan entre 40 y 50 atados.

La bolsa facilita el transporte de las hojas del cultivo al sitio de procesamiento y evita el daño mecánico ocasionado por la malla o la cabuya.

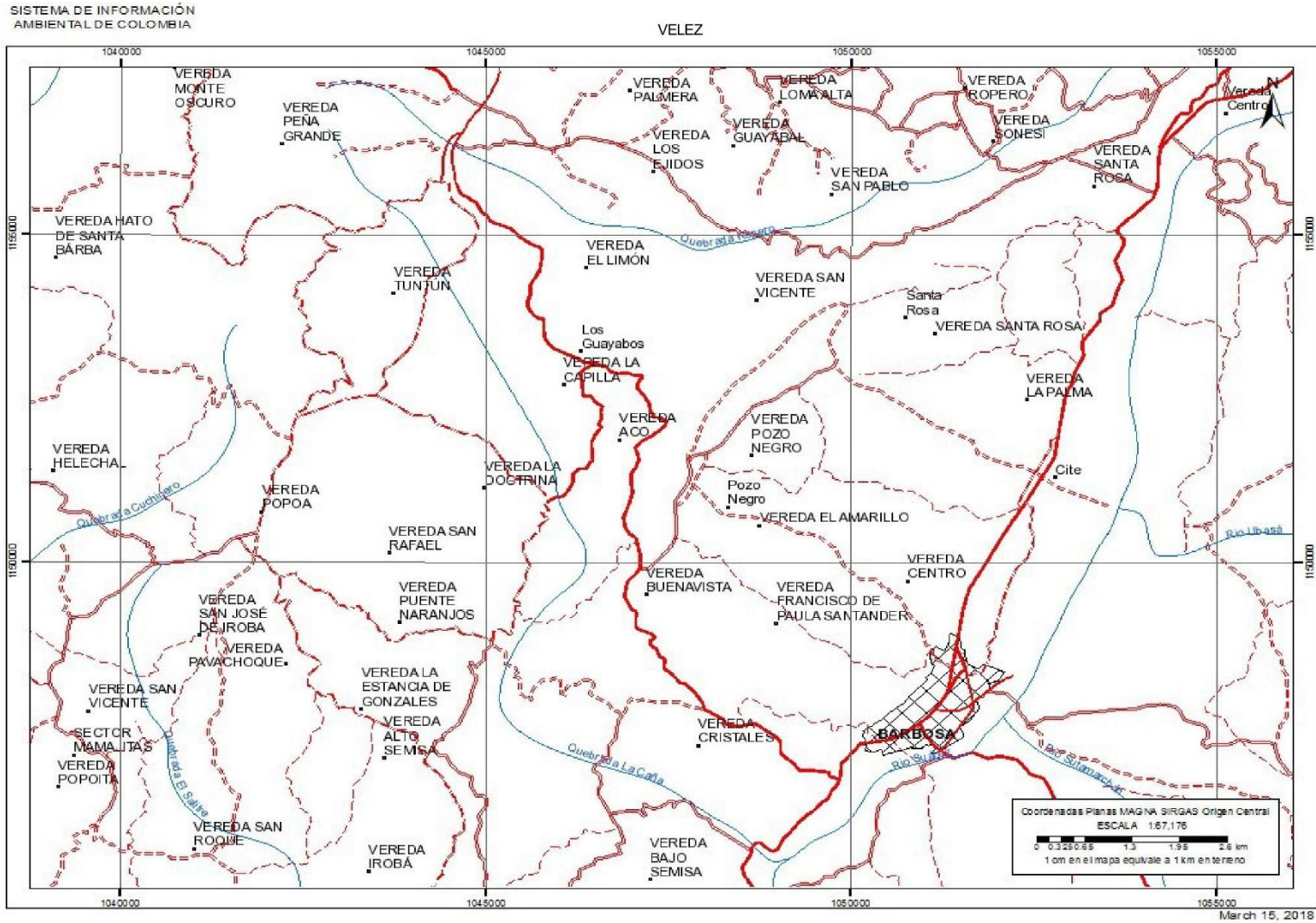
Se propone utilizar una bolsa fabricada en lona o lienzo, con dos manijas en el mismo material para facilitar su manipulación. Para ajustar y cerrar, tres hebillas y velcro al frente o correas de anudar y en los laterales cordones pasados, que permiten recoger los extremos de la mochila al ser jalados y anudados.

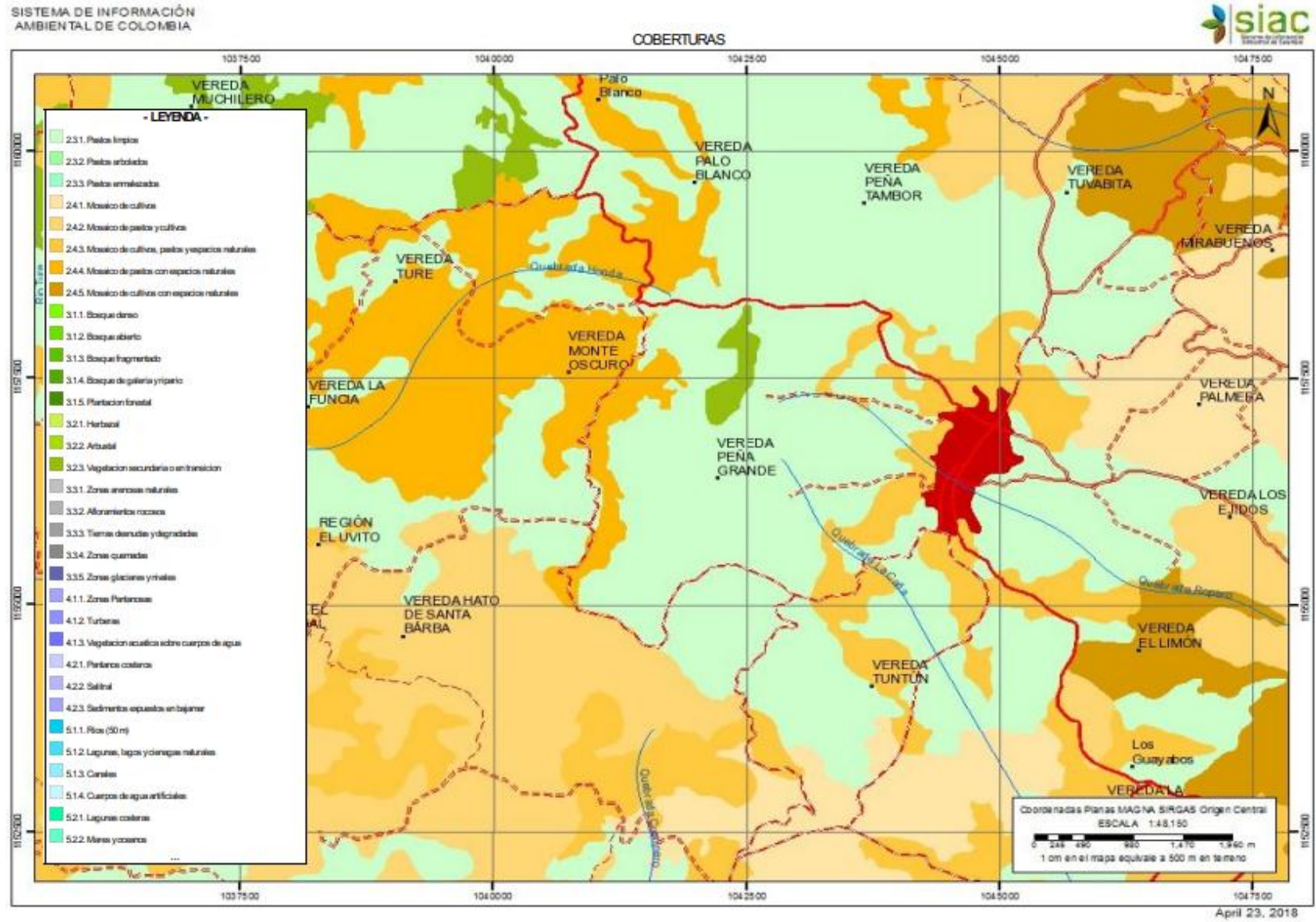
Transporte de la hoja

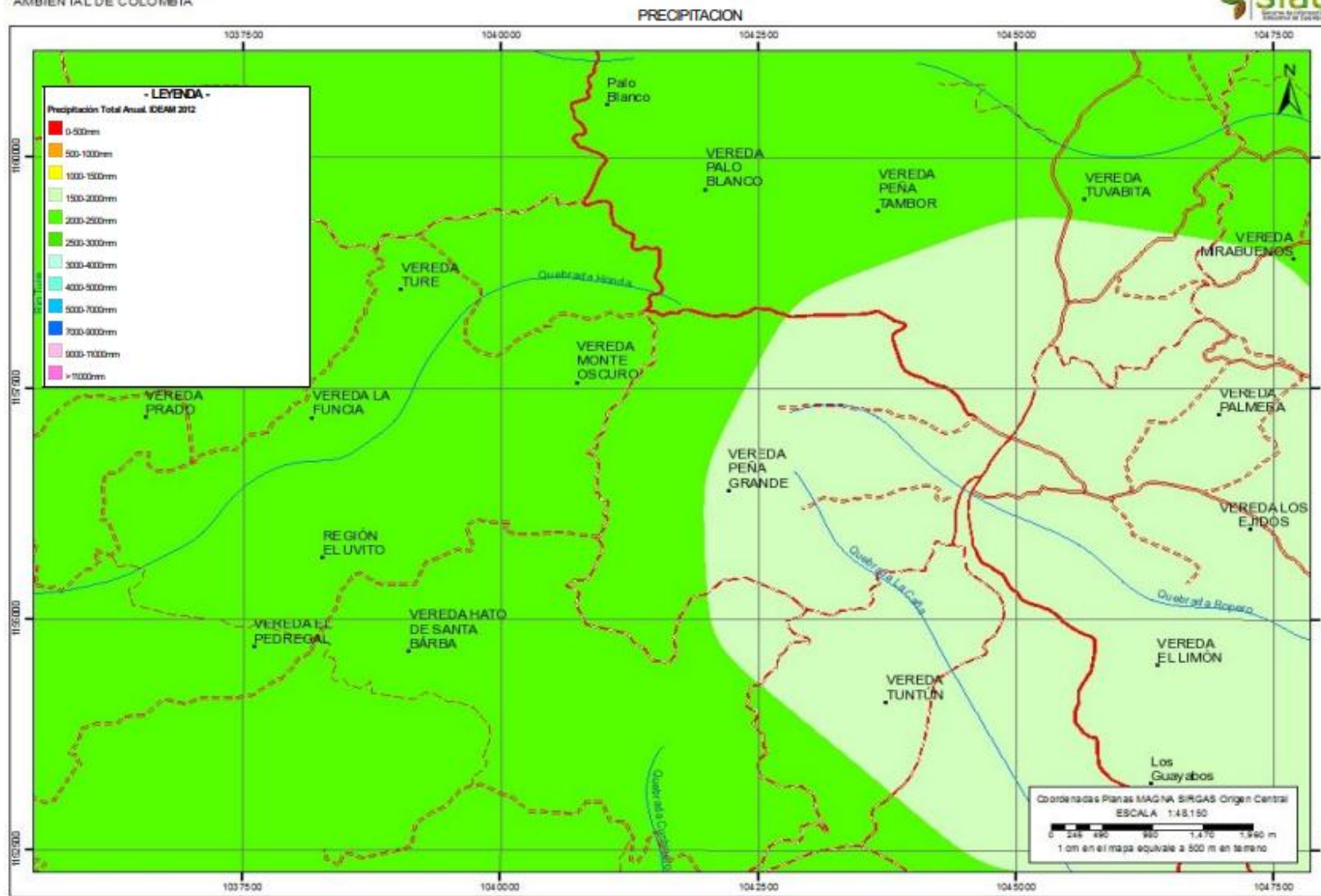
La hoja cosechada se lleva a un sitio fresco en la casa o en el sitio de procesamiento, pues las altas temperaturas disminuyen su vida útil. Al siguiente día se procesan o se llevan al mercado para ser vendidas a los procesadores.

Cuando se vende el bijao verde, el transporte se realiza a lomo de mula o en campero de servicio público. Durante este transporte tradicionalmente se pierde hasta 20% de las hojas por daño mecánico.

Apéndice B: Mapas







SISTEMA DE INFORMACIÓN AMBIENTAL DE COLOMBIA

