



UNIVERSIDAD
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL
PIRHUA

ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA ELABORACIÓN DE PURÉ DE BANANO ORGÁNICO DE LA REGIÓN PIURA

Paúl Guzmán-Velásquez

Piura, noviembre de 2014

FACULTAD DE INGENIERÍA

Área Departamental de Ingeniería Industrial y de Sistemas

Guzmán, P. (2014). *Estudio experimental de la elaboración de puré de banano orgánico de la región Piura*. Tesis de pregrado no publicado en Ingeniería Industrial y de Sistemas. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Industrial y de Sistemas. Lima, Perú



Esta obra está bajo una [licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)

Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA



**“ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA ELABORACIÓN DE PURÉ DE
BANANO ORGÁNICO DE LA REGIÓN PIURA”**

**Tesis para optar el Título de
Ingeniero Industrial y de Sistemas**

Paúl Andreé Guzmán Velásquez

Asesor: Dr. Ing. Gastón Cruz Alcedo

Piura, Noviembre 2014

La presente tesis la dedico a mis padres, hermanos y amigos que con su apoyo y palabras de aliento, durante los años de aprendizaje en la escuela y universidad, han hecho posible que mis metas y logros se hagan realidad.

Prólogo

En los últimos años se han hecho muy populares los alimentos orgánicos, despertando el interés de muchas personas por un cambio positivo en la alimentación. No obstante, esto ha originado desconfianza en la seguridad y producción de alimentos convencionales. El cultivo de alimentos orgánicos en la región Piura ha crecido mucho; así mismo, los agricultores han ido perfeccionando las técnicas de cultivo fusionando lo tradicional con la tecnología.

En la región Piura se ha incrementado la producción y exportación de frutas frescas orgánicas como el banano, las mismas que son importadas por países industrializados, dándole así un valor agregado, toda vez que transforman esta materia prima en una variedad de productos como el puré de banano que tiene un alto valor nutritivo, incrementándose su demanda en países de Europa, Asia y Norteamérica; en tal sentido; surge la siguiente interrogante: ¿por qué el Perú, en especial la región Piura, no puede industrializar el banano orgánico que produce?, más aún con los beneficios que traería la creación de una planta procesadora de banano orgánico, como es el desarrollo social y económico, impulsaría la estrategia de dar valor agregado a nuestros productos, desapareciendo así el concepto de país exportador de materia prima.

En el curso de Proyectos, junto con otros compañeros, desarrollamos el trabajo semestral titulado: “Diseño de la línea de producción de harina, puré y deshidratado a base de banano orgánico”; trabajo que incluyó un estudio de pre factibilidad y el análisis financiero del proyecto. Esto motivó a realizar este trabajo de tesis, en el que se ha profundizado más en la parte experimental de la obtención de puré de banano orgánico, así como en el marco técnico y comercial que este producto tiene en la actualidad.

Expreso mi profundo agradecimiento a todas aquellas personas que han colaborado conmigo para la realización de la presente tesis, como lo son: mi asesor de tesis el Dr. Ing. Gastón Cruz, los profesores informantes de la tesis, los responsables del Laboratorio de Química de la Universidad de Piura Dra. Ing. Fabiola Ubillús, Dr. Ing. José Luis Barranzuela, así como el personal técnico del laboratorio.

Resumen

La presente tesis es un estudio experimental de la elaboración de puré de banano orgánico empleando tratamientos orgánicos. Se ha evaluado el oscurecimiento del puré, la variación de la viscosidad y del pH en función del tiempo de almacenamiento, la influencia de la madurez en el procesamiento del banano, así como la calidad del puré por medio de la cuantificación de semillas. Así mismo, se presenta información resaltante sobre aspectos comerciales, usos y tecnología de procesamiento del puré de banano orgánico.

Se determinó a nivel laboratorio, que el equipo adecuado para realizar el pulpeado es una licuadora conectada al vacío, ya que se obtuvo un puré con textura fina y sin presencia de burbujas de aire.

El oscurecimiento del puré de banano puede ser evitado con 150 mg/kg de ácido ascórbico y 100 mg/kg cítrico, aplicados durante la etapa de pulpeado. La viscosidad del puré se incrementa con el paso del tiempo, mientras que el pH prácticamente se mantiene estable dentro de los rangos comerciales del puré (4,40 a 4,58). A partir del grado 5 de madurez, el banano se puede emplear para la elaboración de puré. En la ciudad de Piura se podría construir una planta procesadora de puré de banano orgánico con los excedentes de exportación de esta fruta producida en el valle del Chira.

Índice general

Introducción	
Capítulo 1: Banano orgánico	1
1.1 Taxonomía	1
1.2 Origen del banano en el mundo	1
1.3 Variedades de banano	2
1.4 Composición química	3
1.4.1 Valor nutricional	4
1.5 Producción mundial y nacional	4
1.5.1 Localización de los cultivos	4
1.5.2 Producción y mercado mundial del banano	5
1.5.3 Producción nacional y exportaciones de banano	7
1.6 Descripción del banano orgánico	10
1.7 Reseña histórica del cultivo de banano orgánico en Piura	11
1.8 Cadena productiva del banano orgánico	12
1.9 Formas de procesamiento del banano	13
1.9.1 Puré	13
1.9.2 Banano deshidratado	13
1.9.3 Mermeladas y confituras	15
1.9.4 Harina	15
1.9.5 Vinagre	15
1.9.6 Licor de banano	16
1.9.7 Otros productos	16
Capítulo 2: Puré de banano orgánico	17
2.1 Definición	17
2.2 Parámetros del puré de banano	18
2.3 Propiedades nutritivas	19
2.4 Especificaciones técnicas	19
2.5 Mercados de destino	20
2.6 Formas de utilización o consumo	24
2.7 Proceso de elaboración del puré de banano	24
2.7.1 Cosecha	24
2.7.2 Postcosecha	25
2.7.3 Producción de puré	27
2.8 Tecnología y equipos para una línea de producción de puré de banano	30
2.9 Métodos para determinar los parámetros de calidad	35
2.9.1 ISO 2173-2003: Determinación de sólidos solubles	36
2.9.2 ISO 750-1998: Determinación de la acidez titulable	37
2.9.3 ISO 1842-1991: Determinación de pH	39

2.9.4	NTC 440: Determinación de puntos negros	39
Capítulo 3:	Experimentación y resultados	41
3.1	Materiales y equipos	41
3.2	Tratamiento de las muestras	42
3.3	Ensayos preliminares	42
3.4	Influencia de la madurez en la textura y color del puré de banano orgánico	48
3.5	Tratamientos para evitar el oscurecimiento del puré de banano orgánico.....	49
3.6	Variación de la viscosidad y pH en función del tiempo	55
3.7	Cuantificación de las semillas en el puré de banano orgánico	58
Capítulo 4:	Consideraciones para un proyecto industrial	61
4.1	Capacidad de producción.....	61
4.1.1	Disponibilidad de materia prima.....	61
4.1.2	Tecnología de la línea de producción	62
4.1.3	Determinación de la capacidad de producción	62
4.2	Definición de los procesos.....	63
4.2.1	Diagrama de bloques.....	63
4.2.2	Diagrama de recorrido sencillo	65
4.2.3	Operaciones del proceso productivo	66
4.2.4	Descripción de las operaciones.....	66
4.3	Localización de la planta	68
4.3.1	Criterios de evaluación	68
4.3.1.1	Ubicación del mercado y los demandantes.....	68
4.3.1.2	Disponibilidad de materia y otros recursos	69
4.3.1.3	Disponibilidad de terrenos y su costo	69
4.3.2	Alternativas de localización.....	70
4.3.3	Análisis de la localización	70
4.3.3.1	Estudio de macro localización	70
4.3.3.2	Estudio de micro localización.....	71
4.4	Distribución de la planta.....	75
4.5	Balance de materia.....	78
4.6	Descripción de los empaques.....	79
4.6.1	Datos que contendrá el embalaje	79
4.6.2	Función del embalaje del producto	81
4.6.3	Presentaciones del puré de banano existentes en el mercado	81
4.6.4	Material de embalaje para transporte.....	81
4.7	Descripción de maquinaria y equipos de proceso.....	82
4.8	Proveedores de la maquinaria	87
4.9	Programa de producción	88
Conclusiones.....		89
Referencias		91
Anexo A:	Composición (100 g) de banano y plátano en diferentes formas.....	A-1
Anexo B:	Lista de países exportadores de banano en el mundo	B-1
Anexo C:	Tablas de corrección de medidas con refractómetro.....	C-1

Introducción

El Perú es un país privilegiado por la gran diversidad de alimentos nutritivos que se producen en sus regiones. En algunos de sus nichos agroecológicos se siembran bananos que con el paso del tiempo se han diversificado para convertirse en una fruta de gran importancia económica para miles de hogares de agricultores y para la aceptación de sus consumidores. En la costa norte del país se produce banano orgánico con altos estándares de calidad y gran valor nutricional, por lo que, es muy valorado y a su vez adquirido en varios países europeos, asiáticos y americanos.

El objetivo principal de la presente tesis es determinar el procedimiento experimental para la obtención de puré de banano orgánico de la región Piura, bajo distintos tratamientos orgánicos; para lo cual se realizó un estudio experimental en el Laboratorio de Química de la Universidad de Piura. Además, se planteó el estudio de la estabilidad de la viscosidad durante el almacenamiento del puré, una metodología para evaluar la calidad por medio del conteo de semillas, información sobre aspectos comerciales, usos, tecnología del procesamiento de puré de banano orgánico, llegando hasta el planteamiento de consideraciones técnicas y económicas para un posible proyecto industrial.

En el primer capítulo se presenta el marco teórico del banano orgánico, poniendo énfasis en sus variedades, composición química, producción nacional y mundial y formas de procesamiento. Además, se expone la taxonomía, el origen del banano en el mundo y una reseña historia del cultivo de banano orgánico en Piura.

El segundo capítulo comprende una revisión de información sobre el puré de banano orgánico, exponiendo su definición, parámetros, propiedades nutritivas, especificaciones técnicas, mercados destino, formas de utilización o consumo, proceso de elaboración y métodos para determinar los parámetros de calidad.

En el tercer capítulo se presentan los ensayos realizados para la obtención de puré de banano orgánico, con sus respectivos resultados, habiéndose evaluado varios procedimientos para evitar el oscurecimiento del puré, la influencia de la madurez en la textura y color del puré, la variación de la viscosidad y pH en función del tiempo, y la cuantificación de semillas en el puré de banano orgánico.

En el cuarto y último capítulo se presentan las consideraciones para un proyecto industrial, es decir, una posible planta productora; con un estudio de micro y macro localización, diseño de la planta e información de maquinaria, equipos y proveedores. Finalmente, se presentan conclusiones de los ensayos realizados y algunas sugerencias para profundizar el estudio experimental de la elaboración de puré de banano orgánico.

Capítulo I

Banano orgánico

En este capítulo se presenta una revisión general sobre cómo en los últimos años se han hecho muy populares los alimentos llamados orgánicos, demostrando el interés de mucha gente por un cambio positivo en la alimentación generando a su vez la desconfianza en cultivo y producción de los alimentos convencionales. Además, se explica todo lo relacionado con el banano orgánico como: su taxonomía, origen, composición, variedades, producción a nivel nacional y mundial, entre otros aspectos.

Finalmente, se realiza una descripción de los principales productos derivados del banano orgánico que actualmente se exportan e importan en diferentes países.

1.1 Taxonomía

Es una fruta cuyo nombre comercial es banano o plátano, de la especie vegetal *Musa paradisiaca*, variedad “Cavendish”. Tiene una longitud promedio por banano de 7,5 pulgadas, un peso aproximado de 200 g, pulpa consistente, maduración uniforme y textura suave. Al formarse la inflorescencia, esta forma un racimo compuesto por manos y dedos (cada racimo pesa alrededor de 20 kg, dependiendo del tamaño del racimo pueden llegar de 200 a 250 dedos).

Es importante precisar que en varios países de Latinoamérica, banano refiere a aquella fruta que se come fresca y los plátanos aquellos que se comen cocinados (frito, hervido, horneado o asado). Las diferencias radican básicamente en su origen y en las características morfológicas.

El banano es altamente nutritivo y fácil de digerir (el tiempo de digestión del banano es de 105 minutos). Por otro lado, los bananos son populares por su aroma, textura, y facilidad de pelar y comer [1].

1.2 Origen del banano en el mundo

El banano es una fruta rodeada de una enorme cantidad de historia sobre su origen, pero independientemente de la procedencia lo que sí parece estar muy claro es la antigüedad de éste, ya que hay teorías que lo ponen como la primera fruta que existió en la Tierra.

Su origen se sitúa en el Sudeste de Asia, específicamente en las junglas de Malasia, Filipinas e Indonesia, sitios que hasta la fecha producen banano. Se cree que en la Edad

Media los árabes llevaron la fruta a África y que precisamente el nombre proviene de un vocablo árabe que significaba “dedo”.

Por otra parte, algunos misioneros portugueses se encargarían de llevarlo y desarrollar su cultivo en las Islas Canarias. Ellos mismos, junto a los españoles, al empezar sus travesías en el Nuevo Mundo se encargaron de llevar consigo la fruta y la historia. Se estima que en 1516 fue cuando empezó la siembra en Santo Domingo, sitio del que pronto se extendería al resto del Caribe y América Latina.

Pero, sería a finales del siglo XIX, cuando la modernización en los sistemas de transporte permitió que el banano empezara a consolidarse como uno de los más importantes productos de exportación, permitiendo a los productores encontrar grandes clientes en Estados Unidos y Europa [2].

1.3 Variedades de banano

Se cree que existen casi 1000 variedades de banano en el mundo, subdivididos en 50 grupos. El banano más popular es la variedad conocida como Cavendish, que se produce para los mercados de exportación. A continuación, en la tabla 1 se presenta algunas de las variedades de banano más representativas.

Tabla 1. Clasificación de especies de banano

ESPECIE	GRUPO	SUBGRUPO	CLONES	OTROS NOMBRES	
<i>Musa acuminata</i>	Diploide AA	Sucrier	Baby banana	Lady's Finger	
		Gross Michel	Gross Michel	Orito	
	Triploide AAA	Cavendish	Gran Naine	Gran enano	
			Dwarf Cavendish	Cavendish	
			Valery	Robusta	
			Lacatan	Filipino	
			Williams		
			Rojo y Rojo-verde	Morado	
<i>Musa balbisiana</i>	Triploide AAB	Plantain	French Plantain	Dominico	
			Horn Plantain	Barragenete	
			Dominico Harton		
			Maqueño		
			Manzano		
			Limeño		
	Triploide ABC	Plantain	Cuatrofilios		
			Pelipita		
	Tetraploides AAAB		FHIA 4		
			FHIA 21		

Fuente: [3] Clasificación de las especies de banano. Análisis del Sector Bananero – PRO ECUADOR – Dirección de inteligencia Comercial e Inversiones (Recuperado el 16 de Julio del 2013).

Carl Von Linneo, clasifica a la *Musa paradisiaca* como una combinación de estos dos tipos de especie de musa, esto sería:

Musa acuminata x *Musa balbisiana* = *Musa paradisiaca* (plátano) = *Musa sapientium* (banano) [4].

El banano es conocido a nivel mundial por su calidad y sabor, siendo cotizado en los mercados internacionales de Europa, Asia y América del Norte. Las características especiales de la fruta se deben a las condiciones de suelo y climáticas [3].

Como se puede observar en la tabla 1, el subgrupo Cavendish incluye varios tipos de banano como el Gran enano, Valery, Williams, entre otros. En el norte del Perú, se encuentra la variedad Cavendish-Valery, en su gran mayoría, la cual bajo ciertos tratamientos de siembra y cosecha acreditados, es denominado banano orgánico.



Figura 1. Banano tipo Cavendish - Valery certificado de la región Piura-Tumbes
Fuente: [5] Banano orgánico Cavendish – Valery, Región Piura-Tumbes (Recuperado el 15 de Diciembre del 2013)

1.4 Composición química

En la tabla 2, se mencionan los componentes químicos del banano:

Tabla 2. Composición química del banano orgánico

Composición química del banano Cavendish en 100 g		
Humedad (%)		68,6-78,1
Proteínas (g)		1,1-1,87
Lípidos (g)		0,016-0,4
Carbohidratos	Total (g)	19,33-25,8
	Fibras (g)	0,33-1,07
Vitaminas	A (UI)	190,00
	Tiamina (B1) (mg)	0,04-0,54
	Riboflavina (B2) (mg)	0,05-0,07
	Niacina (B3) (mg)	0,60-1,05
	B6 (mg)	0,32
	Ácido nicotínico (mg)	0,60
	Ácido pantoténico (mg)	0,20

Composición química del banano Cavendish en 100 g		
Minerales	Potasio (mg)	370,00
	Calcio (mg)	3,2-13,8
	Fósforo (mg)	16,3-50,4
	Hierro (mg)	0,4-1,50
Otros componentes orgánicos	Ácido málico (mg)	500,00
	Ácido ascórbico (mg)	5,60-36,4
	Ceniza (g)	0,60-1,48
	Ácido cítrico (mg)	150,00

Fuente: [6] Valor nutricional del banano. Sistema Integrado de información de Comercio Exterior (SIICEX), [7] EIRI Boar of Consultants & Engineers (2013). Improvement of banana 15,116

En el Anexo A, se puede apreciar una comparación entre la composición de 100 g de banana tipo Cavendish y plátano en diversas formas como verde, seco.

1.4.1 Valor nutricional

Tiene elevado valor energético, siendo fuente de vitaminas B y C, como el tomate o la naranja. Su contenido proteínico es discreto y la presencia de grasas casi nula. Numerosas son las sales minerales que contiene, entre ellas hierro, fósforo, potasio y calcio, como se puede apreciar en la tabla 3.

Tabla 3. Valor nutricional

Ración 1 banano (aprox. 160 g)	
Valor energético (kcal)	141,0
Proteínas (g)	1,9
Azúcares (g)	21,0
Fibra (g)	4,2
Carbohidratos (g)	32,6
Lípidos (g)	0,3

Fuente: [8] Información nutricional banana. Vademecum Nutrinfi.

1.5 Producción mundial y nacional

En este apartado se explica en qué lugares del mundo y específicamente en qué zonas del norte del Perú, se cosecha y produce el banano. Además de identificar a los actores que participan en la cadena de valor, como los productores, asociaciones y exportadoras; con el fin de seleccionar a los posibles proveedores de la materia prima a utilizar en una línea de procesamiento de banano.

1.5.1 Localización de los cultivos

El banano se produce en zonas cálidas y tropicales de muchos países del mundo. Algunos de los requerimientos climáticos y de suelo que exige esta fruta para su cultivo son [9]:

- ✓ Temperatura media de 26 - 27 °C
- ✓ Lluvias periódicas
- ✓ Velocidades de viento menores a 20 km/h
- ✓ pH del suelo entre 4,5 - 8
- ✓ Suelos ricos en potasio, arcillo-silíceos, calizos

1.5.2 Producción y mercado mundial del banano

La página oficial de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), muestra datos de la producción mundial del banano sin hacer distinciones de sus variedades, por lo que esta información solo servirá de referencia [10].

En las figuras 2 y 3, se muestra la proporción de la producción por continentes y los principales países exportadores de esta fruta. Los datos mostrados son un promedio de las cantidades producidas entre los años 2008 y 2012.

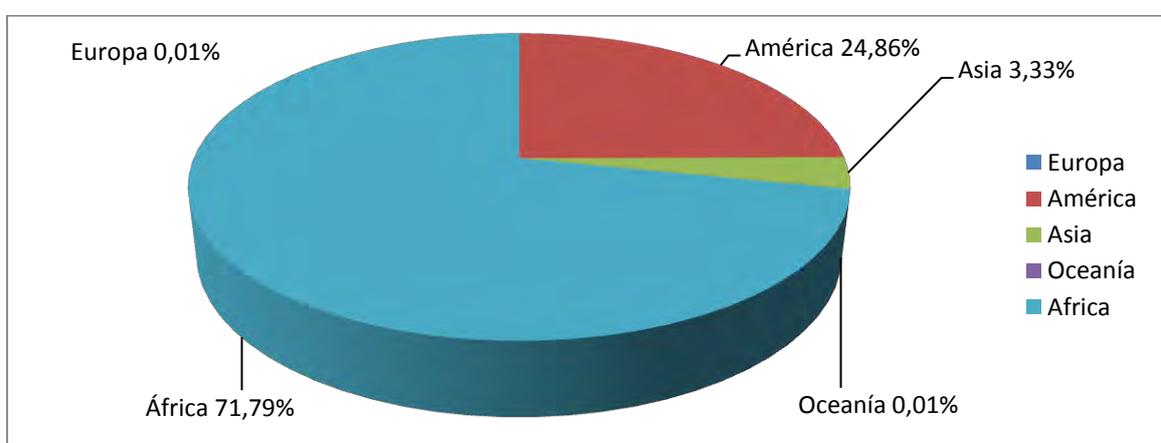


Figura 2. Distribución de la producción del banano por continentes en el año 2011
Fuente: Elaboración propia, con datos de: [10] FAOSTAT.

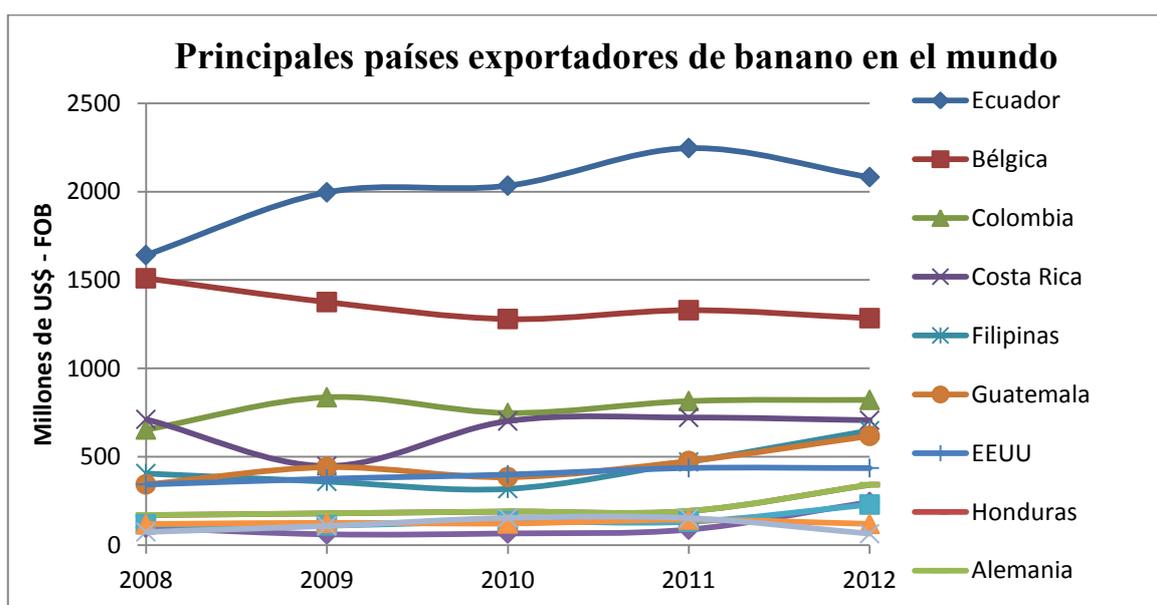


Figura 3. Países exportadores de banano, 2008 – 2012
Fuente: Elaboración propia, con datos de: [11] TRADE MAP.

Hay que tener en cuenta que los países como Bélgica, EE.UU y Alemania no son países productores de banano sino son puntos de concentración de exportaciones provenientes de países productores como Perú, Ecuador, Colombia, Costa Rica, entre otros; y es por ello que tienen altos valores FOB de exportaciones como se observa en la figura 3.

En las cifras más recientes, el 80,64% de las exportaciones de banano a nivel mundial está representado por 10 países, liderando la lista de acuerdo a su participación al 2012 Ecuador con 21,95%, seguido de Bélgica con 13,76%, Colombia con 8,81%, Costa Rica con 8,45% y Filipinas con 6,94%. Mientras que, en el periodo 2008-2012, la tasa de crecimiento (TC) de los principales exportadores indica que Ecuador creció un 5,69%, seguido de Bélgica con una caída de 4,45% y Colombia con un crecimiento de 5,87%. En el Anexo B se presenta información sobre la tasa de crecimiento de países a nivel mundial de acuerdo a sus exportaciones entre el 2008 y 2012.

La tendencia del Perú en exportación de banano a nivel mundial es creciente (15,5% en referencia al año 2011). Es importante destacar, que en el año 2012 el Perú estuvo en el décimo quinto puesto dentro del ranking de todos los productores de banano en el mundo [11].

Para el 2007 las importaciones mundiales de bananos fueron de US\$ 10406,39 millones, en el 2008 las importaciones de este producto pasaron a US\$ 12053,15 millones, mientras que, para el 2009 las mismas presentan crecimiento negativo de 4,57%, con relación al año anterior, para este periodo las importaciones fueron de US\$ 11502,58 millones. Los principales países importadores de bananos para el 2009 fueron Estados Unidos con US\$ 1898,74 millones, representando así, el 16,51% del total de las importaciones mundiales, seguido por Bélgica con US\$ 1623,74 millones, Alemania con US\$ 1024,54 millones [11].

Otros países de importancia en las importaciones de bananos son: Japón, Reino Unido, Rusia, Italia, Francia, Canadá, entre otros países. La figura 4 muestra el comportamiento de las importaciones de bananos en miles de millones de dólares desde el año 2008 al 2012 de los países importadores.

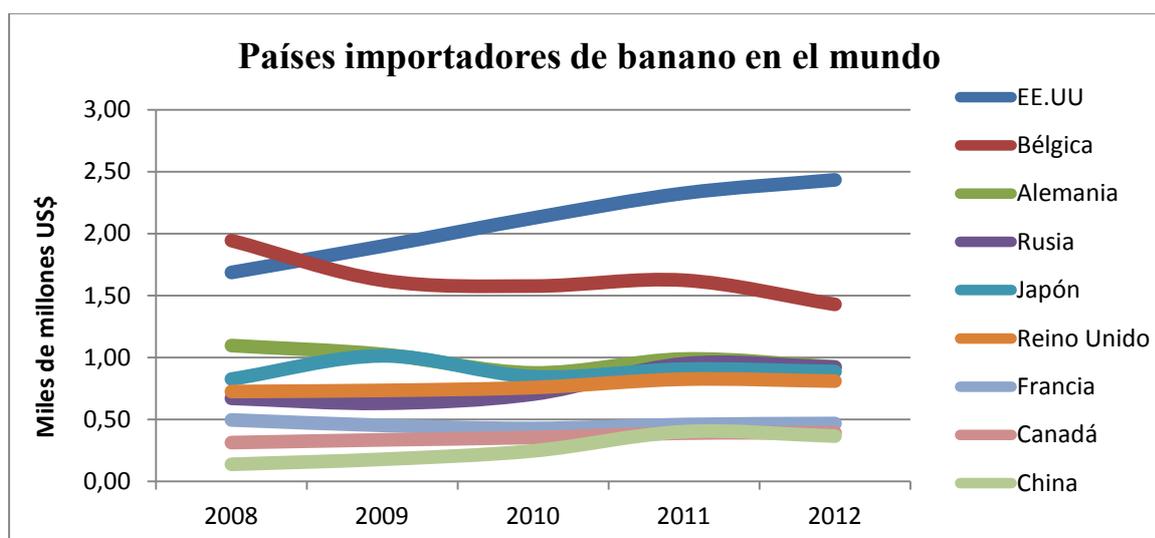


Figura 4. Importaciones de banano a nivel mundial
Fuente: Elaboración propia, con datos de: [11] TRADE MAP.

1.5.3 Producción nacional y exportaciones de banano

Los principales departamentos productores de banano son, como se puede observar en la figura 5, los que se encuentran en zonas cálidas y tropicales como la costa norte y la selva peruana.

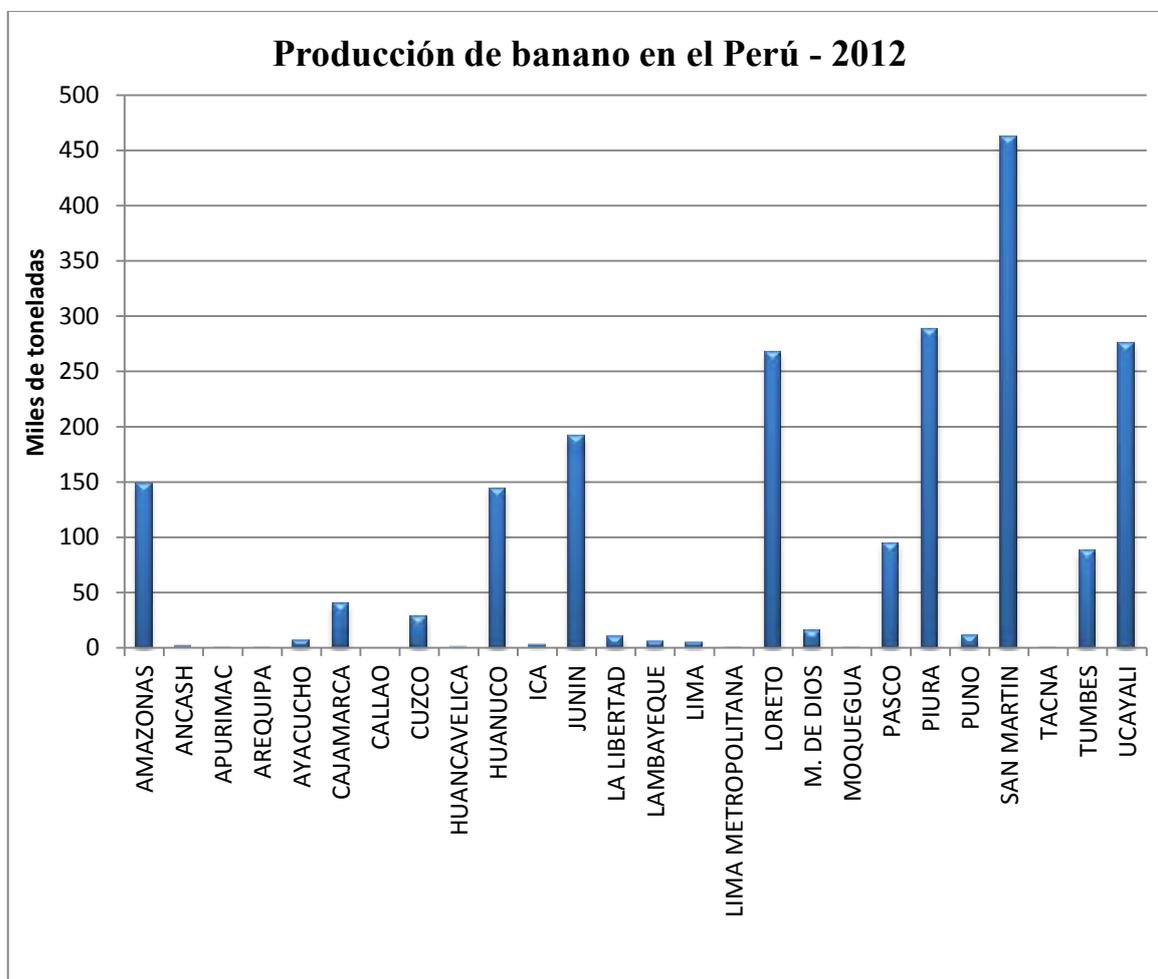


Figura 5. Producción de banano del Perú por departamentos 2012.

Fuente: Elaboración propia, con datos de: [12] OEEE.

En la figura 5, Piura se ubica como segundo mayor productor (287 926 toneladas) de banano por detrás del departamento de San Martín (461 970 toneladas) en el año 2012. La zona de mayor producción de banano se concentra en la selva de nuestro país, resaltando Piura como mayor productor en la costa del Perú.

Hay que tener en cuenta que los datos presentados por la Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos (OEEE) no distinguen el tipo de banano producido, ya que estos podrían ser bananos o plátanos.

La producción de banano en los principales países productores, como son Ecuador y Costa Rica, se da a lo largo de todo el año. En el Perú, se cultiva banano todo el año, no obstante, los picos de producción se presentan entre enero y abril, lo cual coincide con el invierno en el hemisferio norte que es la época cuando más se consume esta fruta, permitiendo una ventana de ingreso a esos mercados con un precio más atractivo.

Así mismo, el Perú tiene mayores rendimientos de producción (32,56 t/ha) en comparación con países sudamericanos como Ecuador (28,51 t/ha) y Colombia (30,09 t/ha) [13, 14].

La costa norte del Perú representa un gran porcentaje de producción y exportación de banano orgánico, por lo tanto este estudio se centrará en esta zona.

En la Figura 6 se muestra la tendencia de incremento de la producción de banano en la zona norte del Perú que abarca los departamentos de Tumbes, Piura y Lambayeque.

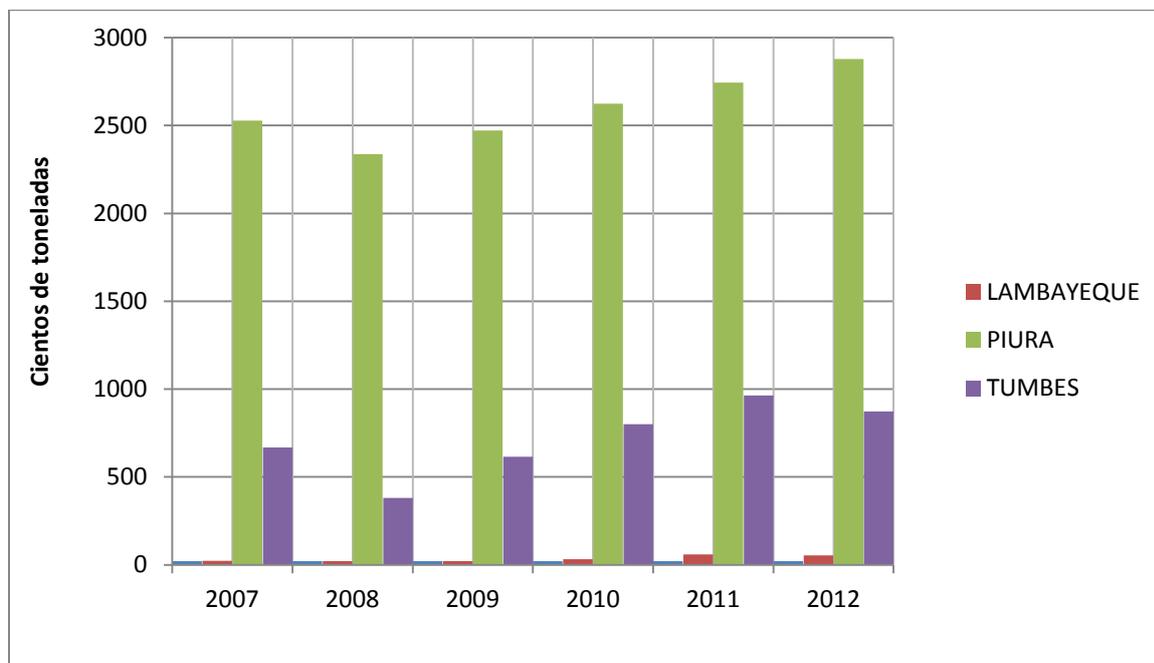


Figura 6. Producción de banano en el norte del Perú 2007 – 2012

Fuente: Elaboración propia, con datos de: [12] OEEE.

Se observa en la figura 7 cómo Piura tiene una ligera tendencia a aumentar el área destinada al cultivo de banano en el año 2012 respecto al 2011, contrariamente a Tumbes. Esta información complementa las tendencias observadas en la producción de estos departamentos mostradas en la figura 6.

De la producción total de banano del Perú, la mayor parte se exporta hacia el continente europeo, Japón y EE.UU. Un menor porcentaje que no cumple con ciertos requisitos de calidad en las distintas etapas por las que pasa el banano (desde el cultivo hasta la comercialización) son descartados [15].

Los motivos por los cuales estos bananos son descartados pueden ser:

- Descarte de campo: cuando se excede el número de frutos del racimo. Esto equivale aproximadamente entre el 5 al 10% de la producción.
- Rechazo en empacadora: ocurre por la exigencia de calidad estipulada por las comercializadoras de banano. Equivale aproximadamente al 20%.
- Rechazo en puerto.

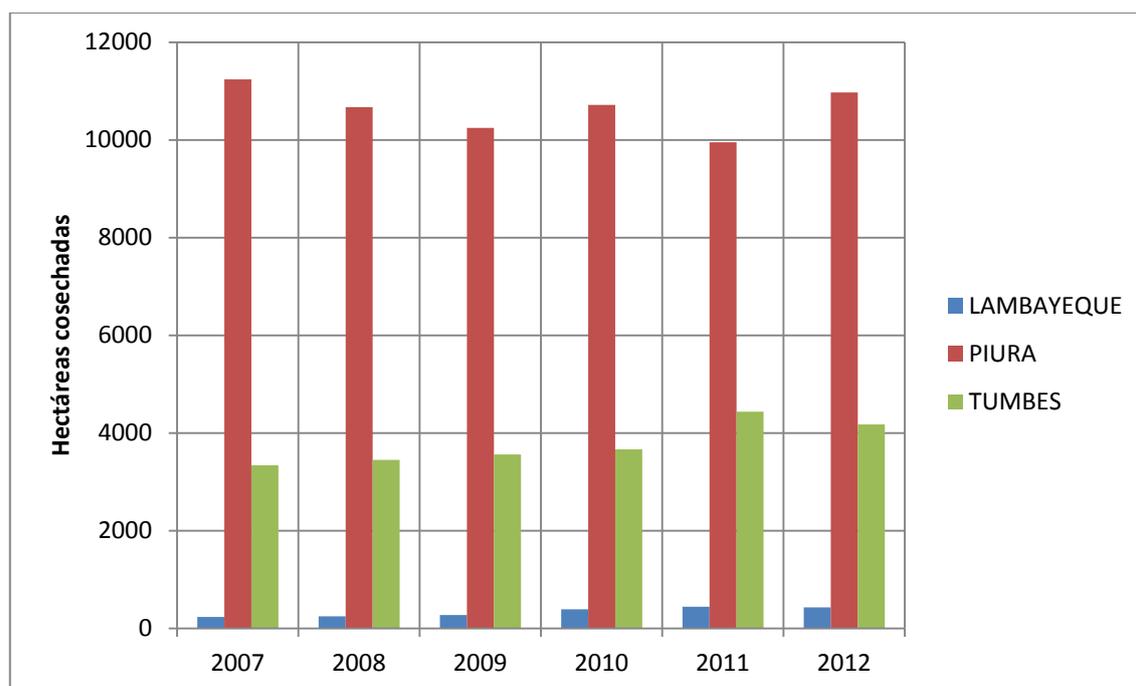


Figura 7. Superficie cosechada de banano en la costa norte del Perú 2007 – 2012
Fuente: Elaboración propia, con datos de: [12] OEEE

En el 2011, las exportaciones de banano del Perú sumaron poco más de US\$ 60 millones, de los cuales alrededor del 98% fueron productos frescos y 2% productos derivados como la harina, banana en rodajas, sémola tal como se muestra en la figura 8 [16, 17, 18].

En el Perú, se hace una pre-selección de la producción, aquella que cumple con los estándares de calidad de exportación son vendidos en los supermercados locales y exportados a países consumidores como Japón, EEUU, Canadá y algunos países de Europa. El excedente de exportación es vendido a menor precio en los mercados locales del país.

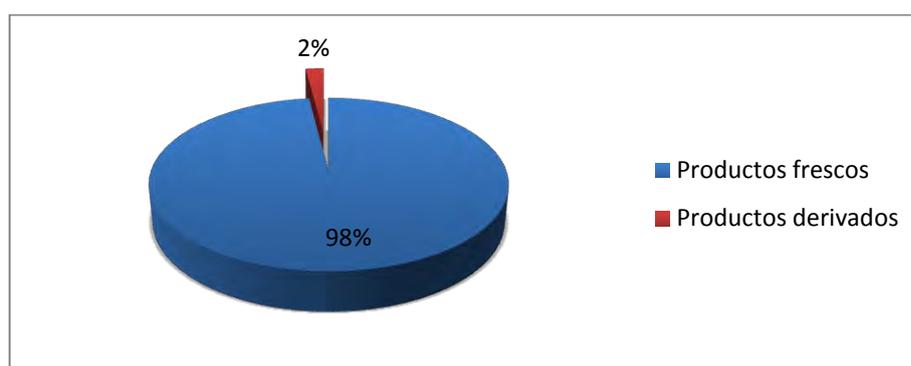


Figura 8. Exportaciones de banano orgánico según el tipo de producto 2011
Fuente: Elaboración propia, con datos de: [17] SUNAT - ADUANAS

En el Perú, el 100% de las exportaciones de banano fresco son de tipo orgánico [16]. La Superintendencia Nacional de Aduanas y Tributación (SUNAT), a través de su portal oficial de internet, es el responsable de presentar los datos de exportaciones de productos por partida arancelaria. En este caso, se trabaja la partida del banano como “tipo

Cavendish-Valery” (0803.00.12.00), por lo que se podrá obtener de esta fuente, información sobre las exportaciones de banano orgánico de ese tipo.

La figura 9, muestra la exportación peruana en valor FOB (millones US\$) y su peso neto (miles de toneladas), entre los años 2007- 2012.

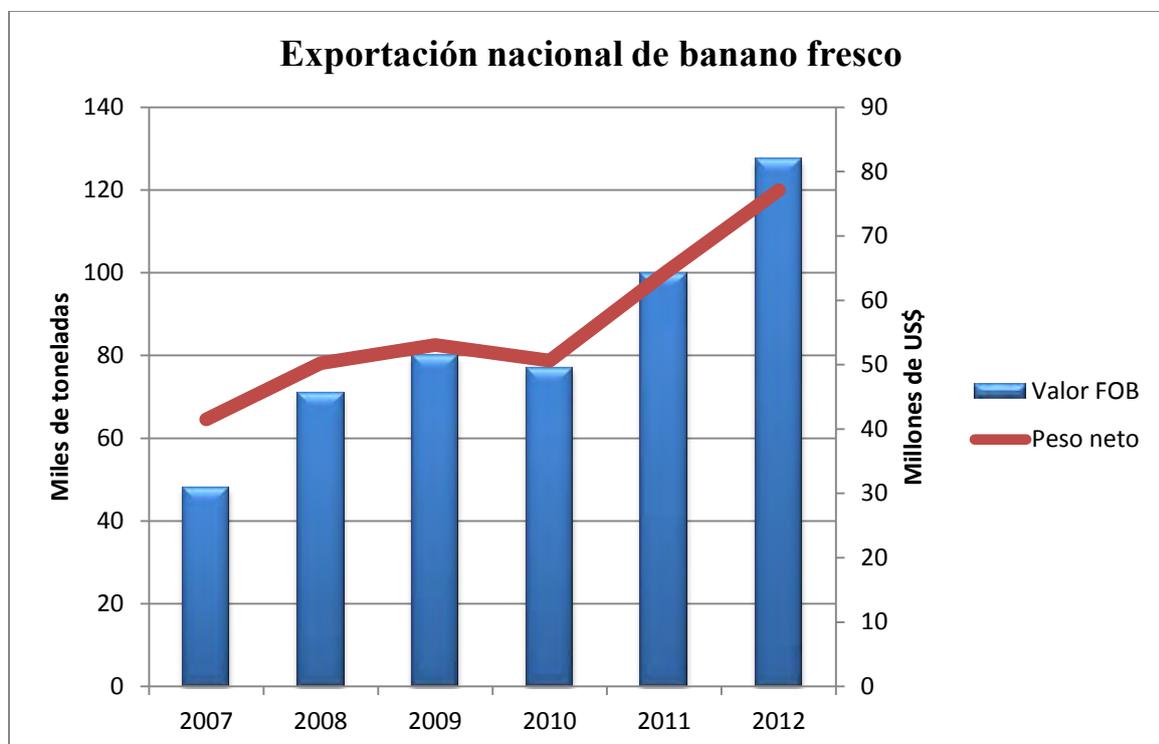


Figura 9. Exportación nacional de banano fresco 2007 – 2012

Fuente: Elaboración propia, con datos de: [17] SUNAT.

Se observa una tendencia creciente en la producción de banano de los últimos 6 años, alcanzando aproximadamente las 120 000 toneladas en el 2012, lo cual genera grandes expectativas para todo el sector relacionado.

1.6 Descripción del banano orgánico

A diferencia del banano convencional, éste se cultiva sin pesticidas, a base de métodos agrícolas tradicionales naturales que van acorde con el cuidado del ambiente. Así mismo, es un fruto rico en síntesis de hierro, potasio y fuente de fibra. La transición del cultivo convencional a orgánico, puede durar de 1 a 3 años por el cambio en manejos agronómicos. En el Perú, el banano orgánico, por desarrollarse en trópico seco sin lluvias, no presenta *Sigatoka negra*, enfermedad que ataca a este cultivo y merma la producción mundial, tal como ocurre en República Dominicana y México [19, 20].

En Tumbes, Piura y Lambayeque está creciendo la producción orgánica de bananos tipo “Cavendish Valery”. En el Perú, se exportan con las partidas arancelarias N° 0803.00.12.00 (Bananas o plátanos tipo Cavendish Valery frescos) y N° 0803.00.20.00 (Bananas o plátanos secos) [21].



Figura 10. Banano orgánico
Fuente: [22] Exportaciones del Perú (2010).

1.7 Reseña histórica del cultivo de banano orgánico en Piura

En 1981, empezó el cultivo del banano convencional para exportación. En Querecotillo se obtuvo altos rendimientos y la producción del banano alcanzó rendimientos de hasta 350 dedos por racimo. Se ganaba S/. 10 000 por hectárea al año, al obtener estos márgenes de rentabilidad los productores empiezan a instalar nuevas áreas e incursionan en el aprendizaje del manejo del cultivo.

En 1983, la presencia del fenómeno pluvial El Niño ocasiona pérdidas de 1080 ha sembradas de arroz en Cerro Mocho y todos los cultivos de la zona de Mallares. Además, obras de infraestructura como: canales, carreteras y caminos quedaron destruidos. Al término del fenómeno lluvioso el precio del arroz bajó, lo que no permitía cubrir los costos de producción invertidos para el manejo del cultivo. Se empezaron a sembrar otros cultivos alternativos al arroz.

En 1985, el gobierno central impulsa el desarrollo del agro mediante la implementación de créditos agrarios, los cuales no fueron utilizados adecuadamente. Entre 1990 y 1992, se incrementa en un 40% el número de hectáreas de banano. En zonas como Salitral, el gobierno apoya con maquinaria y se facilita el uso del recurso hídrico al ampliarse el canal Miguel Checa.

Entre 1997 y 1999, el gobierno apoya la agricultura orgánica dando préstamos para uso de guano de isla. Se implementa el programa de banano orgánico en el Valle de Chira en 1997 liderado por el MINAG y teniendo como socios estratégicos a INIBAP y DOLE.

Desde 1997 al 2000, se inicia un periodo de transición del banano convencional al orgánico, periodo de capacitación de los productores en agricultura orgánica y el programa de fondo rotatorio para suministro de fertilizantes orgánicos (guano de isla) y asistencia técnica.

En 2002, aparece GRONSA, quien se asocia con AGRO ORGANIC manteniendo dicha sociedad hasta el 2003; operando en las zonas de Salitral y Querecotillo. A finales del año 2003, GRONSA quiebra, y DOLE empieza la certificación orgánica del banano de Querecotillo; se genera una preocupación del manejo de la fruta por la empresa. En estos años, también aparece BIOCOSTA SAC, realizando sus primeros envíos al mercado japonés con poco éxito. Posteriormente, con nuevos socios, realizan envíos al mercado europeo (Alemania).

En junio del 2002, se obtiene la categoría de orgánico del cultivo de banano con la certificadora OCIA. Después de varios años de transición, de 1997 al 2002, en junio del 2002 la empresa DOLE envía su primer embarque de banano orgánico certificado del Valle del Chira.

Además, se crean las asociaciones de productores de banano orgánico y se aprende a trabajar en este sistema. Se certifican un total de 240 ha ubicadas en Salitral, Querecotillo, Samán y Huangalá.

Según la Central Piurana de Pequeños Productores de Banano Orgánico (CEPIBO) [5], se cuenta con 1256 productores, de los cuales 1069,51 ha de cultivo tienen certificación orgánica.



Figura 11. Banano orgánico certificado
Fuente: Banano certificado CEPIBO [23]

En el Perú existe el Reglamento Nacional de Producción Orgánica [24], el cual tiene por objeto establecer normas y procedimientos para la fiscalización de la producción orgánica a nivel nacional y brindar garantía del producto orgánico al mercado nacional e internacional, en aplicación y cumplimiento de la Ley N° 29196 – Ley de Promoción de la Producción Orgánica o Ecológica [25].

Según esta ley, un producto orgánico es todo aquel producto originado en un sistema de producción agrícola orgánico o sistema de recolección sostenible que emplee tecnologías que, en armonía con el medio ambiente y respetando la integridad cultural, optimicen el uso de los recursos naturales y socioeconómicos, con el objetivo de garantizar una producción agrícola sostenible [26].

1.8 Cadena productiva del banano orgánico

En la figura 12 se presenta la ruta que sigue el banano desde su cultivo por parte de los productores hasta llegar al consumidor directo, pasando por varios eslabones de la cadena productiva como son los distribuidores para el mercado nacional o internacional, centros de acopio, mercados locales, industrias que le dan valor agregado y convierten la materia prima en un producto mejor valorado por el consumidor.

En esta cadena también intervienen entidades financieras que brindan el apoyo económico a productores, distribuidores e industriales.

Como se podrá apreciar, el camino del banano sigue dos grandes ramas, el mercado nacional y el internacional, en el primero, el banano termina en el consumidor final como

fruta fresca, mientras que en el mercado internacional, gran parte de la producción como fruta fresca recibe valor agregado, convirtiéndose en productos elaborados de alta calidad.

1.9 Formas de procesamiento del banano

El banano puede ser procesado para la obtención de una gran diversidad de productos de calidad, nutritivos y aptos para el consumo masivo de niños, jóvenes, adultos y ancianos.

A continuación, se presenta una descripción de productos derivados del banano que actualmente se exportan e importan en muchos países del mundo, como son el puré, deshidratado, mermeladas y confituras, harina, vinagre, licor, etanol, entre otros [27].

1.9.1 Puré

El puré de banano orgánico es un producto utilizado como materia prima en diferentes productos terminados como papillas infantiles, galletas, helados, entre otros.

Consta de un pulpeo de la fruta y de tratamientos que eviten el pardeamiento enzimático, así como otros procesos complementarios que ayudan a preservar producto terminado.

El procedimiento de elaboración es el siguiente:

- ✓ Seleccionar el banano maduro, se lava.
- ✓ La fruta se pela, tomando las precauciones sanitarias del caso.
- ✓ Se pulpea la fruta (puede realizarse en licuadora o pulpeadora).
- ✓ Se agrega una solución de ácido cítrico o ascórbico para evitar el pardeamiento enzimático.
- ✓ Se homogeniza y luego se pasteuriza a 128 °C.
- ✓ Por último, se envasa asépticamente.

1.9.2 Banano deshidratado

El banano deshidratado, más conocido como banano pasa, el proceso es muy sencillo y básicamente consiste en secar los bananos, enteros o en mitades (según el grosor), al sol o por secado artificial, hasta un nivel de humedad del 15% o menos.

Algunas variantes del proceso, que permiten obtener productos diferentes, consisten en sumergir los bananos en un medio osmótico y luego secar con aire; y también cubrir con chocolate los trocitos de banano secos.

El procedimiento de elaboración del deshidratado de banano orgánico [29] es el siguiente:

- ✓ Lavar y pelar los bananos.
- ✓ Se cortan los bananos en trozos o rodajas.
- ✓ Sumergir por unos minutos en una solución antioxidante que puede ser dióxido de azufre al 1%, jugo de limón, etc.
- ✓ Se saca a los bananos del baño en solución y se deja escurrir el exceso de agua.
- ✓ Se acomoda la fruta en bandejas de malla y se procede a la deshidratación en un horno a 65 °C por 6-8 horas. El contenido de humedad al final de este proceso es de 12 a 15%.

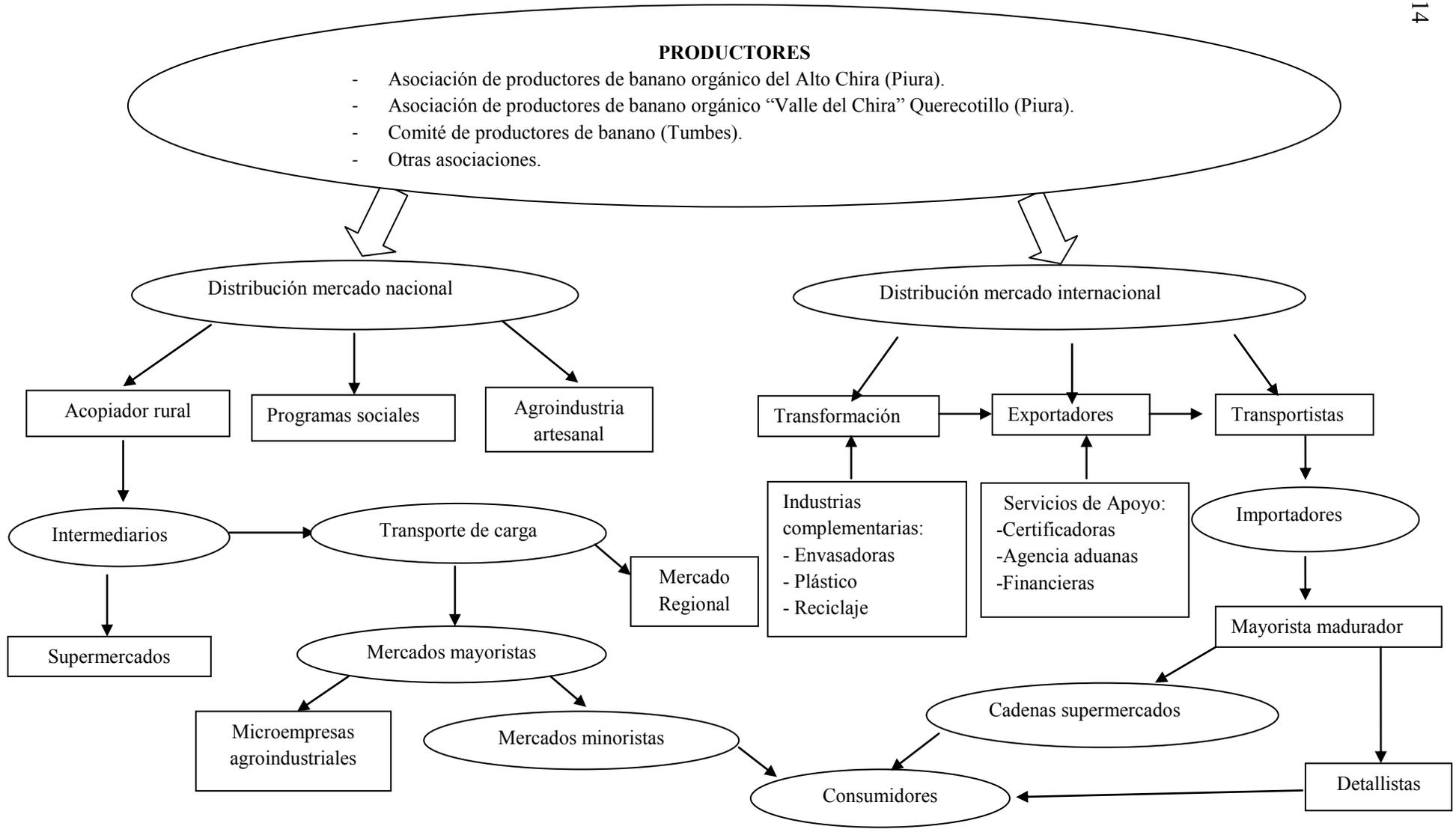


Figura 12. Cadena productiva del banano orgánico en el Perú
Fuente: Elaboración propia, con datos de: [28] MINCETUR.

1.9.3 Mermeladas y confituras

La mermelada de banano es una opción en el aprovechamiento del fruto, puede elaborarse de cualquier variedad de banano. El nivel de tecnología es bajo y su tiempo de elaboración es de mediano plazo.

Además, se puede hacer mermelada con los bananos muy maduros; los ingredientes son azúcar, agua, canela, bananos y jugo de limón.

El proceso básico de obtención de mermelada de banano orgánico [30] es el siguiente:

- ✓ Lavar y pelar los bananos.
- ✓ Colocar azúcar en un recipiente con agua e incorporar un trozo de canela, luego hervir durante 10 minutos, hasta obtener un almíbar.
- ✓ Cortar los bananos y luego batirlos con jugo de limón hasta obtener un puré.
- ✓ Echar el puré en el recipiente que contiene el almíbar y cocinar la mezcla a fuego lento por 20 minutos.
- ✓ Después de un tiempo sacar la mermelada y envasarla.

1.9.4 Harina

La harina de banano es un producto que posee vitaminas del complejo B, es muy rico en hidratos de carbono y sales minerales, constituyendo una de las mejores maneras de nutrir de energía vegetal nuestro organismo. Elaborada en muchos casos de banano orgánico, es un polvo blanco pardusco de fácil digestión y susceptible a la humedad.

La harina de banano se hace secando y moliendo la fruta verde y se emplea para bebidas, atoles, malteadas, y hasta para comerlo como pan integral. En los trópicos, la harina se usa ampliamente para hacer galletas y pasteles. También puede ser empleada para reemplazar el 70% de los cereales en las raciones para cerdos y producción lechera.

El procedimiento de elaboración de la harina de banano orgánico [31] es el siguiente:

- ✓ Lavar y pelar los bananos.
- ✓ Sumergir por unos minutos en una solución antioxidante que puede ser dióxido de azufre al 1%, jugo de limón, etc.
- ✓ Se cortan los bananos en trozos.
- ✓ Se someten a calor, en un horno, con el fin de deshidratar los bananos.
- ✓ Se procede a la molienda y posteriormente, se ciernen para eliminar partículas de mayor tamaño.

1.9.5 Vinagre

Es un producto ácido que puede elaborarse a partir de diversas materias primas, por ejemplo de frutas como el banano, piña, mango, guayaba, entre otras [32].

El proceso de elaboración del vinagre consiste en dos etapas consecutivas, en la primera ocurre la fermentación del azúcar a alcohol etílico por acción de las levaduras, mientras que en la segunda etapa las bacterias acéticas oxidan transformando el alcohol en ácido acético.

El vinagre es utilizado como saborizante en productos como salsas, mayonesa, mostaza y como preservante en la elaboración de encurtidos y otras conservas ácidas. Para la elaboración de vinagre de banano se emplean los siguientes ingredientes: bananos maduros, azúcar blanca, levadura y fosfato de amonio.

El procedimiento de elaboración [32] es el siguiente:

- ✓ Lavar y pelar los bananos.
- ✓ Sumergir la fruta en agua hirviendo por 5 minutos.
- ✓ Extraer la fruta y licuarla con agua.
- ✓ Dejar reposar en un recipiente y extraer el líquido claro de la parte superior. Posteriormente, depositarlo en un barril de preferencia madera.
- ✓ A lo restante adicionar azúcar para que el mosto llegue a los 12 °Brix.
- ✓ Se extrae el 2,5% de jugo y calienta hasta la ebullición, se deja enfriar y se añade levadura. Se deja reposar por 24 horas y se vierte el resto del mosto.
- ✓ Se agrega este cultivo preparado en el barril donde se deja fermentar 10 días cerrado con un tapón de algodón para dejar salir el gas producido.
- ✓ Luego del tiempo establecido filtrar y se obtiene el vinagre.

1.9.6 Licor de banano

Es una bebida de mesa, suave y su sabor característico agrada al más exigente paladar. El nivel de tecnología es medio, está completamente desarrollada, y su tiempo de elaboración es de corto plazo. Este licor, es una propuesta rápida y fácil de hacer, siendo su tiempo de almacenamiento corto y requiere de pocos ingredientes: 6 bananas maduras, 400 g de azúcar, 0,5 L de alcohol etílico, 0,5 L de agua, 1 cucharadita de vainilla.

El procedimiento de elaboración [33] es el siguiente:

- ✓ Colocar en una olla pequeña el agua, el azúcar y dejar hervir unos 5 minutos; luego apagar el fuego y dejar que se enfríe.
- ✓ Pelar los bananos, cortar en rodajas finas y colocarlos en un envase con boca ancha.
- ✓ Verter encima el almíbar ya frío y añadir la esencia de vainilla y el alcohol.
- ✓ Tapar y dejar reposar 15 días en un lugar oscuro y fresco.
- ✓ Pasado este tiempo, colar la preparación con un filtro de papel.
- ✓ Colocar el licor filtrado en una botella de vidrio, tapar y dejar reposar 7 días más antes de consumirlo.

Con el procedimiento antes descrito, se obtendrá el licor de banano con un sabor agradable y natural propio de la fruta.

1.9.7 Otros productos

Empleando los residuos del banano como son las cáscaras y hojas, estas pueden ser empleadas como envoltorio para otro tipo de productos alimenticios.

Los tallos de la planta también pueden ser empleados por los artesanos en la elaboración de adornos, así mismo estos tallos junto con las hojas y raquis son estudiados para su uso en la generación de biogás (metano) y etanol. La obtención de estos productos se realiza de manera más compleja. Se encuentran aún en proceso de investigación.

Capítulo II

Puré de banano orgánico

En este capítulo se explica en qué consiste el puré de banano orgánico, así como también parámetros de calidad, propiedades y especificaciones técnicas.

Por otro lado, se muestra los principales mercados de destino de este producto, y por último se explica el proceso de elaboración, la tecnología y equipos que utilizan para el procesamiento, y los requisitos de calidad que tienen que cumplir.

2.1 Definición

El puré de banano es un producto elaborado de banano por medio de la trituración y homogeneización de la pulpa, y es reconocido a nivel mundial por su excelente calidad. Así mismo, es elaborado con bananos Cavendish en óptima maduración [34].

El puré de banano orgánico es procesado con el fin de obtener productos naturales que no afecten la salud de los consumidores. La materia prima tiene que estar libre de químicos y fungicidas y debe haber sido controlada con técnicas de manejo de los agricultores [34], de esta forma se restaura, mantiene y promueve la armonía ecológica, con el propósito de minimizar la contaminación del medio ambiente.

Para elaborar el puré de banano se utilizan bananos frescos, maduros y sin indicios de fermentación. Se obtiene generalmente después de seleccionar, lavar, pelar, homogeneizar, desairar, calentar y enfriar. El puré se puede mantener en buen estado si se envasa al vacío en recipientes adecuados luego de un tratamiento térmico como la esterilización para reducir la carga microbiana.

El puré de banano se utiliza principalmente en la alimentación de niños, ancianos [34] por sus propiedades nutritivas, necesarias para el desarrollo de las personas. Así mismo, existen otros usos como la industria de jugos de frutas, repostería, panadería y en la elaboración de productos de consumo diario.

El puré de banano es el producto más importante elaborado a partir de la pulpa de los bananos maduros. El puré tiene un color de blanco cremoso a amarillo dorado y sin sabores desagradables. Así mismo, es envasado en barriles bajo un proceso de envasado aséptico y se puede procesar con éxito mediante la adición de ácido ascórbico para prevenir el pardeamiento enzimático. El puré se utiliza frecuentemente como ingrediente en postres lácteos, productos de panadería, bebidas, helados, alimentos procesados, salsas y como parte de las dietas especiales en los hospitales y residencias de ancianos [35].

2.2 Parámetros del puré de banano:

- ✓ **Grado Brix [36]:** determina la cantidad total de sacarosa disuelta en un producto. Una solución de 25 °Brix contiene 25 g de azúcar (sacarosa) por cada 100 g de producto, es decir, en 100 g de solución hay 25 g de sacarosa y 75 g de agua. El puré de banano tiene entre 22 a 24 °Brix.
- ✓ **Concentración de ácido cítrico [37]:** es la cantidad de ácido cítrico presente en el producto. El ácido cítrico es un ácido orgánico tricarboxílico que está presente en la mayoría de las frutas, sobre todo en cítricos como el limón y la naranja. Su fórmula química es $C_6H_8O_7$. Es un buen conservante y antioxidante natural que se añade industrialmente como aditivo en el envasado de muchos alimentos como las conservas de vegetales enlatadas. El puré de banano comercial tiene una concentración de ácido cítrico entre 0,37 y 0,42% [38].
- ✓ **Concentración de ácido ascórbico [39]:** es la cantidad de ácido ascórbico presente en el producto. El ácido ascórbico es un ácido orgánico, incoloro e inodoro, soluble en agua con un sabor ácido y con propiedades antioxidantes. El puré de banano comercial tiene una concentración de ácido ascórbico entre 150 y 300 ppm [38].
- ✓ **pH [40]:** es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidronio [H_3O^+] presentes en determinadas sustancias, en este caso en el puré de banano. El puré de banano tiene entre 4,7 a 5 de pH.
- ✓ **Consistencia:** se determina con la longitud que recorre el puré en un plano inclinado en un tiempo determinado a temperatura ambiente (cm/s a 25 °C). El equipo que determina este parámetro en los alimentos es el consistómetro de Bostwick [41]. El puré de banano recorre entre 3 a 8 cm en 30 s a 25 °C.
- ✓ **Temperatura de conservación:** a la cual se mantendrá en buenas condiciones el producto. Generalmente, los exportadores de puré de banano recomiendan mantenerlo en lugares frescos (entre 15 a 25 °C).
- ✓ **Vida útil:** es el tiempo estimado del producto antes de comenzar el proceso de degradación de sus componentes, es decir, es el periodo apto para el consumo humano. El puré de banano comercial tiene 12 meses de vida útil.
- ✓ **Color:** depende del estado de maduración del banano empleado como materia prima, así como el nivel de oxidación que presenta. Las empresas exportadoras de puré emplean la metodología de la *Commission Internationale d'Eclairage*, CIE L^*A^*B para presentar tal parámetro.
- ✓ **Cantidad de semillas:** este parámetro indica la cantidad de puntos negros y semillas que tiene el puré. La medición se hace por cada 100 gramos de muestra de puré, tomada aleatoriamente del lote del producto tratado, de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana 440 (NTC 440) [42].

2.3 Propiedades nutritivas

En la tabla 4 se aprecia información nutricional del puré de banano, motivo por el cual es consumido en diversas partes del mundo por personas de diferentes edades. Ofrece una variedad de minerales y vitaminas importantes para el desarrollo de las personas.

Tabla 4. Propiedades nutritivas del puré de banano

Información nutricional del puré de banano		
Porción de 100 gramos		
Calorías (cal)	85,2	
Carbohidratos (g)	20,8	
Fibra (g)	2,5	
Minerales	Calcio (mg)	8,0
	Fósforo (mg)	28,0
	Hierro (mg)	0,6
	Magnesio (mg)	31-42
	Manganeso (mg)	0,64-0,82
	Potasio (mg)	300-450
	Sodio (mg)	0,006-0,145
	Azufre (mg)	13,0
	Zinc (mg)	0,28
	Cobre (mg)	0,16-0,21
Vitaminas	Vitamina A (IU)	430,0
	Tiamina (mg)	0,040
	Riboflavina (mg)	0,050
	Niacina (mg)	0,700
	Piridoxina (mg)	0,520
	Ácido pantoténico (mg)	0,306
	Ácido fólico (mg)	0,010
	Biotina (mg)	0,88
Inositol (mg)	34,0	

Fuente: [43] López J., Verónica E. (2004). Plan de exportación del puré de banano al mercado japonés.

2.4 Especificaciones técnicas

En la tabla 5 se presenta las especificaciones técnicas del puré de banano ofrecido comercialmente por muchas empresas. Algunos de los parámetros tienen valores promedio de acuerdo a las exigencias del mercado y la calidad del producto ofertado.

Tabla 5. Especificaciones técnicas del puré de banano orgánico

Parámetros	Características
Apariencia	Natural cremosa
Color (CIE Lab)	L = 58-59
	a = -2+4
	b = 13-27

Parámetros	Características
Grado Brix	22 – 24
pH	4,70 – 5
Acidez (%)	0,25 – 0,40
Consistencia (Bostwick) (cm/30 s)	3 – 8
Cantidad de semillas (100 g)	0 -10
Microbiología	Comercialmente estéril
Almacenamiento	Óptimo: 5 - 15 °C
	Aceptable: 16 - 30 °C
	Evitar exposición al sol
Tiempo de vida	12 meses

Fuente: [44] Navas C., Costa A. (2009). Caracterización del puré de banano. Diseño de la línea de producción de compotas de banano.

En la tabla 6, se muestra un cuadro comparativo de la gran variedad de presentaciones de puré de banano que comercializan las empresas exportadoras de acuerdo a los parámetros de calidad que presenten. Se indica un código para hacer referencia a las características de cada uno, detalladas en la tabla 7.

Como se puede ver en la tabla 7, las empresas que exportan puré de banano, lo hacen en distintas presentaciones dependiendo de ciertas propiedades que influyen en la calidad y precio del mismo.

2.5 Mercados de destino

El Perú no exporta puré de banano orgánico debido a la carencia de plantas procesadoras. Por lo que, para el estudio y análisis del mercado, se ha tomado datos de otros países exportadores de puré de banano orgánico tales como Ecuador, República Dominicana.

El puré de banano exportado por Ecuador entre 2012 – 2013 se ha dirigido a diversos países del mundo. Por ejemplo, en Europa ha llegado a Holanda, Alemania, Reino Unido, Bélgica, Francia, Polonia, Ucrania, entre otros [50].

Los mercados a los cuales se comercializa el puré de banano son los mercados europeos (Holanda, Alemania, Bélgica, entre otros), el estadounidense y al asiático (Japón, China, Corea del Sur, Corea del Norte, Jordania, Singapur y Tailandia).

El mercado europeo recibe el 50% de la producción de puré de banano que se produce en Ecuador repartida entre Holanda (39%), Reino Unido (3%), Alemania (4%) y Bélgica (4%), mientras que Estados Unidos recibe un 31% de la producción total de puré de banano ecuatoriano [51].

Holanda ha sido entre el 2010 y 2013 el principal destino de las exportaciones de puré de banano del Ecuador, superando a los demás países en gran medida.

Tabla 6. Empresas procesadoras de puré de banano orgánico y su variedad de productos.

Empresa	Descripción		Código
Industrias Borja (Ecuador)	Puré de banano aséptico	Natural, 100% banano, sin semillas.	B1
		Baja acidez con ácido ascórbico, sin semillas.	B2
		Baja acidez con ácido ascórbico y cítrico, sin semillas.	B3
		Acidificado con ácido ascórbico, sin semillas	B4
		Baby food.	B5
	Puré de banano aséptico, orgánico	Natural, 100% banano, sin semillas.	B6
		Baja acidez con ácido ascórbico y cítrico, sin semillas.	B7
		Acidificado con ácido ascórbico, sin semillas.	B8
Banalight (Ecuador)	Puré de banano aséptico	Natural	L1
		Natural con vitamina C	L2
		Acidificado	L3
		Acidificado con jugo de limón	L4
	Puré de banano aséptico, orgánico	Natural	L5
		Con vitamina C	L6
		Acidificado	L7
Futurcorp S.A. (Ecuador)	Puré de banano aséptico	Baja acidez, sin semilla. Banana 99,97%, ácido ascórbico 0,03%	F1
Fructa CR (Costa Rica)	Puré de banano	Acidificado con jugo de limón	R1
		Acidificado con ácido cítrico	R2
		pH natural con ácido ascórbico	R3
		Sin aditivos	R4
Gel tropical fruit. (Filipinas)	Puré de banano	Acidificado	G1

Fuente: Elaboración propia, con datos de: [45] Industrias Borja, [46] Futurcorp S.A., [47] Banana Light, [48] Fructa Costa Rica, [49] Gel Tropical fruit.

En la figura 13 se muestran los principales países destino de las exportaciones de purés y pastas de fruta hechas por Ecuador en el 2012, donde se incluye el puré de banano. Como se aprecia en el 2012 Holanda y EE.UU. recibieron más del 50% de las exportaciones de puré y pastas de Ecuador.

La industrialización del banano, en productos como el puré, ayuda a minimizar la sobreoferta que este cultivo tiene como fruta fresca. Así mismo, utilizando esta alternativa se ayuda a la economía de los principales países productores de banano dándole un valor agregado al rechazo y generando ingresos económicos que circulan en el comercio de dichos países.

Tabla 7. Características de productos ofertados por empresas productoras de puré de banano orgánico.

Código	Grado Brix	Acidez (% ácido cítrico)	Ácido ascórbico ppm	pH	Consistencia (cm/30 s a 25 °C)	Vida útil (meses)	Color	Semillas / 100 g	
B1	22-26	0,2-0,4	200-400	4,6-5,1		12		0-10	
B2									
B3				4,5-4,7					
B4									
B5				4,6-5,1					
B6				30-150					
B7				150-300					
B8				0,4-0,7					150-350
L1	22-26	0,25-0,40		4,7-5	2,5-7,5	12	L=58-69, a=-2 -+4, b= 13-27	70-100 3 0	
L2				4,6-4,9			L=62-72, a=-2-+3, b= 13-27		
L3				0,4-0,65			L=63-72, a=-2-+4, b= 13-27		
L4				0,4-0,75			4,2-4,5		L=58-69, a=-2 -+4, b= 13-27
L5				0,25-0,40			4,7-5		L=62-72, a=-2-+3, b= 13-27
L6				0,25-0,40			4,6-4,9		L=63-72, a=-2-+4, b= 13-27
L7				0,4-0,65			4,2-4,5		L=62-72, a=-2-+3, b= 13-27
F1	21-24	0,25-0,40	200-400	4,6-4,9	4-9	12		0-10	
R1	20-24	0,5% jugo limón	0,5%	4,6-5		12		0	
R2		0,25% ácido cítrico	0,25%						
R3		0	150-350						
R4		0	0						
G1	Mínimo 18	0,3-0,6		Mínimo 3,8		8		12	

Fuente: Elaboración propia, con datos de: [45] Industrias Borja, [46] Futurcorp S.A., [47] Banana Light, [48] Fructa Costa Rica, [49] Gel Tropical fruit.

Con respecto a la producción de puré de banano, de acuerdo con el Ministerio de Comercio Exterior del Ecuador, se conoce que este país ha venido exportando dicho producto desde

1985, el cual ha sido comercializado principalmente en el mercado norteamericano y europeo, siendo un producto reconocido y aceptado por los consumidores. Para 1997, el Ecuador exportó cerca de 16 000 toneladas de puré de banano lo cual significó US\$ 7432 millones de ingresos para la industria, que representó el 32% del total de elaborados de banano.

Una buena opción es el ingreso al mercado de alimentos procesados a base de banano. Se ha observado un crecimiento en la demanda de banano y de sus derivados, que de acuerdo con el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, es de un 2,1% per cápita, a nivel mundial. En la actualidad, el consumo mundial per cápita es de 11 kg de bananos frescos y derivados al año, en una población de 6055 millones de habitantes [50].

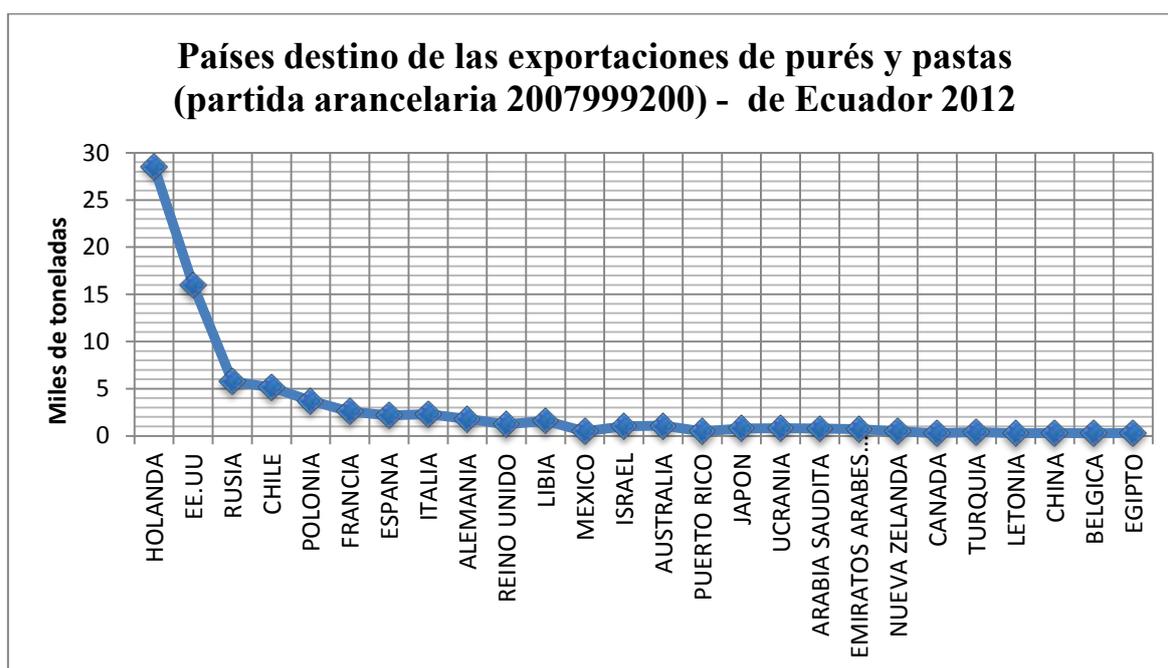


Figura 13. Países destino de las exportaciones de purés y pastas de Ecuador 2012
Fuente: Elaboración propia, con datos de: [50] Estadísticas Banco Central de Ecuador.

Tabla 8. Principales plantas procesadoras de puré de banano orgánico en Ecuador al 2012

Empresa	Producción promedio (t/mes)
Futurcorp S.A.	852,2
Banana Light C.A.	716,5
Confoco S.A.	429,9
Industrias Borja S.A.	419,9
Tropifrutas S.A.	139,1
Ecuaplantation S.A.	121,7
Pebsa S.A.	40,4
Pacialimentos CIA.	10,0

Fuente: Elaboración propia con datos de: [50] Banco Central de Ecuador, Comercio Exterior Estadísticas.

2.6 Formas de utilización o consumo

El puré de banano orgánico es empleado como materia prima para la elaboración de compotas de banano orgánico altamente consumido por niños menores de 12 años, ancianos y personas en general. Así mismo, es empleado en la preparación de lácteos como yogurt, helados, etc.

Otras empresas utilizan el puré de banano para la elaboración de galletas, golosinas, derivados de cereales, es decir, este producto es materia prima para la elaboración de muchos productos terminados que son de consumo masivo para la población en general. Esto se debe a su alto valor nutricional así como su tratamiento orgánico que le da un mayor valor ante la exigencia de los consumidores finales.

2.7 Proceso de elaboración del puré de banano

Previo a la recepción de banano, esta fruta tiene un proceso productivo de cosecha y postcosecha, efectuado por la empresa productora de banano orgánico, el cual se presenta en la figura 14.

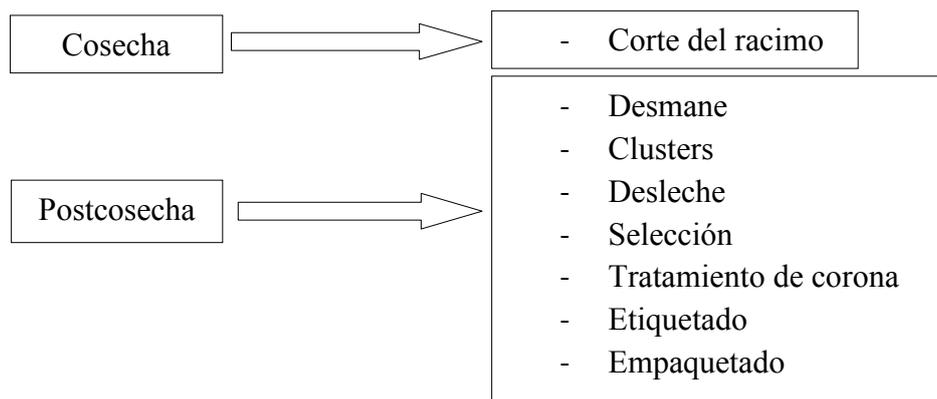


Figura 14. Proceso productivo de cosecha y postcosecha del banano orgánico.

Fuente: Elaboración propia, con datos de: [52] Oliva M. Marirros (2014). Posible proceso productivo de etanol con residuos de banano y sus impactos en el Valle del Chira.

2.7.1 Cosecha

- ✓ **Corte del racimo:** es una actividad importante ya que influye en la calidad de la fruta. Se debe tener cuidado en no maltratar el racimo y sus frutos. En la figura 15 se ve a un agricultor cortando el racimo de una planta de banano. Se sugiere emplear dos operarios, uno de los cuales tendrá la función de hacer un pequeño corte con el machete a una altura aproximada de 1,8 m del pseudotallo y el segundo operario procederá a sostener y recibir el racimo sobre una almohada, mientras que el primero finaliza el corte del racimo. El racimo una vez cortado nunca debe depositarse en el suelo, sino que el operario debe proceder a trasladarlo hasta el cable vía o al sitio de acopio.

El cable vía es un sistema que se instala en las plantaciones de banano para facilitar el traslado de los racimos de fruta desde el lugar de su corte hasta el sitio de acopio

y tratamiento de los frutos. En la figura 16 se ven varios racimos colgando del cable vía en su llegada al lugar de tratamiento [52].



Figura 15. Cosecha del racimo

Fuente: [53] Galería fotográfica “Trabajadores de bananeras Oscar Fonseca Avilés”. Recuperado el 01 de agosto 2014.



Figura 16. Transporte de los racimos mediante el cable vía

Fuente: [53] Galería fotográfica “Trabajadores de bananeras Oscar Fonseca Avilés”. Recuperado el 01 de agosto 2014.

2.7.2 Postcosecha

Las labores que se presentan a continuación se llevan a cabo en el lugar de acopio y son hechas por un grupo de operarios. Aquí es donde se reúnen todos los racimos cosechados. Los bananos pasan por distintos procesos desde el desmane del racimo hasta su empaque final.

- ✓ **Desmane de los racimos:** consiste en cortar y separar las manos del racimo y pasarlas inmediatamente al tanque con agua para el lavado del látex o “desleche”.

Durante el desmane el operario debe tener cuidado con la manipulación de los frutos ya que puede ocasionar heridas por las cuales pueden penetrar agentes causales de pudriciones. En este proceso se sugiere emplear un cuchillo bien afilado para hacer un corte parejo y lo más pegado al raquis. Antes de empezar el corte del racimo se hace un muestreo para ver que este no tenga virus de mosaico, ni se encuentre propenso a maduración.

- ✓ **Separación de “clusters”:** luego de separar las manos del raquis, estas deben depositarse en un tanque con agua para proceder a la separación y formación de los “clusters”. Estos *clusters* deberán tener entre 4 y 8 frutos como máximo, dependiendo el pedido del cliente.

El pedúnculo (parte superior de los *clusters* donde se realizó el corte) de los frutos deben ser emparejados para eliminar posibles áreas de infección y posterior desarrollo de hongos.

- ✓ **Lavado del látex o “desleche”:** luego de fraccionar las manos en *clusters*, deben permanecer en el tanque por 15 minutos aproximadamente con el fin de eliminar el látex o “leche”, antes de ser trasladado a otro tanque para su lavado final. El tanque de lavado de látex debe estar tratado con una solución de alumbre (sulfato de aluminio) al 5%.

En estos tanque se debe hacer la primera selección de *clusters*, para ello deben cumplir unas normas de calidad como: 20 cm de longitud mínima, frutos no excesivamente curvos ni mal formados, 4 a 8 frutos por *clusters*, coronas limpias y uniformes, daños mecánicos y cicatrices leves y los frutos deben estar libres de manchas por látex.

Los *clusters* que no pasan los requerimientos de calidad, son destinados al mercado nacional o al consumo de los involucrados en el proceso de postcosecha.

- ✓ **Clasificación de “clusters”:** luego del lavado del látex, se seleccionan los *clusters* por el tamaño de los frutos (grandes, medianos y pequeños) y se depositan con la corona hacia arriba, en bandejas plásticas para facilitar es escurrimiento del agua.
- ✓ **Tratamiento de la corona:** una vez depositados los *clusters* en bandejas plásticas, se procede al tratamiento de la corona con citrex o limón, para prevenir la pudrición de la misma. Se sugiere una solución de 20 g de ácido cítrico por litro de agua; si no se dispone de ácido cítrico se puede emplear jugo de limón puro.

Para esta labor se emplea una bomba de aspersión manual o una brocha con cerda fina y pequeña.

- ✓ **Etiquetado de la fruta:** luego de concluir el proceso de pesaje se procede a etiquetar la fruta con el sello de la empresa productora.
- ✓ **Empaquetado de la fruta:** la fruta es empacada en cajas de cartón de dimensiones 50 cm x 40 cm x 25 cm. En la figura 17 se aprecia en el lado izquierdo los *clusters* de bananos sellados colocados en cajas y por el lado derecho las cajas listas apiladas a la espera del camión recolector.

Luego del empaquetado de la fruta por parte de la empresa productora de banano orgánico, esta es enviada al cliente ya sea para su procesamiento o para la exportación de materia prima.



Figura 17. Empaquetado del banano orgánico por CEPIBO

Fuente: Elaboración propia, con datos de: [52] Oliva M. Marirros (2014). Posible proceso productivo de etanol con residuos de banano y sus impactos en el Valle del Chira.

2.7.3 Producción de puré

En este caso el banano orgánico llega en pallet compuesto por 48 cajas, las cuales tiene alrededor de 150 bananos cada una, a la empresa procesadora para la elaboración de puré de banano orgánico, cuyo proceso se presenta en la figura 18.

- ✓ **Recepción del banano:** en este proceso se recibe la materia prima (banano orgánico) en estado inmaduro o “verde”. Este es transportado según los pedidos hechos por la empresa al proveedor local. El banano llega empaquetado en cajas con los sellos con nombre del productor, y estas son transportadas desde el camión hasta un área de recepción por montacargas manipulados con cuidado para no golpear la fruta.
- ✓ **Maduración:** una vez recepcionado el banano orgánico es transportado a las cámaras de maduración en cajas, las cuales tienen unos agujeros en partes laterales y frontales. Las cajas son apiladas en unos estantes distribuidos uniformemente entre el área de la cámara, como se aprecia en la figura 19.

El proceso de maduración se debe dar bajo las siguientes recomendaciones:

- La temperatura de refrigeración de la cámara dependerá del grado de madurez que se desea de acuerdo a las exigencias del cliente, siendo ajustable entre 15 a 18 °C.
- Se debe colocar la fruta en estibas máximas de ocho cajas (sobre una tarima) y cada hilera de cajas separada entre ellas mínimo 2 cm.
- Gasificar con etileno entre 100 y 150 ppm a la misma hora cada día.
- Ventilar la cámara diariamente por un espacio de una hora, donde se podría cargar y descargar la cámara.

El banano es expuesto por 6 días a gas etileno el cual acelerará el proceso de maduración del fruto, con ventilación diaria de una hora. Después de 6 días desde su ingreso a la cámara de maduración el banano estará en óptimas condiciones para su procesamiento.

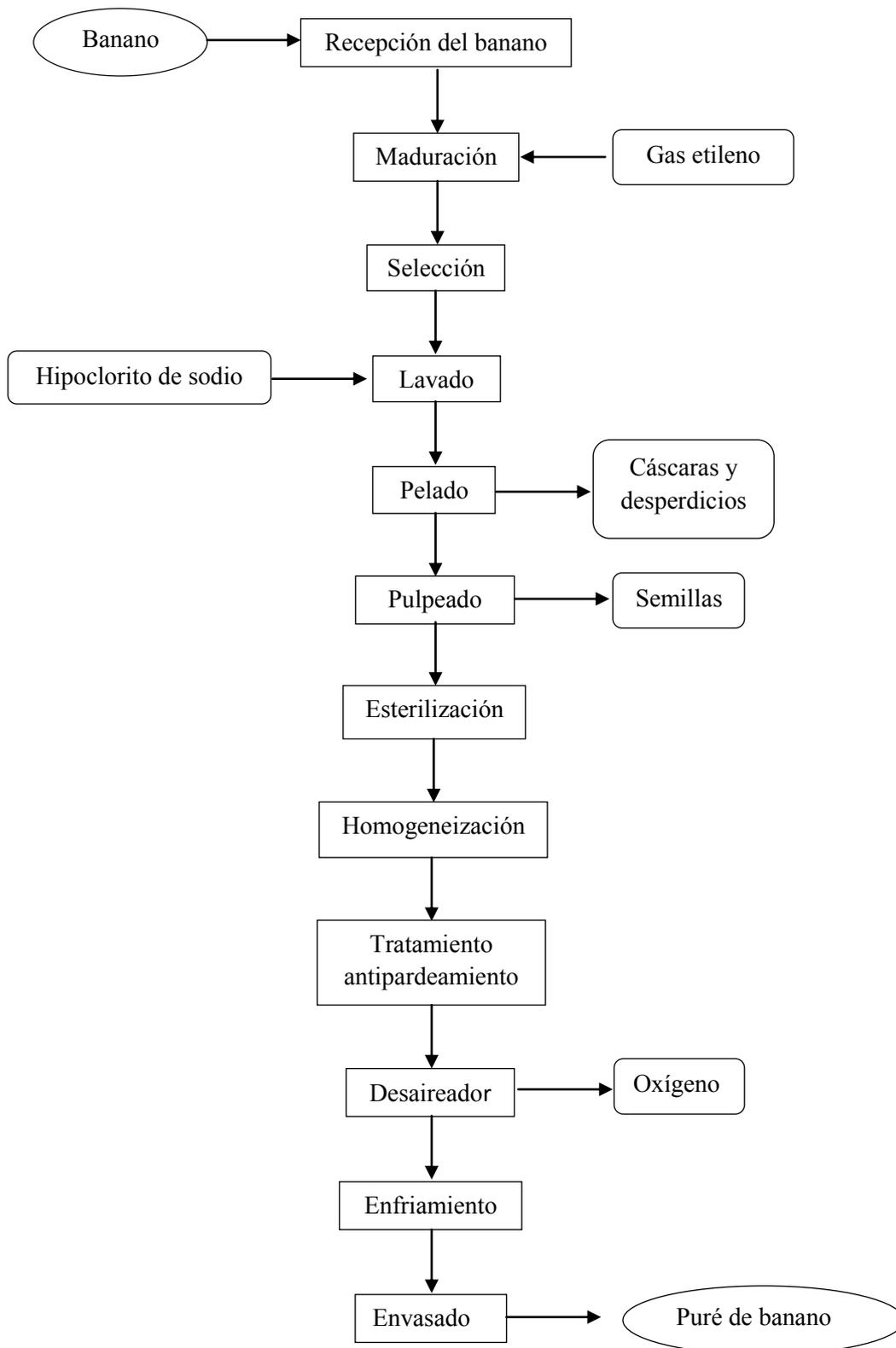


Figura 18. Proceso convencional de producción del puré de banano.
Fuente: Elaboración Propia

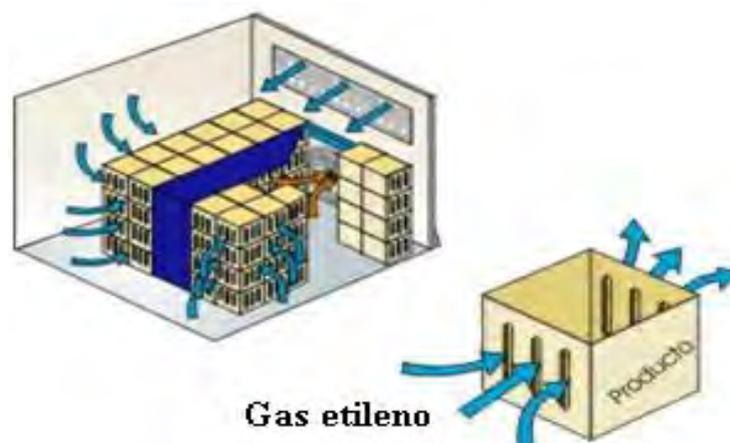


Figura 19. Cámara de maduración para banano.

Fuente: [53] Manejo postcosecha de banano. Recuperado el 01 de agosto 2014.

- ✓ **Selección:** después del proceso de maduración se hace una selección del banano que se encuentre en el punto ideal para iniciar su transformación en puré de banano. Esta selección la ejecuta un grupo de 6 operarios capacitados para determinar el grado de maduración óptima del banano.
- ✓ **Lavado:** se llevará por medio de la inmersión de los *clusters* en un tanque con una disolución de 5 ml de hipoclorito de sodio en 5 L de agua a 26 °C por un tiempo de 1 minuto. Luego, son colocados por los operarios en una banda transportadora con perforaciones para escurrirlos y desplazarlos a la mesa de pelado.
- ✓ **Pelado:** este es un proceso manual, en el cual los operarios cumpliendo todas las reglas de salubridad depositarán los *clusters* sobre una mesa de acero inoxidable de para separar el banano de la corona y luego retirar la cáscara. El pelado se llevará a cabo de forma manual con el fin de eliminar la cáscara, obteniéndose un rendimiento promedio de 80%, según pruebas realizadas. Sólo quedará la pulpa del banano para la siguiente fase, quedando como desechos la cáscara y la corona.
- ✓ **Pulpeado:** operación que consiste en obtener la pulpa del banano libre de semillas. Una pulpeadora básicamente consta de un tornillo helicoidal con paletas, o de un brazo mecánico que avanza triturando la fruta en este caso el banano y haciendo pasar las frutas despedazadas por un colador (refinador) separando la pulpa y empujando las semillas a otra sección del equipo [54].
- ✓ **Homogeneización:** el homogenizado se llevará a cabo para poder integrar perfectamente el puré elevando la temperatura a 40 °C para facilitar el movimiento del flujo (bajando la viscosidad), dicha temperatura no afectará las otras propiedades del puré.
- ✓ **Tratamiento antipardeamiento:** este tratamiento es dado básicamente para la inactivación de enzimas mediante tratamiento térmico o inmersión en disoluciones antioxidantes.

- ✓ **Desaireado:** desde el proceso de pulpeado por el que ha pasado el banano, se produce una oclusión de aire dentro de la misma, la que es necesario eliminar. Para realizar esta operación se pasa el producto por un desaireador con bomba de vacío. De esta forma, se evitan riesgos en cuanto a la estabilidad final del producto.
- ✓ **Esterilizado:** este proceso se realiza a una cierta temperatura y tiempo para evitar el crecimiento de microorganismos en el producto y la pérdida de nutrientes en el mismo.
- ✓ **Enfriamiento:** luego de haber esterilizado el puré, pasa a una fase de enfriamiento hasta alcanzar los 35 °C punto en el cual ya se puede envasar.
- ✓ **Envasado aséptico:** se da en una fuente aséptica a una presión de 6 bares. Normalmente, este producto se envasa en recipientes como barriles, o envases con cierres herméticos.

2.8 Tecnología y equipos para una línea de producción de puré de banano

Luego de haber explicado los procesos a los cuales será sometido el banano orgánico para la obtención de puré, es necesario determinar la tecnología y equipos para llevar a cabo tales procesos.

La línea de producción estará compuesta por operaciones manuales y mecanizadas, al inicio del proceso se precisa que las actividades se desarrollan de manera manual como son la recepción, lavado y pelado de la fruta; no obstante, el proceso de maduración es mecánico y posteriormente el pulpeado, homogeneizado, desaireado, esterilizado y envasado son operaciones mecánicas, bajo supervisión de personal operario debidamente capacitado [55].

- a) **Cámara de maduración:** este equipo tiene una dimensión de 8 m de largo x 5 m de fondo x 3 m de altura, cuentan con paredes y techo en paneles térmicos, con láminas (exterior e interior) de acero inoxidable [56].

La cámara de maduración viene provista con dos unidades condensadoras de 1 HP, enfriada por aire, equipada con un compresor hermético para refrigerante R22, para operar a 220/1/60 con una capacidad frigorífica de 37 305 BTU a 9 °C. También viene equipada con dos evaporadores, uno para cada unidad condensadora, con capacidad de 17 200 BTU/h a 12 °C para operar a 220/1/60.

La operatividad de la cámara de maduración depende del volumen de procesamiento de banano que tiene la empresa. En la figura 20 se puede apreciar sus interiores y en la figura 21 se aprecia el banano apilado listo para iniciar su proceso de maduración.

- b) **Lavadora:** este equipo realiza operaciones de prelavado y lavado por inmersión de las frutas en agua con una fuerte turbulencia inyectando aire. La lavadora está compuesta de un tanque (donde se realiza la inmersión), una bomba de recirculación de agua, un compresor, una banda transportadora. Así mismo, todos sus componentes son de acero inoxidable AISI 304, como se puede apreciar en la figura 22.



Figura 20. Interiores de una cámara de maduración

Fuente: [56] Demerutis, Carlos.

Alternativas a práctica de maduración controlada de banano.



Figura 21. Banano listo para iniciar su maduración

Fuente: [56] Demerutis, Carlos.

Alternativas a práctica de maduración controlada de banano.



Figura 22. Lavadora

Fuente: [55] Empresa Tropical Food Machinery.

Línea de producción de puré de banano.

- c) **La banda de selección:** este equipo se emplea para realizar el pelado de la fruta ya que se puede regular su velocidad de transporte. Se puede emplear 8 operadores, los cuales pelan el banano de manera eficiente y rápida para luego se trasladado en la

banda elevadora hacia la pulpeadora. Está compuesta de un regulador de velocidad, una banda de acero inoxidable AISI 304, como se puede apreciar en la figura 23.



Figura 23. Banda de selección y corte
Fuente: [55] Empresa Tropical Food Machinery.
Línea de producción de puré de banano.

- d) **Banda elevadora:** el elevador recibe la fruta pelada y la transporta hacia la siguiente máquina de la línea (pulpeadora a vacío). Esta banda está fabricada de acero inoxidable AISI 304 y puede desplazar entre 5000 y 8000 kg/h de banano. La banda elevadora se puede apreciar en la figura 24.



Figura 24. Banda elevadora
Fuente: [55] Empresa Tropical Food Machinery.
Línea de producción de puré de banano.

- e) **Pulpeadora a vacío:** esta máquina tritura la pulpa al vacío, evitando que la pulpa esté en contacto con el oxígeno del aire, y reduciendo el riesgo de pardeamiento enzimático del producto. El equipo está compuesto de un tornillo helicoidal giratorio, una rejilla con agujeros, bomba de vacío, regulador de velocidad. Todos los componentes que se encuentran en contacto con la fruta son de acero inoxidable AISI 304. En la figura 25 se puede apreciar la pulpeadora a vacío.



Figura 25. Pulpeadora a vacío

Fuente: [55] Empresa Tropical Food Machinery.
Línea de producción de puré de banano.

- f) **Inactivador enzimático de superficie raspada:** este equipo calienta el puré a la temperatura deseada efectuando el tratamiento de inactivación enzimática que facilita las operaciones sucesivas de prensado y separación de semillas. Está compuesto de un cuerpo cilíndrico horizontal, un motor y válvulas de suministro y descarga del producto. Las partes están fabricadas de acero inoxidable AISI 304. Ver figura 26.



Figura 26. Inactivador enzimático de superficie raspada

Fuente: [55] Empresa Tropical Food Machinery.
Línea de producción de puré de banano.

- g) **Turbo separador centrífugo:** la máquina ejecuta la refinación del producto en dos etapas, mediante la acción de un rotor con golpeadores axiales de ángulo regulable. El producto sale de una placa de tamiz con agujeros calibrada para lograr la separación requerida. El equipo que se aprecia en la figura 27, se compone de un cilindro vertical completo con tamiz, un rotor interno con bateadores axiales. Las partes están fabricadas de acero inoxidable AISI 304.



Figura 27. Turbo separador centrífugo para fruta
Fuente: [55] Empresa Tropical Food Machinery.
Línea de producción de puré de banano.

- h) **Desaireador:** esta máquina, mediante la acción del vacío, elimina el oxígeno contenido en el producto, evitando su oxidación y aumentando su estabilidad. El desaireador que se aprecia en la figura 28 está compuesto de un cuerpo cilíndrico vertical con escotilla para limpieza de interiores, bomba de vacío y un sistema de tubos. Las partes están fabricadas de acero inoxidable AISI 304.



Figura 28. Desaireador
Fuente: [55] Empresa Tropical Food Machinery.
Línea de producción de puré de banano.

- i) **Pasteurizadores de superficie raspada:** el pasteurizador que se puede ver en la figura 29 es ideal para el tratamiento de purés y jugos concentrados de fruta tengan elevada viscosidad. En este caso el puré de banano pasa por el interior de un tubo dentro del cual actúa con raspadores que limpian continuamente la superficie de intercambio de calor. El sistema funciona a presión en todo momento y los tubos están protegidos por barreras de vapor para asegurar la esterilidad del producto.



Figura 29. Pasteurizadores de superficie raspada
Fuente: [55] Empresa Tropical Food Machinery.
Línea de producción de puré de banano.

- j) **Llenadoras asépticas:** han sido realizadas justamente para llenar bolsas previamente esterilizadas, de multicapa, con capacidad de 3 a 1000 litros. Este equipo puede adaptarse a la variedad de envases que pueden contener las bolsas asépticas, por ejemplo: bidones plásticos, cajas de cartón, cilindros metálicos, etc; como se puede apreciar en la figura 30. El envasado aséptico reduce los costos de procesamiento, almacenamiento y transporte. Las partes en contacto con el producto están fabricadas de acero inoxidable AISI 304.



Figura 30. Llenadoras asépticas
Fuente: [55] Empresa Tropical Food Machinery.
Línea de producción de puré de banano.

2.9 Métodos para determinar los parámetros de calidad

En este apartado, se explica la metodología que emplean diversas empresas procesadoras para determinar parámetros de calidad del puré de banano, como son: °Brix, acidez cítrica, pH, consistencia, cantidad de puntos negros, etc.

En la tabla 9, se aprecia el consolidado de los métodos que se realizan para determinar los parámetros de calidad al puré de banano, muy importantes para la aceptación por parte del consumidor.

Tabla 9. Resumen de los métodos de referencia para las características físico - químicas del puré de banano orgánico.

Característica físico-química	Especificación	Método de ensayo
°Brix a 20 °C	22-24	ISO 2173-2003
Acidez cítrica (%)	0,25-0,4	ISO 750-1998
pH a 20°C	4,7-5	ISO 1842-1991
Cantidad de semillas en 100 g de pulpa	0 a 10	NTC 440
Consistencia en cm /30 s a 25° C	3 a 8	

Fuente: Elaboración propia

2.9.1 ISO 2173-2003: Frutas y hortalizas – Determinación de sólidos solubles, Método refractométrico [57]

- Principio:

Esta norma internacional determina el índice de refracción de una solución de ensayo midiéndola a $20\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$, usando un refractómetro. El índice de refracción se correlaciona con la cantidad de sólidos solubles (expresado como la concentración de sacarosa) utilizando tablas, o por lectura directa en el refractómetro de la fracción de masa de sólidos solubles.

- Preparación previa de la materia prima:

Para productos intermedios gruesos (purés, etc.), se debe mezclar bien la muestra de laboratorio. Posteriormente, se tamiza una parte de la muestra, a través de una gasa doblada en cuatro, rechazando las primeras gotas del líquido, y reservando el resto del líquido para la determinación.

- Condiciones especiales en las que se efectúa la medida:

- Ajuste la circulación de agua con el fin de operar a la temperatura deseada (entre 15 °C y 25 °C) y permitir que fluya a través de los prismas del refractómetro a la misma temperatura, la cual permanecerá constante dentro de $\pm 0,5\text{ °C}$ durante la determinación.
- Poner la solución de prueba para la medición de temperatura. Ponga una pequeña cantidad de la solución de ensayo (2 o 3 gotas son suficientes) en el prisma fijo del refractómetro y ajustar inmediatamente el prisma móvil.
- Iluminar el campo de visión. El uso de una lámpara de vapor de sodio permite que los resultados sean más precisos (especialmente en el caso de productos coloreados y oscuros).
- Llevar la línea que divide la parte clara y oscura de la superficie en el campo de visión hasta el cruce de los hilos.
- Finalmente, leer el valor del índice de refracción o la fracción de masa de sacarosa, de acuerdo con el instrumento utilizado.

- **Cálculo:**

- ✓ Método de cálculo: refractómetro con escala de índice de refracción

En el Anexo C se muestra la tabla de corrección de la fracción de masa de sólidos solubles correspondiente al valor leído en el refractómetro. En el caso de líquidos o productos semi-gruesos, la fracción de masa de los sólidos solubles es igual al número encontrado. Si la determinación se ha llevado a cabo en una solución diluida, la fracción de masa de sólidos solubles, en porcentaje, es igual a:

$$P = \frac{m_1}{m_0} \times 100$$

Dónde:

P: fracción de masa de sólidos solubles en la solución diluida (%)

m_0 : masa (g) de la muestra antes de la dilución.

m_1 : masa (g) de la muestra después de la dilución.

2.9.2 ISO 750-1998: Frutas y hortalizas – Determinación de la acidez titulable [58]

- **Principio:**

Esta norma internacional especifica dos métodos para la determinación de la acidez en productos elaborados a base de frutas y hortalizas.

- ✓ **Método potenciométrico**

Consiste en una valoración potenciométrica con una solución volumétrica patrón de hidróxido de sodio.

- ✓ **Método de rutina**

Consiste en una valoración con una solución volumétrica estándar de hidróxido de sodio en presencia de fenolftaleína como indicador.

- **Preparación previa de la materia prima:**

- ✓ Para productos que incluyen líquido que es fácilmente separable (por ejemplo, jugos, jarabes de frutas en conserva, entre otros), se debe trabajar una muestra previamente filtrándola, a través de algodón, papel de filtro o tela.

- ✓ Luego, realizar una transferencia, por medio de la pipeta de 25 mL del filtrado al matraz volumétrico de 100 mL. Diluir hasta la marca con agua y mezclar bien. Para eliminar el dióxido de carbono de los productos líquidos carbonatados se debe agitar a presión reducida por 3 min a 4 min.

También es posible tomar una muestra de la masa, pesar con precisión de 0,01 g, por lo menos 25 g de la muestra de laboratorio.

- ✓ Para productos congelados o ultracongelados dejar que estos se descongelen en recipientes cerrados, luego mezclar o combinarlos con el líquido producto de este proceso. Posteriormente, se retira los tallos, piedras, semillas o pepitas.

En caso de productos deshidratados o secos, cortar en trozos una parte de la muestra, homogeneizar o triturar en el mortero. Luego, se pesa con precisión de 0,01 g por lo menos 25 g de la muestra de laboratorio. Posteriormente, se transfiere al matraz Erlenmeyer con 50 ml de agua caliente y se mezcla hasta alcanzar homogeneidad. Después de acoplar el refrigerante de reflujo al matraz Erlenmeyer y calentar el contenido en un baño maría de agua hirviendo durante 30 minutos. Por último, enfriar y trasvasar el contenido del Erlenmeyer a un matraz aforado y enrasar con agua para finalmente mezclar y filtrar.

- Soluciones para la titulación:

Se emplea únicamente reactivos de grado analítico reconocido y agua destilada o desmineralizada o agua de pureza equivalente.

- ✓ El hidróxido de sodio, solución volumétrica patrón, (NaOH) = 0,1 mol/L.
- ✓ Soluciones tampón de pH conocido, para calibración del equipo.
- ✓ Solución de fenolftaleína (10 g/L) etanol de 95% v/v.

- Condiciones especiales en las que se efectúa la medida:

Se debe comprobar que el pH-metro funcione correctamente con las soluciones tampón.

- ✓ Para el caso del método potenciométrico, transferir 25, 50 o 100 mL de la muestra de ensayo diluida a un vaso de precipitados con agitador. Luego, agitar la muestra y añadir rápidamente con la bureta solución de hidróxido de sodio hasta que el pH sea de $7 \pm 0,2$. Posteriormente, agregue lentamente más hidróxido de sodio hasta que el pH sea de $8,1 \pm 0,2$.
- ✓ Para el caso del método de rutina, transferir 25, 50 o 100 mL de la muestra de ensayo diluida a un vaso de precipitados con agitador. Añadir 0,25 mL a 0,5 mL de la solución de fenolftaleína. Luego, agitar la muestra y añadir rápidamente con la bureta solución de hidróxido de sodio hasta alcanzar un color rosa que persista durante 30 segundos.

- Cálculo:

- ✓ Método de cálculo de las muestras de laboratorio tomadas por volumen:

$$\% \text{ de acidez} = \frac{250}{V} \times V_1 \times C \times \frac{100}{V_0} = \frac{1000V_1C}{V_0}$$

Dónde:

V: Volumen (mL) de la muestra. (25 mL en este caso)

V₀: Volumen (mL) de la muestra problema.

V₁: Volumen (mL) de la solución de hidróxido de sodio empleada.

C: Concentración exacta (moles/L) de la solución de hidróxido de sodio.

- ✓ Método de cálculo de las muestras de laboratorio tomadas por masa:

$$\% \text{ de acidez} = \frac{250}{m} \times V_1 \times C \times \frac{100}{V_0} = \frac{1000V_1C}{V_0}$$

Dónde:

m: Masa(g) de la muestra de ensayo.

V₀: Volumen (mL) de la muestra problema.

V₁: Volumen (mL) de la solución de hidróxido de sodio empleada.

C: Concentración exacta (moles/L) de la solución de hidróxido de sodio.

2.9.3 ISO 1842-1991: Determinación del pH [59]

- Principio:

Esta norma internacional trabaja la medición del potencial diferente entre dos electrodos sumergidos en el líquido a ensayar.

- Preparación previa de la materia prima:

Para el caso de productos gruesos o semi-gruesos, es difícil separar los líquidos (por ejemplo, jarabes, mermeladas, purés, jaleas, etc.).

Se debe mezclar una parte la muestra y molerla, si es necesario, en una licuadora o mortero; si el producto obtenido todavía es demasiado grueso, añadir una pequeña cantidad de agua destilada y, si es necesario, mezclar bien con una licuadora o mortero.

- Condiciones especiales en las que se efectúa la medida:

Se utiliza una porción de volumen de ensayo preparada suficientemente para la inmersión de los electrodos, conforme al aparato utilizado.

Luego, se debe calibrar el pH-metro con la solución tampón. Seguidamente se introducen los electrodos a la porción de muestra, se debe tener en cuenta la temperatura para la corrección correspondiente. Dejar que el pH-metro se estabilice. Efectuar dos veces la determinante para tomar un valor.

- Cálculo:

Se toma como resultado la media aritmética de las dos determinaciones. Reporte el resultado de al menos 0,05 pH unidad.

2.9.4 NTC 440: Determinación de puntos negros [42]

Esta norma consiste en la determinación de puntos negros en una cantidad de puré, en este caso, de banano orgánico. El ensayo se va desarrollando de la siguiente manera:

- ✓ Se coloca un vidrio transparente de 40 x 40 cm de lado, sobre este se colocan 10 g del producto (puré de banano) y luego, se procede a colocar el otro vidrio del

mismo tamaño, de manera que el producto se extiende por toda el área y se hace fácil la visualización de los puntos negros.

- ✓ Luego, se realiza el conteo de estos puntos negros de manera que al concluir toda el área se pueda saber cuántos puntos negros hay por cada 10 g de producto.

Capítulo III

Experimentación y resultados

En este capítulo se describen los equipos, insumos y métodos empleados en la parte experimental de la presente tesis, así como los resultados obtenidos. Todos los ensayos se realizaron en las instalaciones del Laboratorio de Química de la Universidad de Piura. Las imágenes que se presentan en este capítulo fueron tomadas durante los ensayos.

Se ha tenido en cuenta las principales operaciones del procesamiento de puré de banano orgánico. En un estudio posterior, se podrá profundizar en aquellos problemas que se presenten. Entre estos aspectos se encuentra la influencia de la madurez del banano orgánico en la textura y color del puré de banano, la actividad enzimática, estudio de la viscosidad, color [60] y pH en función del tiempo y la cuantificación de semillas en el puré de banano.

El color del puré de banano es un parámetro que se ha medido en la mayoría de los ensayos. Las muestras se han observado en tiempos determinados y se ha comparado con la escala de colores Pantone.

3.1 Materiales y equipos

- Materia prima
 - ✓ Bananos orgánicos de la Región Piura, en un punto de maduración 6 (*allyellow*) [61], con alto contenido nutritivo, sin presencia de manchas oscuras su cáscara.
 - ✓ Jugo de limón
- Reactivos
 - ✓ Ácido cítrico ($C_6H_8O_7$)
 - ✓ Ácido ascórbico ($C_6H_8O_6$)
 - ✓ Hipoclorito de sodio ($NaClO$)
 - ✓ Dióxido de carbono (CO_2)
- Equipos e instrumentos
 - ✓ Licuadora
 - ✓ Molino de carne con accesorios (Electrolux, modelo N24).
 - ✓ Trompa de agua para generar vacío.

- ✓ Balanza analítica (Ohaus, modelo Discovery)
- ✓ Refrigerador
- ✓ Viscosímetro (Brookfield, modelo DV-II+) con 7 agujas.
- ✓ Termómetro
- ✓ Cocina eléctrica
- ✓ pHmetro digital
- ✓ Refractómetro

- Material de laboratorio
 - ✓ Vaso de precipitados 50 mL, 200 mL y 1000 mL
 - ✓ Agitadores magnéticos
 - ✓ Probeta graduada de 25 mL, 100 mL.
 - ✓ Cápsulas petri

- Otros materiales
 - ✓ Cuchillos
 - ✓ Tabla para cortar
 - ✓ Cuchara
 - ✓ Recipiente
 - ✓ Envase plastificado con tapa
 - ✓ Exprimidor de limón
 - ✓ Vidrios planos transparentes (25 x 25 cm)
 - ✓ Tamiz #30 ASTM(250 μm)
 - ✓ Tamiz #60 ASTM (600 μm)

Los distintos reactivos, equipos y algunos materiales utilizados en el desarrollo de la tesis fueron proporcionados por el Laboratorio de Química de la Universidad de Piura.

3.2 Tratamiento de las muestras

- Lavar el banano orgánico en una solución de 5 mL de hipoclorito de sodio en 5 L de agua.
- Pelar el banano.
- Cortar en trozos grandes.
- Triturar en la licuadora o en el molino de carne por un tiempo de 1 min.

La secuencia de operaciones básicas aplicada en los ensayos de la presente tesis, se muestra en la figura 31.

3.3 Ensayos preliminares

El objetivo de estas pruebas fue determinar el equipo adecuado para realizar el pulpeo del banano.

Para ello, en los ensayos se tomaron en cuenta dos aspectos importantes en el producto obtenido como son la textura (presencia de grumos en el puré) y los cambios de color después del pulpeo.

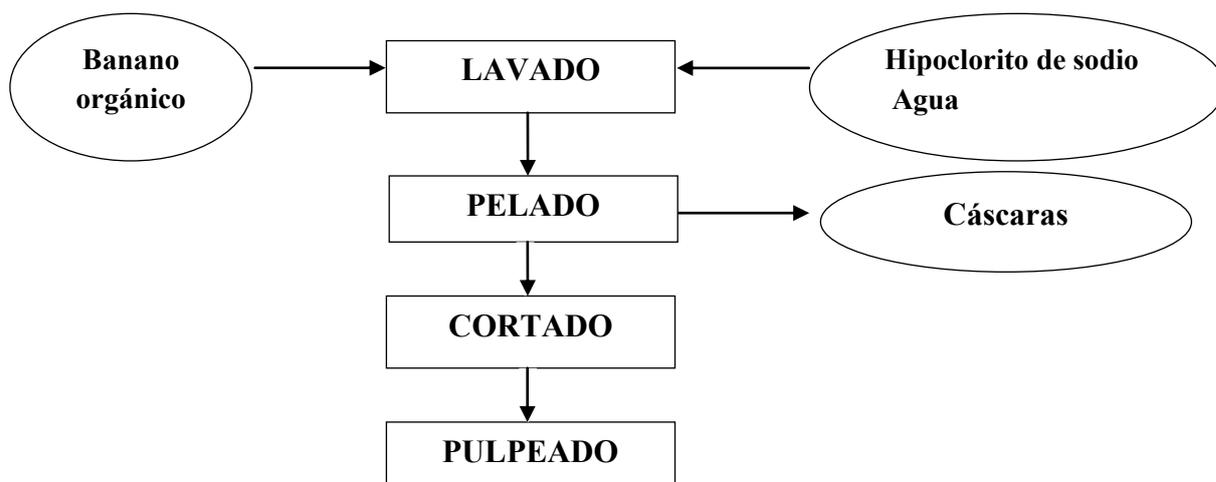


Figura 31.Diagrama de flujo hasta el pulpeado
Fuente: Elaboración propia

Para realizar los ensayos de pulpeo se utilizaron tres equipos diferentes:

- Licuadora: este equipo básicamente consta de dos partes: el motor eléctrico con dos velocidades y el vaso, en el cual se depositan los trozos de banano para ser triturados por la cuchilla giratoria. Así mismo, para la aplicación la licuadora convencional fue sometida a algunos cambios en su diseño, sellando la tapa con el vaso, dicha tapa como se aprecia en la figura 32 tiene conectada una manguera por el centro, la cual a su vez está conectada a una trompa de agua que accionada, retira por succión el aire del vaso generando vacío.

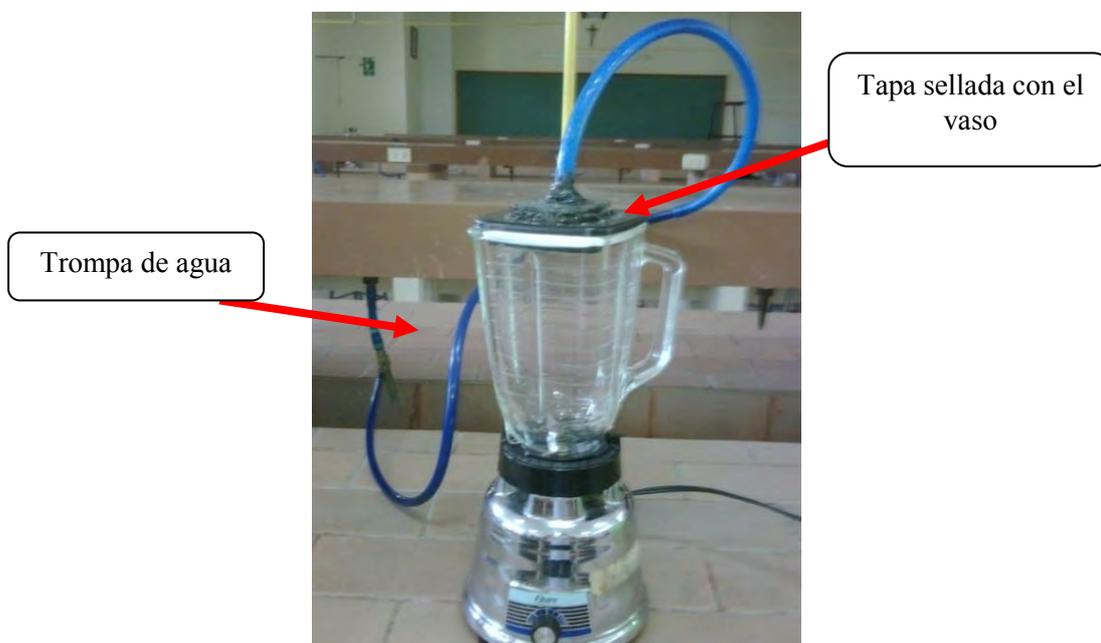


Figura 32.Licuadora conectada a la trompa de agua
Fuente: Elaboración propia

- Molino de carne con accesorio cónico con agujeros: este equipo consta de dos partes: el motor eléctrico que genera el movimiento del eje y una estructura metálica (ver figura 33) compuesta por un tornillo helicoidal, un filtro metálico y unas piezas de sujeción (ver figura 34). Cuando opera este equipo el producto es empujado por el movimiento helicoidal del tornillo contra las paredes del cono metálico haciendo pasar el banano por los agujeros de esta pieza.

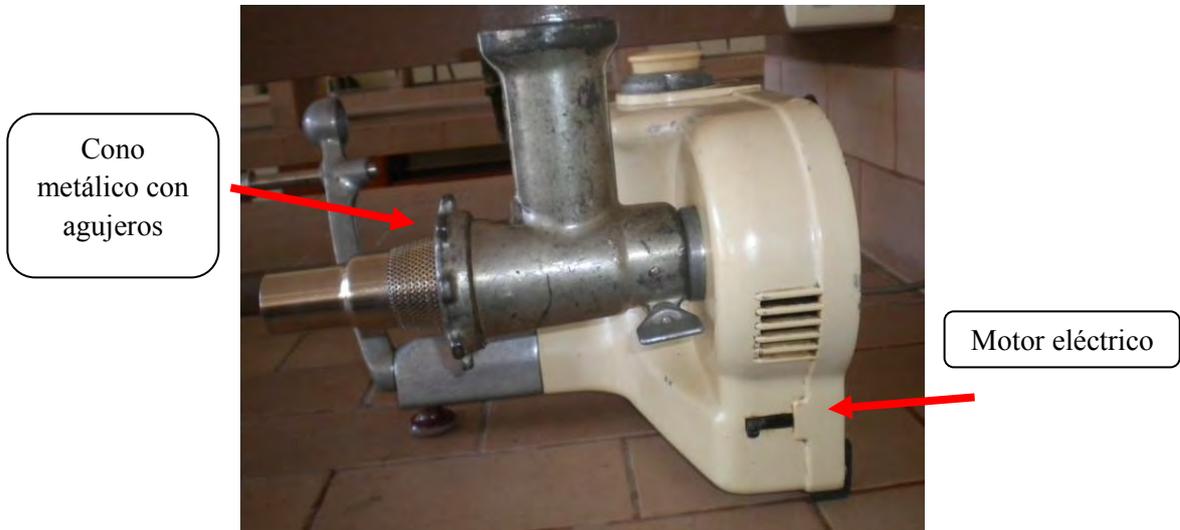


Figura 33. Molino de carne accesorio cónico con agujeros accionado por motor eléctrico
Fuente: Elaboración propia



Figura 34. Tornillo helicoidal, accesorio cónico con agujeros y tuerca de sujeción
Fuente: Elaboración propia

- Molino de carne con placa circular perforada: este equipo consta de dos partes: el motor eléctrico que genera el movimiento del eje y una placa circular perforada (ver figura 35), la cual en la configuración del equipo va junto a una cuchilla (ver figura 36) que cumple la función de cizallar el banano llevado por el tornillo helicoidal para atravesar la placa circular perforada.



Figura 35. Molino de carne con placa circular perforada accionado por motor eléctrico
Fuente: Elaboración propia



Figura 36. Tornillo helicoidal, placa circular perforada, tuerca de sujeción
Fuente: Elaboración propia

Los ensayos realizados fueron los mostrados en la tabla 10:

Tabla 10. Ensayos preliminares

Ensayos		Equipo
Ensayo preliminar EP1	EP 1.1	licuadora convencional
	EP 1.2	
Ensayo preliminar EP2	EP 2.1	molino de carne placa circular perforada
	EP 2.2	
Ensayo preliminar EP3	EP 3.1	molino de carne con accesorio cónico con agujeros
	EP 3.2	
Ensayo preliminar EP4	EP 4.1	licuadora conectada a una trompa de vacío
	EP 4.2	

Fuente: Elaboración propia

En todos los ensayos, se sumergió el banano en una solución de 50 mL de jugo de limón en 1 L de agua antes del pulpeo, sea con la licuadora o con el molino de carne. Se evaluó en cada caso, la textura y el color del puré en distintos periodos de tiempo.

En las tablas 11 al 16 se presentan los resultados de los ensayos preliminares.

Tabla 11. Ensayo preliminar EP 1.1

Ensayo EP 1.1. Licuadora convencional		
Tiempo	Color	Observaciones
T = 0 min	Pantone 120	La muestra resultó muy espesa, con grumos, tenía el color de la pulpa de banano (crema). A los pocos minutos comenzó a cambiar de color a una tonalidad más oscura. Presentaba burbujas de aire en su interior.
T = 24 h	Pantone 4505	
T = 48 h	Pantone 451	
T = 7 días	Pantone 139	
T = 10 días	Pantone 139	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Ensayo preliminar EP 1.2

Ensayo EP 1.2. Licuadora convencional		
Tiempo	Color	Observaciones
T = 0 min	Pantone 4535	La muestra resultó muy espesa, con grumos, tenía el color de la pulpa de banano (crema). Presentaba burbujas de aire en su interior.
T = 15 min	Pantone 465	
T = 30 min	Pantone 4525	
T = 36 h	Pantone 4505	
T = 10 días	Pantone 464	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Ensayo preliminar EP 2.1

Ensayo EP 2.1. Molino de carne con placa perforada		
Tiempo	Color	Observaciones
T = 0 min	Pantone 120	La muestra resultó fluida, muy fina, tenía pocos grumos. Muy buena apariencia. Después de un tiempo comenzó a cambiar de color de manera no homogénea. Presentaba burbujas de aire en su interior. Se produjo una oxidación más intensa en los sectores donde había burbujas.
T = 10 min	Pantone 458	
T = 30 min	Pantone 451	
T = 5 días	Pantone 464 Pantone 123	
T = 9 días	Pantone 4505	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Ensayo preliminar EP 2.2

Ensayo EP 2.2. Molino de carne con placa perforada		
Tiempo	Color	Observaciones
T = 0 min	Pantone 459	La muestra resultó fluida, muy fina, tenía pocos grumos. Tenía vista muy agradable. Muestra homogénea. Presentaba burbujas de aire en su interior. Se produjo una oxidación por sectores donde había burbujas.
T = 5 min	Pantone 459	
T = 10 min	Pantone 458	
T = 30 min	Pantone 4535	
T = 4 días	Pantone 139	
T = 8 días	Pantone 4505	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Ensayo preliminar EP 3.1

Ensayo EP 3.1. Molino de carne con accesorio cónico		
Tiempo	Color	Observaciones
T = 0 min	Pantone 100	Muestra más fina, color muy claro, menos cantidad de semillas en el puré de banano. Encierra algunas burbujas de aire. La muestra es homogénea. Luego de 10 min presentó zonas con diferentes colores.
T = 10 min	Pantone 121	
T = 30 min	Pantone 141	
T = 3 días	Pantone 141	
T = 4 días	Pantone 458	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Ensayo preliminar EP 3.2

Ensayo EP 3.2. Molino de carne con accesorio cónico		
Tiempo	Color	Observaciones
T = 0 min	Pantone 121	Presentó muchos grumos. Muchas semillas. Tiene menor cantidad de burbujas de aire. Al pasar 10 min se nota que no hay uniformidad del color.
T = 10 min	Pantone 115	
T = 30 min	Pantone 141	
T = 3 días	Pantone 123	
T = 4 días	Pantone 123	

Fuente: Elaboración propia

En los ensayos EP4, (licuadora con vacío), previo al pulpeo, se accionó la trompa de vacío por 2 min y luego se accionó la licuadora manteniendo el vacío, por 1 min más. En las tablas 17 y 18 se presentan los resultados de los ensayos EP4.

Tabla 17. Ensayo preliminar EP 4.1

Ensayo EP 4.1. Licuadora con vacío		
Tiempo	Color	Observaciones
T = 0 min	Pantone 100	Presentó una textura muy fina.
T = 10 min	Pantone 115	Tiene escasas burbujas de aire. Presenta puntos negros en su interior.
T = 24 h	Pantone 141	
T = 48 h	Pantone 466	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Ensayo preliminar EP 4.2

Ensayo EP 4.2. Licuadora con vacío		
Tiempo	Color	Observaciones
T = 0 min	Pantone 4535	Presentó una textura muy fina. Tiene escasas burbujas de aire. Presenta puntos negros en su interior. Se oxidó muy rápido, y cuando salió de la licuadora presentaba un color más oscuro.
T = 10 min	Pantone 4525	
T = 30 min	Pantone 465	
T = 24 h	Pantone 4505	

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en las observaciones hechas en cada ensayo, la licuadora conectada a la trompa de agua (EP 4.1, EP 4.2), dio mejores resultados con relación a los otros equipos,

porque presentó menos burbujas atrapadas en el interior del puré, así como una textura más fina, sin embargo no evitó el pardeamiento enzimático.

Con el molino de carne, ya sea con la placa circular perforada o el accesorio cónico con agujeros, se queda retenida mucha materia prima en el interior del accesorio, ya que la pulpa del banano se queda atrapada en el tornillo helicoidal. Esta razón junto con la textura grumosa del producto, hace descartar este equipo como adecuado para realizar el pulpeo.

Se concluye que la licuadora conectada a la trompa de vacío brindó los mejores resultados para realizar el pulpeo del banano.

3.4 Influencia de la madurez en la textura y color del puré de banano orgánico

La madurez es un parámetro fundamental para el procesamiento y obtención del puré de banano orgánico. Por ello, se explicará, a continuación cómo se definen los niveles de maduración de esta fruta.

Como se puede apreciar en la figura 37, según Catalytic Generators, LLC [61] existen siete fases de maduración del banano, empezando en la denominación 1 “Green” (banano verde) siguiendo con fases cada vez más maduras hasta llegar a la fase 7 (banano amarillo con manchas oscuras en la cáscara).

En la presente tesis, para realizar las mediciones se empleó un refractómetro, en el cual se colocaba una pequeña cantidad de banano previamente molido en el prisma, y se leyeron los grados Brix que tenía el producto. Para realizar los ensayos se eligió los niveles de maduración 5, 6 y 7, ya que presentan las mejores condiciones para el procesamiento y obtención de un puré banano orgánico de calidad.

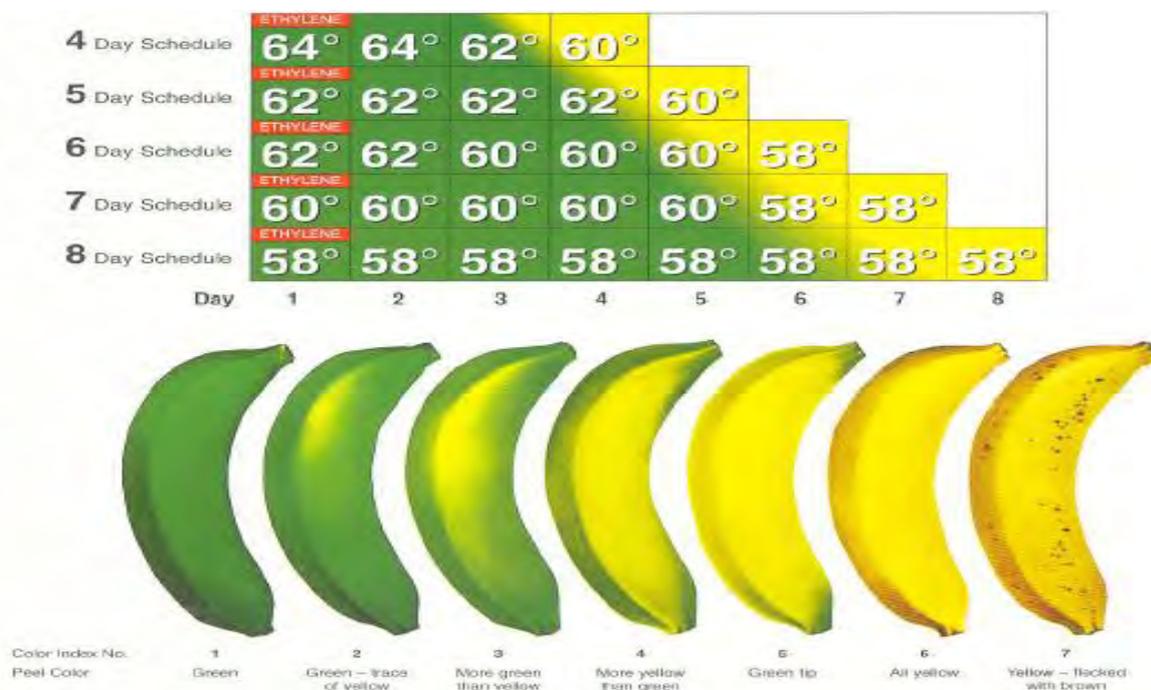


Figura 37. Niveles de madurez del banano orgánico
 Fuente: [61] Suggested guide for banana ripening (2010).
 All about fruit ripening banana

Los ensayos preliminares dieron los resultados mostrados en la tabla 19:

Tabla 19. Ensayos preliminares para determinar grados Brix, nivel 5, 6 y 7 de maduración

Mediciones	Banano nivel 5	Banano nivel 6	Banano nivel 7
M1	22,5 °Brix	22,0°Brix	22,0°Brix
M2	22,5 °Brix	22,0°Brix	22,0 °Brix
M3	22,0 °Brix	21,0 °Brix	22,5 °Brix
M4	22,0 °Brix	22,0 °Brix	22,5 °Brix

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver las variaciones de los grados Brix entre los tres niveles de maduración estudiados es mínima. Por lo cual se procedió a medir este parámetro para el nivel 3 y 4 de maduración con la finalidad de determinar si a partir del nivel 5 en adelante, la concentración de azúcares no varía y se puede utilizar en el procesamiento de puré de banano orgánico. Ver tabla 20.

Tabla 20. Ensayos para determinar grados Brix, nivel 3 y 4 de maduración

Mediciones	Banano nivel 3	Banano nivel 4
M5	10,0 °Brix	19,0 °Brix
M6	10,5 °Brix	19,5 °Brix
M7	10,0 °Brix	19,0 °Brix
M8	10,0 °Brix	18,5 °Brix

Fuente: Elaboración propia

En conclusión, el banano orgánico con un nivel de madurez igual o mayor que 5 puede emplearse para el procesamiento de puré de banano orgánico debido a la mínima variación en su concentración de azúcares. Como referencia del grado Brix para un puré de banano de calidad, tomamos las especificaciones técnicas de industrias extranjeras las cuales presentan un producto con un promedio de 22 a 23°Brix.

Respecto a la textura, se pudo observar que el banano con nivel 5 de madurez es suave, con un color crema claro propia de la fruta, propicia para el pulpeo del mismo. Mientras más maduro esté el banano es más suave y el puré presenta menos grumos.

3.5 Tratamientos para evitar el oscurecimiento del puré de banano orgánico

La polifenoloxidasa es la principal enzima que provoca el pardeamiento enzimático en las frutas y vegetales, que al entrar en contacto con el oxígeno molecular producen quinonas, a partir de los fenoles, las cuales al polimerizarse forman melaninas y producen una coloración en el producto reduciendo así el valor comercial del mismo, o incluso lo hacen inaceptable para el consumidor. Además, pueden hacer perder el valor nutricional de la fruta [62].

En esta tesis, para evitar o reducir el oscurecimiento del puré de banano se realizaron varios ensayos de manera que se pudo estudiar el efecto de oxidación de la pulpa de banano, el cual se hace evidente cuando la pulpa cambia de un tono claro a oscuro y resta valor al producto terminado. La metodología empleada se concretó en dos tipos de ensayos, orientados a dos factores que causan la oxidación:

- ✓ Inactivar las enzimas que causan la oxidación del banano: se aplicaron tratamientos superficiales, así mismo, se emplearon ácidos como el ascórbico y cítrico para controlar el oscurecimiento del puré.
- ✓ Limitar el contacto con el oxígeno del aire: esta parte se desarrolló retirando el aire de la licuadora conteniendo los bananos mediante una trompa de vacío o desplazando el aire con otro gas más denso, empleándose en este caso dióxido de carbono (CO₂).

Los ensayos ejecutados se muestran en la tabla 21:

Tabla 21. Ensayos para evitar oscurecimiento del puré de banano

Ensayos		Equipo
E1	E 1.1	licuadora conectada a una trompa de vacío
	E 1.2	
	E 1.3	
	E 1.4	
E2	P 2.1	licuadora conectada a una trompa de vacío
	E 2.2	
	E 2.3	
E3	E 3.1	licuadora conectada a una trompa de vacío
	E 3.2	
E4	E 4.1	licuadora conectada a una trompa de vacío
	E 4.2	
E5	E 5.1	licuadora convencional y CO ₂
	E 5.2	
E6	E6.1	licuadora convencional
	E6.2	

Fuente: Elaboración propia

En todos los ensayos, se sumergió el banano en una solución de 50 mL de jugo de limón en 1 L de agua antes del pulpeo con la licuadora conectada a una trompa de agua accionada 2 min antes iniciar el pulpeo. Se evaluó en cada caso, la textura y el color del puré en distintos periodos de tiempo. En las tablas 22 a 25 se muestran los resultados.

Tabla 22. Ensayo E 1.1

Ensayo E 1.1. Licuadora conectada a una trompa de vacío		
Tiempo	Color	Observaciones
T = 0 min	Pantone 100	Presentó una textura muy fina. Tiene escasas burbujas de aire. Presenta puntos negros en su interior.
T = 10 min	Pantone 115	
T = 24 h	Pantone 141	
T = 48 h	Pantone 466	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Ensayo E 1.2

Ensayo E 1.2. Licuadora conectada a una trompa de vacío		
Tiempo	Color	Observaciones
T = 0 min	Pantone 4535	Presentó una textura muy fina. Tiene escasas burbujas de aire. Presenta puntos negros en su interior. Se oxidó muy rápido, y cuando salió de la licuadora presentaba un color más oscuro.
T = 10 min	Pantone 4525	
T = 30 min	Pantone 465	
T = 24 h	Pantone 4505	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Ensayo E 1.3

Ensayo E 1.3. Licuadora conectada a una trompa de vacío		
Tiempo	Color	Observaciones
T = 0 min	Pantone 134	Presentó una textura muy fina. Tiene burbujas de aire. Presenta puntos negros en su interior. Muy espeso. Tiene un color muy parecido a la pulpa de banano (crema).
T = 10 min	Pantone 120	
T = 30 min	Pantone 100	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Ensayo E 1.4

Ensayo E 1.4. Licuadora conectada a una trompa de vacío		
Tiempo	Color	Observaciones
T = 0 min	Pantone 134	Presentó una textura muy fina. Tiene burbujas de aire. Presenta puntos negros en su interior. Tiene un flujo no muy lento en el momento del transvase. Tiene un color muy parecido a la pulpa de banano (crema). Pero, se comienza a oxidar lentamente después de unos minutos. El banano que se empleó estuvo muy maduro.
T = 10 min	Pantone 466	
T = 30 min	Pantone 465	

Fuente: Elaboración propia

Para el ensayo E2 se hizo un pretratamiento de inactivación enzimática al banano, sumergiéndolo por 5 min en agua a temperaturas de 50, 60 y 100 °C respectivamente para cada muestra (E 2.1, E 2.2, E 2.3). El pulpeo se realizó con la licuadora conectada a una trompa de vacío. Así mismo, previo al pulpeo, se accionó la trompa de vacío por 2 min y luego se accionó la licuadora manteniendo el vacío por 1 min más. En las tablas 26 a 28 se muestran los resultados.

Tabla 26. Ensayo E 2.1

Ensayo E 2.1. Licuadora, vacío. Pretratamiento a 50° C		
Tiempo	Color	Observaciones
T = 0 min	Pantone 141	La muestra presenta grumos, muy espesa, tiene muchas burbujas de aire encerrada en el flujo. La muestra se gelatinizó. Después de 24 horas de almacenamiento presenta oxidación en las burbujas de aire atrapadas en el interior.
T = 5 min	Pantone 4525	
T = 10 min	Pantone 4525	
T = 24 h	Pantone 465	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Ensayo E 2.2

Ensayo E 2.2. Licuadora, vacío. Pretratamiento a 60° C		
Tiempo	Color	Observaciones
T = 0 min	Pantone 141	La muestra presenta grumos, muy espesa, tiene muchas burbujas de aire atrapadas en el puré. La muestra se gelatinizó más rápido que en el ensayo E 2.1. Separándose en dos fases. Después de 24 horas de almacenamiento presenta oxidación alrededor de las burbujas de aire atrapadas en el interior, así mismo tiene líquido y se distingue dos fases en la muestra.
T = 5 min	Pantone 4525	
T = 10 min	Pantone 4525	
T = 24 h	Pantone 465	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28. Ensayo E 2.3

Ensayo E 2.3. Licuadora, vacío. Pretratamiento a 100° C		
Tiempo	Color	Observaciones
T = 0 min	Pantone 4535	La muestra presenta grumos, muy espesa, tiene muchas burbujas de aire atrapadas en el puré. La muestra se coaguló.
T = 5 min	Pantone 465	
T = 10 min	Pantone 465	Después de 24 horas de almacenamiento presenta oxidación en las burbujas de aire atrapadas en el interior, así mismo tiene agua y se distingue dos fases en la muestra.
T = 24 h	Pantone 452	

Fuente: Elaboración propia

Para el ensayo E3 se hizo un pretratamiento al banano, sumergiéndolo por 5 min en agua a 50 °C. En adición a este procedimiento, se sumergió el banano en una solución de 50 mL de jugo de limón en 1 L de agua antes del pulpeo con la licuadora conectada a una trompa de vacío, procediendo del mismo modo descrito anteriormente.

En las tablas 29 y 30 se muestran los resultados.

Tabla 29. Ensayo E 3.1

Ensayo E 3.1. Licuadora, vacío. Pretratamiento a 50 °C		
Tiempo	Color	Observaciones
T = 0 min	Pantone 1205	La muestra presenta una fina textura, sin grumos, ni coágulos. Presenta burbujas pequeñas encerradas en el flujo de puré. A los pocos minutos comenzó a cambiar de color rápidamente.
T = 5 min	Pantone 4535	
T = 10 min	Pantone 466	
T = 30 min	Pantone 465	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. Ensayo E 3.2

Ensayo E 3.2. Licuadora, vacío. Pretratamiento a 50 °C		
Tiempo	Color	Observaciones
T = 0 min	Pantone 459	La textura es muy fina, muy fluida, presenta pequeñas burbujas atrapadas en el interior del flujo (pocas). No tiene grumos ni coágulos.
T = 5 min	Pantone 459	
T = 10 min	Pantone 459	
T = 30 min	Pantone 459	

Fuente: Elaboración propia

Para el ensayo E4 se hizo un pretratamiento al banano, sumergiéndolo por 5 min en agua a 60 °C. En adición a este procedimiento, se sumergió el banano en una solución de 50 mL de jugo de limón en 1 L de agua antes del pulpeo con la licuadora conectada a la trompa de vacío. Previo al pulpeo se agregó 150 mg de ácido ascórbico en la licuadora.

En las tablas 31 y 32 se muestran los resultados.

Tabla 31. Ensayo E 4.1

Ensayo E 4.1. Licuadora, vacío, ácido ascórbico. Pretratamiento a 60° C		
Tiempo	Color	Observaciones
T = 0 min	Pantone 100	La muestra presenta una fina textura, sin grumos ni coágulos. Presenta burbujas pequeñas atrapadas en el puré. A los pocos minutos comenzó a cambiar de color en la periferia de las burbujas encerradas.
T = 5 min	Pantone 459	
T = 10 min	Pantone 459	
T = 30 min	Pantone 459	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32. Ensayo E 4.2

Ensayo E 4.2. Licuadora, vacío, ácido ascórbico. Pretratamiento a 60° C		
Tiempo	Color	Observaciones
T = 0 min	Pantone 459	La textura es muy fina, muy fluida, presenta pequeñas burbujas atrapadas en el interior del flujo (pocas). No tiene grumos ni coágulos. Su color permaneció estable.
T = 5 min	Pantone 459	
T = 10 min	Pantone 459	
T = 30 min	Pantone 459	

Fuente: Elaboración propia

Para el ensayo E5 se sumergió el banano en una solución de 50 mL de jugo de limón en 1 L de agua, se adicionó 150 mg de ácido ascórbico antes del pulpeo con la licuadora convencional. Previo al pulpeo, se roció CO₂ en todo el vaso conteniendo el banano por un tiempo de 2 min. No se aplicó vacío.

En las tablas 33 y 34 se muestran los resultados.

Tabla 33. Ensayo E 5.1

Ensayo E 5.1. Licuadora convencional, CO₂		
Tiempo	Color	Observaciones
T = 0 min	Pantone 459	La muestra presenta una fina textura, sin grumos ni coágulos. Presenta burbujas pequeñas encerradas en el puré. Al pasar los minutos comenzó a cambiar de color en la periferia de las burbujas encerradas.
T = 5 min	Pantone 459	
T = 10 min	Pantone 459	
T = 30 min	Pantone 459	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34. Ensayo E 5.2

Ensayo E 5.2 Licuadora convencional, CO₂		
Tiempo	Color	Observaciones
T = 0 min	Pantone 459	La muestra presenta una fina textura, sin grumos ni coágulos. Presenta burbujas pequeñas encerradas en el puré. Al pasar los minutos comenzó a cambiar de color en la periferia de las burbujas encerradas.
T = 5 min	Pantone 459	
T = 10 min	Pantone 459	
T = 30 min	Pantone 459	

Fuente: Elaboración propia

Para el ensayo E6 se adicionó 150 mg de ácido ascórbico y 100 mg de ácido cítrico antes del pulpeo con la licuadora convencional. No se aplicó vacío ni CO₂. En las tablas 35 y 36 se muestran los resultados.

Tabla 35. Ensayo E 6.1

Ensayo E 6.1. Licuadora convencional		
Tiempo	Color	Observaciones
T = 0 min	Pantone 459	La textura es muy fina, muy fluida, presenta burbujas atrapadas en el interior del flujo (pocas). No tiene grumos ni coágulos. Su color permaneció estable.
T = 5 min	Pantone 459	
T = 10 min	Pantone 459	
T = 30 min	Pantone 459	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36. Ensayo E 6.2

Ensayo E 6.2. Licuadora convencional		
Tiempo	Color	Observaciones
T = 0 min	Pantone 459	La textura es muy fina, presenta pocas burbujas de aire en el interior del producto. Se aprecia una cierta cantidad de puntos negros. El color permaneció estable durante el tiempo de observación.
T = 5 min	Pantone 459	
T = 10 min	Pantone 459	
T = 30 min	Pantone 459	

Fuente: Elaboración propia

El ácido ascórbico además de bajar el pH para inactivar la polifenoloxidasas, actúa como agente reductor de quinonas a difenoles, lo que evita la formación de pigmentos oscuros.

Esmuy usado en la industria alimentaria como antioxidante, ya que es muy efectivo como tal. Se presenta en polvo o cristales de color blanco-amarillento, se obtiene por medio de fermentación bacteriana a partir de derivados de la glucosa [63].

El ácido cítrico actúa bajando el pH del alimento, lo que afecta la enzima polifenoloxidasas, ya que con un pH menor a 4,5 se detecta poca actividad por parte de ésta e incluso se puede llegar hasta una inactivación irreversible de la misma. El ácido cítrico es uno de los antioxidantes más usados en la industria de alimentos, y tiene diversos usos: regulador de acidez, compuesto aromático, preservante y antioxidante; este ácido se obtiene a partir de un proceso de fermentación de carbohidratos como azúcar de caña o remolacha, hidrolizado de almidón, etc. [63,64].

Después de realizar los ensayos con diversos procedimientos se puede concluir a través de las observaciones y los cambios de color que tuvo el puré de banano durante el almacenamiento, que el procedimiento donde se emplea ácido ascórbico y ácido cítrico es el adecuado, ya que garantiza la permanencia del color crema propio de la pulpa de banano.

3.6 Variación de la viscosidad y pH en función del tiempo

Previo a los ensayos para estudiar la variación de la viscosidad y el pH en el puré de banano en función del tiempo, se ejecutaron algunas pruebas preliminares con el viscosímetro Brookfield, el cual tiene 7 *spindles*. Para seleccionar el *spindle* adecuado, se hicieron medidas que dieron como resultado al *spindle 6* y las velocidades 10, 20, 50 rpm como adecuadas para determinar la viscosidad de este producto.

Los ensayos efectuados se indican en la tabla 37:

Tabla 37. Ensayos para determinar variación viscosidad y pH

Ensayos		Equipo
E7	E 7.1	licuadora conectada a una trompa de vacío
	E 7.2	
E8	E 8.1	molino de carne con accesorio cónico metálico
E9	E 9.1	licuadora convencional, <i>spindle 4</i>
	E 9.2	licuadora convencional, <i>spindle 6</i>

Fuente: Elaboración propia

Para el ensayo E7 se sumergió el banano en una solución de 50 mL de jugo de limón en 1 L de agua, se adicionó 150 mg de ácido ascórbico y 50 mg de ácido cítrico, diluidos en 2 mL de agua antes del pulpeo con la licuadora con vacío. Se accionó la trompa de vacío del mismo modo descrito anteriormente.

Finalmente, se tomó una muestra de 100 mL de puré para las mediciones de pH y viscosidad a diferentes tiempos: 0, 30, 60, 90, 120 min, 24 horas. Se usó el *spindle 6* en el viscosímetro.

En las tablas 38 y 39 se muestran los resultados.

Tabla 38. Ensayo E 7.1

Ensayo E 7.1. Licuadora, vacío.						
Tiempo	Viscosidad (cP)			pH	T (°C)	Color
	10 rpm	20 rpm	50 rpm			
T = 0 min	21200	11550	5620	4,49	25,0	Pantone 459
T = 30 min	24230	14840	7120	4,48	26,2	Pantone 459
T = 60 min	25123	15620	7950	4,48	26,4	Pantone 459
T = 90 min	26010	15920	8052	4,43	24,2	Pantone 459
T = 120 min	FR ¹	FR	FR			Pantone 459
T = 24h	FR	FR	FR			Pantone 459

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39. Ensayo E 7.2

Ensayo E 7.2. Licuadora, vacío						
Tiempo	Viscosidad (cP)			pH	T (°C)	Color
	10 rpm	20 rpm	50 rpm			
T = 0 min	18050	14605	7620	4,45	26,4	Pantone 459
T = 30 min	25050	15346	8205	4,44	25,1	Pantone 459
T = 60 min	28000	16115	8920	4,46	25,4	Pantone 459
T = 90 min	FR	FR	FR	4,40	23,8	Pantone 459
T = 120 min	FR	FR	FR			Pantone 459
T = 24 h	FR	FR	FR			Pantone 458

Fuente: Elaboración propia

Para el ensayo E8 se sumergió el banano en una solución de 50 mL de jugo de limón en 1 L de agua, se adicionó 150 mg de ácido ascórbico y 50 mg de ácido cítrico, diluidos en 2 mL de agua antes del pulpeo con el molino de carne con accesorio cónico metálico con agujeros.

Finalmente, se tomó una muestra de 100 mL de puré para las mediciones de pH y viscosidad a diferentes tiempos: 0, 30, 60, 90, 120 min, 24 horas. Se usó el *spindle 6* del viscosímetro.

En las tablas 40 a 41 se muestran los resultados.

Tabla 40. Ensayo E 8.1

Ensayo E 8.1. Molino de carne con accesorio cónico con agujeros						
Tiempo	Viscosidad (cP)			pH	T (°C)	Color
	10 rpm	20 rpm	50 rpm			
T = 0 min	23500	13450	6350	4,58	24,3	Pantone 459
T = 30 min	25050	14650	7110	4,56	25,1	Pantone 459

¹FR = fuera del rango.

Ensayo E 8.1. Molino de carne con accesorio cónico con agujeros						
Tiempo	Viscosidad (cP)			pH	T (°C)	Color
	10 rpm	20 rpm	50 rpm			
T = 45 min	28500	15130	8150	4,55	26,1	Pantone 459
T = 6 h	30520	18230	9200	4,54	24,8	Pantone 458

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en las tablas 38 y 39, en los ensayos E 7.1 y E 7.2 se presentaron problemas con el *spindle 6*, ya que al pasar el tiempo para las velocidades escogidas, las mediciones de viscosidad resultaban fuera de rango. Se concluye que la viscosidad aumenta con el tiempo, de tal forma y rapidez que con el mismo *spindle* no se puede continuar las mediciones. Por lo tanto, se decidió realizar un ensayo de viscosidad con distintos *spindles* para poder evaluar cómo variaba la viscosidad con el paso del tiempo.

Para el ensayo E9 se sumergió el banano en una solución de 50 mL de jugo de limón en 1 L de agua, se adicionó 150 mg de ácido ascórbico y 50 mg de ácido cítrico, diluidos en 2 mL de agua antes del pulpeo con la licuadora convencional; no se aplicó vacío. Las mediciones se realizaron según se indica en la tabla 41:

Tabla 41. Ensayo E 9.1

Ensayo E 9.1. Licuadora convencional, spindle 4				
Tiempo	Viscosidad (cP)			
	10 rpm	20 rpm	50 rpm	100 rpm
T = 0 min	9050	6450	3512	1756
T = 15 min	8540	4950	2810	1760
T = 30 min	SL ²	SL	SL	SL

Fuente: Elaboración propia

Después de una hora se tuvo que cambiar el *spindle 4*, ya que el viscosímetro arrojó “*sin lectura, cambiar spindle*”. Para tiempos posteriores, se trabajó con el *spindle 6*, obteniendo las medidas mostradas en la tabla 42:

Tabla 42. Ensayo E 9.2

Ensayo E 9.2. Licuadora convencional, spindle 6				
Tiempo	Viscosidad (cP)			
	10 rpm	20 rpm	50 rpm	100 rpm
T = 60 min	20550	11275	4960	2950
T = 90 min	20650	11525	5860	3220
T = 150 min	22050	11400	5170	3625

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en los resultados, el pH del puré se mantiene estable y dentro del rango que presenta el puré de banano comercial (ver especificaciones técnicas de productos en el apartado 2.4). Sin embargo, la viscosidad presenta un comportamiento distinto, ya

²SL= sin lectura, cambiar *spindle*.

que aumenta con el paso del tiempo y esto a su vez ocasiona que no se pueda seguir empleando el mismo *spindle* del viscosímetro para medir dicho parámetro.

Hay que tener en cuenta que la mayoría de industrias presentan en sus especificaciones técnicas, medidas de consistencia en vez de viscosidad. La consistencia es un parámetro físico que es medido con el consistómetro Bostwick, el cual determina en un proceso de comparación física el tiempo que tarda un material pastoso en recorrer una longitud definida de un canal de acero bien limpio, pulido y libre de ondulaciones. Este procedimiento de medición empleado con el consistómetro Bostwick también se conoce como test de Bostwick. El consistómetro de Bostwick se compone de una bandeja dividida mediante una corredera vertical en dos cámaras de tamaño diferente. La cámara pequeña sirve para la recepción la muestra. La cámara grande se encuentra sobre un canal de acero y provista de una escala graduada en centímetros [65, 66].

3.7 Cuantificación de las semillas en el puré de banano orgánico

El ensayo consiste en aplicar la Norma Técnica Colombiana 440 (NTC 440) para la determinación de puntos negros en una cantidad de puré, en este caso de banano.

El procedimiento de la norma se encuentra descrito en el Capítulo II de la presente tesis. Así mismo, en esta etapa experimental se la tesis se busca determinar una metodología para la separación de semillas del puré de banano orgánico.

El procedimiento del ensayo fue el siguiente:

- ✓ Se lavó 1 kg de banano orgánico.
- ✓ Se peló y cortó en pedazos 3 bananos.
- ✓ Se procedió a pulpear 250 g de banano como en E 6.1.
- ✓ Se extrajo una cantidad de puré (aprox. 10 g) para hacer el conteo de puntos negros bajo la NTC 440.
- ✓ Una parte del puré de banano (m_1) se sometió a tamizado por la malla elegida (#60 o #30, respectivamente).
- ✓ Se pesó el producto que logra pasar por la malla elegida (m_2).
- ✓ De m_2 se extrajo 10 g para hacer un nuevo conteo de puntos negros bajo la NTC 440.
- ✓ Luego se calcula la cantidad de puré de banano retenida en el tamizado (m_p), que incluye las semillas separadas.

En la tabla 43, se presentan los resultados obtenidos tamizando puré de banano con dos mallas de distinta abertura: 250 μm y 600 μm . Se trabajó con varias muestras de puré (CS1 a CS5).

Desde el punto de vista de eficiencia del proceso de tamizado del puré de banano, para retirar las semillas del mismo, se puede notar que la malla #60 ASTM (250 μm) permite la extracción del 100% de las semillas del puré; no obstante, por la estrecha abertura del tamiz y su dimensión (20 x 20 cm), se retenía gran parte de la materia prima en la parte superior del tamiz. Cuando se presionaba con una cuchara y a la vez se trataba de disminuir la viscosidad con agua, se conseguía que pase más puré, libre de semillas. Se esperaba que al tener un área de tamizado superior y con mayor presión ejercida por el mismo producto (producción a mayor escala) se tendrá un menor porcentaje retenido en la malla.

Tamices empleados en el ensayo:



Figura 38. Tamiz #60 ASTM (250 μm)
Fuente: Elaboración propia



Figura 39. Tamiz #30 ASTM (600 μm)
Fuente: Elaboración propia

Tabla 43. Resultados del tamizado de puré de banano

Parámetros	Tipo de tamiz				
	Tamiz #60 ASTM (250 μm)			Tamiz #30 ASTM (600 μm)	
	CS1	CS2	CS3	CS4	CS5
m₁ (g)	65,76	84,73	72,53	67,68	81,40
m₂ (g)	37,54	55,70	40,83	58,03	64,83
m_p (g)	28,22	29,03	31,70	9,65	16,57
Cantidad de semillas en 10 g, antes del tamizado	28	32	34	32	35
Cantidad de semillas en 10 g, después del tamizado	0	0	0	6	4
% de puré retenido en el tamiz	42,91%	34,26%	43,71%	14,26%	20,36%

Fuente: Elaboración propia

Con el tamiz #30 ASTM (600 μm) se logra un tamizado más rápido y sin mucho esfuerzo, debido a una mayor abertura de la malla, con lo cual el producto retenido es menor, pero sí permite el paso de algunas semillas.

Después de analizar los resultados, se puede ver que lo más adecuado sería el uso de tamices entre 300 y 600 μm a la salida la máquina pulpeadora, de manera que las semillas del puré queden atrapadas en el tamiz. La abertura más conveniente del tamiz dependerá de lo solicitado por el cliente en cuanto a número de semillas.

Capítulo IV

Consideraciones para un proyecto industrial

4.1 Capacidad de producción

4.1.1 Disponibilidad de materia prima

Para determinar la capacidad de producción de una planta procesadora de puré de banano orgánico se debe estimar la cantidad de materia prima con la que se contará en los siguientes años, para lo cual se tomará como referencia la superficie cosechada en hectáreas en el departamento de Piura, a partir de los valores reales mostrados en la figura 40, los cuales se proyectarán a 10 años.

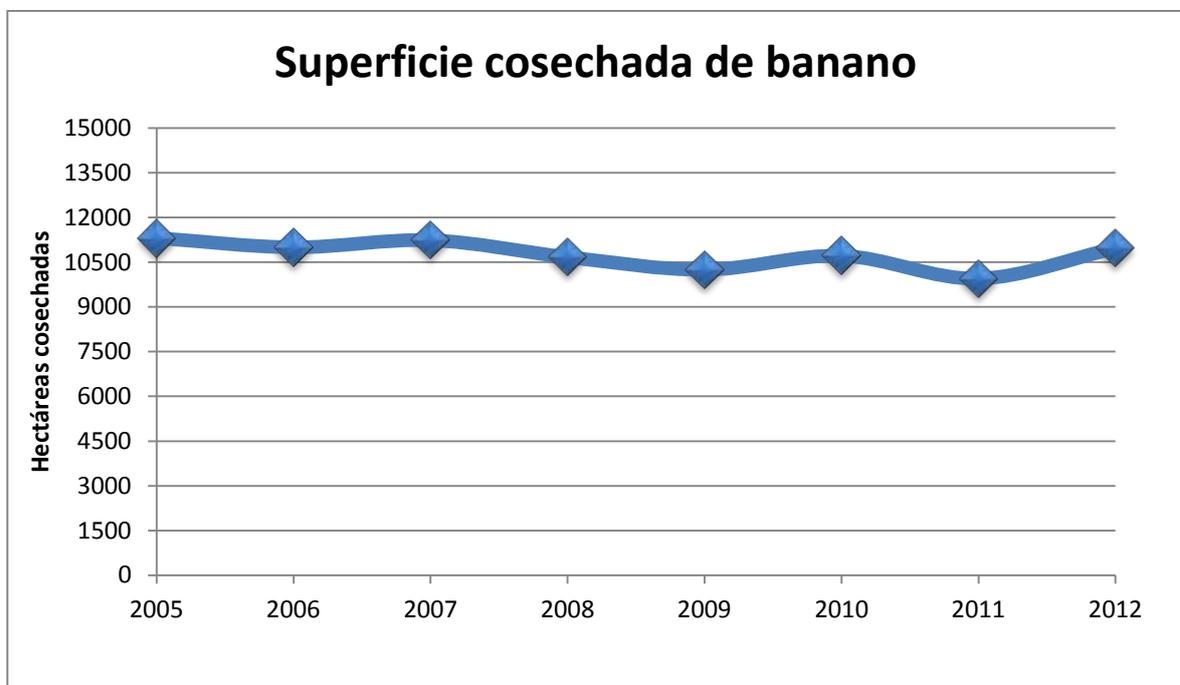


Figura 40. Superficie cosechada de banano en la región Piura 2005-2012

Fuente: Elaboración propia, con datos de: [12] Series históricas de producción agrícola (2014), Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos del Ministerio de Agricultura del Perú

Al observar la figura 40 se puede apreciar que la superficie cosechada en la región Piura ha variado en los últimos 6 años sin mostrar una tendencia de crecimiento continuo. Por lo consiguiente, se considerará como proyección para los próximos diez años, el promedio de superficie cosechada entre los años 2005- 2012.

Se ha considerado dos suposiciones en base a consultas hechas a productores de banano orgánico y expertos en el tema, la primera es que las hectáreas tendrán un rendimiento de 25 toneladas por hectárea cosechada. La segunda es que el banano de descarte (excedentes de exportación) que se procesará, sería aproximadamente el 15% de la cosecha.

El rendimiento por hectárea cosechada consultado a los productores y expertos tiene concordancia con los valores presentados en la tabla 44.

Tabla 44. Rendimiento por hectárea cosechada de banano en Piura

Año	2008	2009	2010	2011	2012	Promedio
Rendimiento kg/ha	21913	24130	24487	27584	26244	24782

Fuente: Elaboración propia, con datos de: [12] Series históricas de producción agrícola (2014), Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos del Ministerio de Agricultura del Perú

La tabla 45 muestra los datos con las suposiciones mencionadas. La última columna muestra las toneladas de banano orgánico con las que se espera contar.

4.1.2 Tecnología de la línea de producción

Las empresas que se dedican a procesar el banano orgánico para la elaboración de distintos productos, normalmente no tienen un solo tipo de tecnología en su proceso productivo, sino una combinación de tecnologías, constituidas por operaciones manuales y mecanizadas.

Las primeras operaciones que se realizan son de recepción, lavado, pelado, y son hechas manualmente por operarios capacitados y bajo estrictas normas de salubridad, mientras que las operaciones posteriores propias de cada producto son realizadas por la maquinaria y/o equipo específico como la maduración, pulpeo, homogeneización, pasteurización, envasado.

Por ello, se propone utilizar una tecnología manual en las primeras etapas en las que no hay transformación de la materia prima, y mecanizada en los procesos siguientes. Además se añadirán bandas transportadoras que funcionan mecánicamente en algunas etapas del proceso.

4.1.3 Determinación de la capacidad de producción

La cantidad de materia disponible para los siguientes años, según la proyección realizada, es muy favorable para procesar una gran cantidad de banano orgánico. Sin embargo, como el puré ya tiene competidores en el extranjero, se considerará sólo una parte (75%) de la materia prima para la determinación de la capacidad de la planta.

Tabla 45. Datos reales y proyectados de banano orgánico en la región Piura

Datos	Años	Superficie cosechada (hectáreas)	Variación (%)	Banano cosechado (toneladas)	Banano disponible para procesar (toneladas)
Datos reales	2005	11 311		282 775	42 416
	2006	11 000	-2,75	275 000	41 250
	2007	11 237	2,15	280 925	42 139
	2008	10 670	-5,05	266 750	40 013
	2009	10 246	-3,97	256 150	38 423
	2010	10 715	4,58	267 875	40 181
	2011	9949	-7,15	248 725	37 309
	2012	10 971	10,27	274 275	41 141
Datos de proyección	2013	10 762	-1,90	269 059	40 359
	2014	10 762	0,00	269 059	40 359
	2015	10 762	0,00	269 059	40 359
	2016	10 762	0,00	269 059	40 359
	2017	10 762	0,00	269 059	403 59
	2018	10 762	0,00	269 059	40 359
	2019	10 762	0,00	269 059	40 359
	2020	10 762	0,00	269 059	40 359
	2021	10 762	0,00	269 059	40 359
	2022	10 762	0,00	269 059	40 359

Fuente: Elaboración propia, con datos de: [12] Series históricas de producción agrícola (2014), Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos del Ministerio de Agricultura del Perú

La capacidad instalada que tendrá la planta es de 30 269,25 toneladas/año equivalente a 3,45 toneladas/hora.

4.2 Definición de los procesos

4.2.1 Diagrama de bloques

En la figura 41 se puede apreciar el diagrama de bloques del proceso de puré de banano orgánico, en el cual diversas operaciones manuales y mecanizadas.

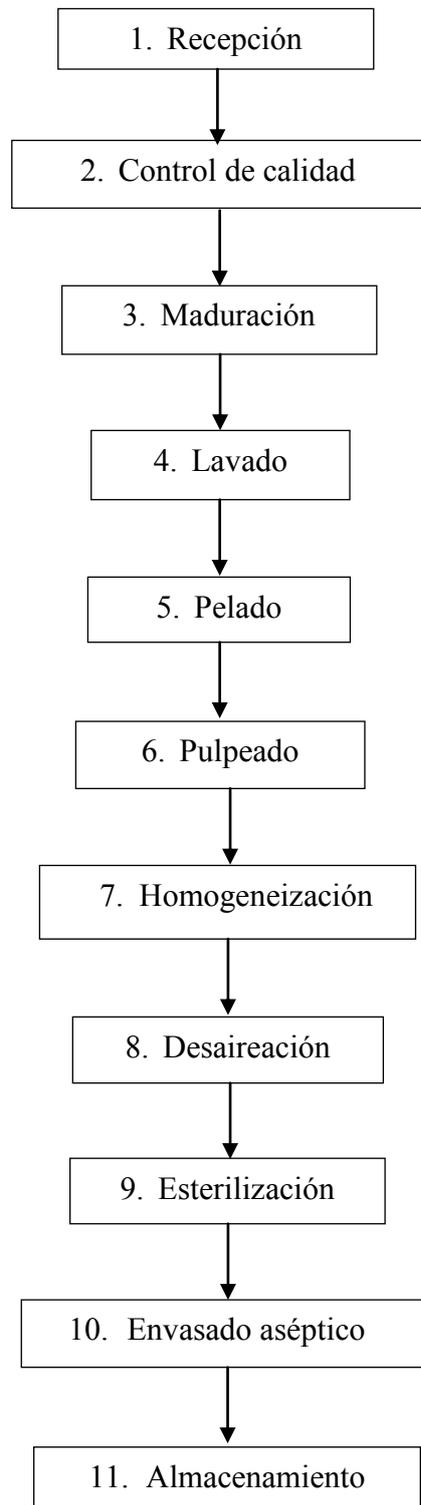


Figura 41. Diagrama de bloques
Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Diagrama de recorrido sencillo

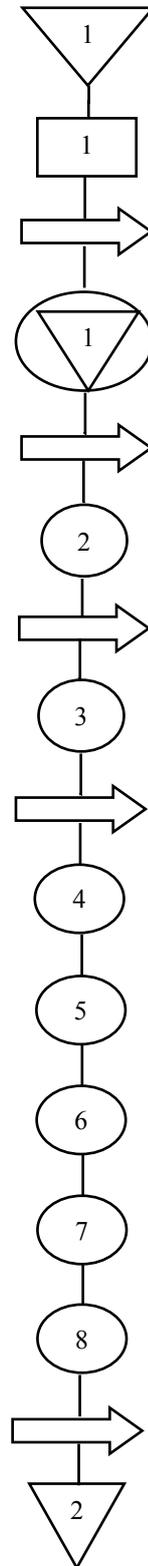


Figura 42. Diagrama de recorrido sencillo
Fuente: Elaboración propia

En la figura 42 se aprecia el recorrido de la materia prima por las actividades del proceso productivo. La ruta de los movimientos se señala por medio de líneas, cada actividad es identificada y localizada en el diagrama por el símbolo correspondiente y se numera de acuerdo con la secuencia ordenada de actividades del proceso. Así mismo, la tabla 46 se aprecia la descripción de los símbolos empleados en el diagrama de recorrido sencillo.

Tabla 46. Símbolos para el diagrama de recorrido sencillo

Símbolo	Descripción
○	Operación
⇒	Transporte
□	Inspección
◻	Demora
▽	Almacenamiento

Fuente: Elaboración propia

4.2.3 Operaciones del proceso productivo

Tabla 47. Operaciones del proceso productivo

Operaciones		
Código	Descripción	Símbolo
1	Recepción de la materia prima (banano orgánico)	▽
2	Almacenaje	▽
2	Lavado	○
3	Pelado	○
4	Pulpeado	○
5	Homogeneización	○
6	Desaireación	○
7	Esterilización	○
8	Envasado aséptico	○
1	Maduración	◉
1	Control de calidad	□
	Transporte del proceso anterior al siguiente	⇒

Fuente: Elaboración propia

4.2.4 Descripción de las operaciones

- **Recepción de materia prima:** se recibe la materia prima, en este caso, banano orgánico en estado inmaduro o “verde”. A la llegada del camión, se descarga empleando

operarios y luego, montacargas para el transporte de las cajas al área de recepción de fruta, donde se procede a realizar un control de calidad.

- **Control de calidad:** es una operación manual, en la cual los operarios harán una inspección visual del estado físico del banano; aquellos que se observen en mal estado, por ejemplo, golpeado y dañado, son descartados y separados del lote, el cual será parte de la merma que será vendida como alimento para animales.
- **Maduración:** luego del control de calidad, el banano en cajas de cartón debidamente perforadas, ingresan a las cámaras de maduración donde es expuesto por 6 días a gas etileno, el cual es inyectado (entre 100 a 150 ppm) a una misma hora y se ventila diariamente para permitir la carga y descarga de la cámara. El gas etileno ayudará al fruto a madurar, Después de varios días desde su ingreso a la cámara de maduración, el banano estará en óptimas condiciones para su procesamiento. Esta operación puede tardar 7 días en promedio.

Está permitido el uso del gas etileno para la maduración de bananos dentro de los estándares orgánicos. El etileno se produce naturalmente en pequeñas cantidades en las frutas y verduras, y no ha reportado daño a los seres humanos [67].

Actualmente se emplean diversas técnicas de maduración de banano, una de ellas es la inmersión de los bananos en una solución de etefón (Ethrel 48 SL conocido comercialmente), el cual acelera el proceso de maduración de la fruta.

- **Lavado:** luego de salir de las cámaras, ya maduro el banano se someterá a un lavado por medio de inmersión en un tanque con una disolución de 5 mL de hipoclorito de sodio por 5 L de agua a una temperatura de 26°C. Luego, el banano se transportará sobre una banda de 2,70 m de largo por 0,95 m de ancho. Este proceso se realiza con la finalidad de desinfectar y terminar de quitar las partículas adheridas en la cáscara del mismo.
- **Pelado:** esta es una operación manual, en la cual los operarios cumpliendo todas las reglas de salubridad depositarán el banano sobre una mesa de acero inoxidable de 2,0 m de largo por 1,5 m de ancho para lograr separar los bananos de la corona. Luego, quitan la cáscara con finos cortes. El pelado se llevará a cabo de forma manual con el fin de eliminar la cáscara, obteniéndose una merma de 25% de lo que ingresa. Sólo quedará la pulpa del banano para la siguiente fase. La cáscara podrá ser utilizada como alimento para animales.
- **Pulpeado:** esta operación consiste en obtener la pulpa del banano libre de semillas, por lo que una pulpeadora básicamente consta de un tornillo sin fin, de paletas, o de un brazo que avanza triturando la fruta, y haciéndola pasar despedazada por un colador (refinador) separando la pulpa. Las semillas quedan depositadas en la malla de 250 μm equivalente a un tamiz #60 ASTM, que posee una abertura menor al diámetro de la semilla del banano.

Durante el pulpeado se hace el tratamiento antipardeamiento, el cual consiste en agregar al banano pelado, 300 mg/kg de ácido ascórbico y 150 mg/kg de ácido cítrico que actúan como agentes antioxidantes, que inactivan las enzimas causantes del pardeamiento del banano cuando entran contacto directo con el oxígeno del aire.

- **Homogeneización:** esta operación se llevará a cabo para poder integrar perfectamente el puré, elevando la temperatura a 40 °C para facilitar el movimiento del flujo (bajando la viscosidad), dicha temperatura no afectará las otras propiedades del puré.
- **Desaireación:** desde la operación de pulpeado por la que ha pasado el banano, se produce una oclusión de aire dentro de la misma, la que es necesario eliminar. Para realizar esta operación se pasa el producto por un desaireador con bomba de vacío. De esta forma, se evita riesgo de pardeamiento en el producto.
- **Esterilización:** esta operación se realiza a 100 °C por 20 minutos, para evitar el desarrollo de microorganismos en el producto y la pérdida de nutrientes en el mismo.
- **Envasado aséptico:** esta operación se realiza en un sistema de llenado que funciona en condiciones estériles en máquinas herméticamente selladas equipadas con sistemas de esterilización para el envasado antes del llenado, utilizando peróxido de hidrógeno que se distribuye a través de una corriente de aire caliente, creando así una atmósfera libre de bacterias en la sección de llenado.

Antes del envasado, se lleva a cabo un acondicionamiento aséptico, que consiste en limpiar, desinfectar y esterilizar todos los componentes del equipo que estarán en contacto con el producto (recipiente, sistema de cierre, tuberías, etc) para evitar la contaminación del producto.

Una llenadora aséptica convencional dispone de doble cabezal, con bocas de llenado de una y dos pulgadas según el tipo de producto a envasar.

Los envases están compuestos de bolsas asépticas que encierran el puré y de cilindros metálicos que brindan seguridad y protección para el transporte.

4.3 Localización de la planta

En esta sección se determinará la localización de la planta, en base a ciertos criterios de evaluación, los cuales serán aplicados a tres alternativas de posible localización, para su posterior análisis. Una vez determinada la localización más idónea se mencionará las ventajas y desventajas que ofrece este lugar, así como su respectivo plano físico del área.

4.3.1 Criterios de evaluación

Los criterios de evaluación que se tendrán en cuenta para la determinar la ubicación óptima de la planta han sido determinados por la importancia y beneficios que tienen sobre el éxito del proyecto cuando se desarrolle; los cuales son presentados a continuación:

4.3.1.1 Ubicación del mercado y los demandantes.- el mercado que se atenderá será Estados Unidos, Europa y Japón, y la exportación de puré de banano orgánico se hará a través de los terminales portuarios del Perú. En la tabla 48, se presenta una comparación de dos terminales portuarios del país.

Tabla 48. Comparación de puertos

PUERTO	UBICACIÓN	DISTANCIAS
Puerto de Paita	Localizado en el distrito de Paita, provincia de Paita, departamento de Piura.	Por carretera a 56 km de la ciudad de Piura y a 63 km de la ciudad de Sullana.
Terminal portuario del Callao	Localizado la provincia constitucional del Callao, departamento de Lima.	Por carretera a 977 km de la ciudad de Piura y a 1013 km de la ciudad de Sullana.

Fuente: Elaboración propia, con datos de: [68] Google Maps.

4.3.1.2 Disponibilidad de materia prima y otros recursos.- los cultivos de banano orgánico se concentran en el valle del Chira en Sullana, departamento de Piura y en los valles de los ríos Tumbes y Zurumilla en el departamento de Tumbes [69].

Entre estos dos lugares hay más de 3000 hectáreas de productos orgánicos certificados, de los cuales el 75 % pertenece al valle del Chira en Sullana.

El proveedor de banano orgánico que mejor cumple con los estándares de calidad y requerimientos es CEPIBO por las siguientes razones analizadas:

- ✓ La Central Piurana de Pequeños Productores de Banano Orgánico (CEPIBO) conformada por sus 12 asociaciones, 1286 productores y con cultivo de banano orgánico de 1352 hectáreas, viene incrementando año a año sus exportaciones.
- ✓ Se ha caracterizado por la promoción de la producción de banano orgánico, bajo los más altos estándares ambientales y sociales.
- ✓ Se encuentra ubicada en la provincia de Sullana, situación muy próxima a la ubicación propuesta de la planta, que es en el norte del país necesariamente.
- ✓ Ocupa el segundo lugar en las exportaciones de banano orgánico a nivel nacional.
- ✓ Proyecta ampliar sus áreas de producción para lo cual está desarrollando proyectos de inversión conjuntamente con el Gobierno Regional de Piura para la adquisición de 2500 hectáreas de tierras eriazas [70].

La Red de Pequeños Productores de Banano Orgánico (REPEBAN) conformada por 9 asociaciones, tiene la particularidad de comercializar su banano con empresas exportadoras como Dole o Biocosta, por lo consiguiente, no tienen elección del destino de su banano, lo cual no pasa con CEPIBO, quien negocia directamente las exportaciones de su banano.

4.3.1.3 Disponibilidad de terrenos y su costo

Este criterio es muy importante y necesario para la implementación de una propuesta de industrialización del banano orgánico ya que de esta manera se sabrá el terreno adecuado para la localización de la planta teniendo en cuenta el costo por metro cuadrado y la disponibilidad de los servicios básicos para el funcionamiento de cualquier establecimiento

como son el agua, alcantarillado, energía eléctrica, etc.

4.3.2 Alternativas de localización

En la tabla 49 se presenta cuatro alternativas de localización de la planta, mostrando como características de dichos terrenos la ubicación y el área. Así mismo se tiene información que los terrenos ubicados en zonas alejadas de las ciudades carecen del servicio de agua, alcantarillado y energía eléctrica.

Tabla 49. Alternativas de localización

Ubicación	Provincia	Área (m ²)	US\$/m ²
Zona industrial de Piura	Piura	3250	150
Marcavelica	Sullana	1000	80
Afuera de Sullana	Sullana	8800	20
Carretera Piura - Sullana a 1 km del peaje.	Piura	10 000	25

Fuente: Elaboración propia

4.3.3 Análisis de la localización

Para establecer el lugar más idóneo donde montar la línea de producción se utilizará un estudio de macro localización y luego uno de micro localización.

4.3.3.1 Estudio de macro localización:

Para dicho estudio elaboramos una evaluación por factores ponderados teniendo en cuenta los criterios antes vistos:

Tabla 50. Evaluación por factores ponderados (niveles de 0 a 10)

Factores	Cercanía al puerto	Costo de terreno	Salubridad	Disponibilidad de materia prima	Total
Ponderación	25	20	15	40	
Piura	10	7	7	9	855
Sullana	9	8	5	9	820

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 50, se concluye que Piura es el lugar donde se deberá implementar la línea de producción de puré de banano orgánico.

Siguiendo los lineamientos de la ubicación del mercado y los demandantes, el puerto de Paíta es el lugar ideal por donde saldrán todas las exportaciones de nuestros productos terminados, por su distancia menor desde Piura o Sullana en comparación con el terminal portuario del Callao. Además, el puerto de Paíta es uno de los terminales portuarios que posee un mayor movimiento comercial en el país. Por otro lado, el proveedor de materia prima será CEPIBO por las razones explicadas.

4.3.3.2 Estudio de micro localización:

Una vez concluido el estudio de macro localización, se continuará con el estudio de micro localización. Para este estudio se empleará el método de Ranking de factores. Esta metodología depende mucho de la experiencia del analista. En la tabla 51 se presenta la denominación de las zonas propuestas para el estudio.

Tabla 51. Denominación de zonas propuestas

Zonas propuestas	Denominación
Zona industrial de Piura	A
Marcavelica	B
Afuera de Sullana	C
Carretera Piura - Sullana a 1 km del peaje.	D

Fuente: Elaboración propia

Analizando el proceso productivo, los requerimientos de insumos, las condiciones que presentan las zonas propuestas, se definieron los siguientes factores:

- ✓ Abastecimiento de energía.
- ✓ Abastecimiento de agua y alcantarillado.
- ✓ Servicio de comunicaciones
- ✓ Reglamentaciones fiscales y legales.
- ✓ Servicios de transporte
- ✓ Condiciones sociales y culturales.
- ✓ Aceptación de la comunidad
- ✓ Eliminación de desechos

Para ponderar los factores se ha tomado en consideración la siguiente evaluación en la tabla 52.

La tabla 52 presenta el enfrentamiento de los factores tomados para el análisis de micro localización, en el cual se evalúa la relación e importancia que tiene uno con otro. Como se aprecia, los factores como reglamentaciones, condiciones sociales y aceptación tienen el mayor peso ponderal, con lo cual son determinantes en el estudio.

En la actualidad, factores sociales han tomado una gran importancia en el éxito de un proyecto industrial y de desarrollo local.

Tabla 52. Cuadro de enfrentamiento entre factores

Factores	Energía	Agua y alcantarillado	Comunicaciones	Reglamentaciones	Transporte	Condiciones sociales	Aceptación	Desechos	Sumatoria	Real (%)	Ponderación
Energía		1	1	0	1	1	1	0	5	11.90	12
Agua y alcantarillado	0		0	1	1	1	1	1	5	11.90	12
Comunicaciones	0	0		0	1	1	1	0	3	7.14	7
Reglamentaciones	1	1	1		1	1	1	1	7	16.67	17
Transporte	0	0	0	0		1	1	1	3	7.14	7
Condiciones sociales	1	1	1	1	1		1	1	7	16.67	17
Aceptación	1	1	1	1	1	1		1	7	16.67	17
Desechos	0	1	0	1	1	1	1		5	11.90	11

Fuente: Elaboración propia

Nota: El análisis de ponderación se ajusta a cada caso en particular, por lo que no deben asumirse las ponderaciones halladas como patrones para otros casos.

Para determinar la calificación se utilizará la puntuación presentada en la tabla 53.

Tabla 53. Puntuaciones

Calificación	Puntuación
Excelente	10
Muy bueno	8
Bueno	6
Regular	4
Deficiente	2

Fuente: Elaboración propia

Para determinar el puntaje (P_{ij}) que debe tener cada factor en cada localidad, se multiplica la ponderación del factor i (h_i) por la calificación del factor i en la localidad j (C_{ij}).

$$P_{ij} = h_i C_{ij}$$

Ventajas:

- ✓ Facilidad de acceso ya que la zona industrial de Piura se localiza en la parte Oeste de la ciudad, garantizando un fluido y continuo abastecimiento de la materia prima.
- ✓ Condiciones ideales para el desarrollo del proyecto. Tiene un clima sub-árido, tropical, cálido y atmósfera húmeda con temperatura máxima de 37 °C y una mínima de 19 °C.
- ✓ Se encuentra a 36,1 kilómetros del proveedor de materia prima que es CEPIBO, con lo cual se contribuye a la disminución de los costos de transporte.
- ✓ Posee los servicios de agua, alcantarillado y energía eléctrica básicos para el funcionamiento de cualquier planta industrial.
- ✓ Hay una gran concentración de mano de obra potencial con lo cual se dará trabajo a los pobladores de la zona.

Desventajas:

- ✓ El costo del metro cuadrado es mayor en comparación con terrenos propuestos para el análisis de localización.
- ✓ En la zona industrial de Piura y en toda la región norte del país se ha incrementado el índice de delincuencia común, lo cual afecta la seguridad de la planta.
- ✓ En épocas de lluvia hay incidencia de enfermedades como paludismo, malaria, dengue, etc; propiciados por vectores del tipo zancudos.
- ✓ Las inmediaciones de la zona industrial aún no cuentan con pistas asfaltadas lo cual origina dificultades al tránsito pesado.

Tabla 54. Cálculo del puntaje por cada localidad propuesta.

Factores de localización	Ponderación (%)	A		B		C		D	
		Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje
Abastecimiento de energía.	12	10	120	8	96	6	72	8	96
Abastecimiento de agua y alcantarillado.	12	10	120	4	48	4	48	6	72
Servicio de comunicaciones	7	8	56	8	56	6	42	6	42
Reglamentaciones fiscales y legales.	17	6	102	8	136	6	102	8	136
Servicios de transporte	7	8	56	8	56	6	42	6	42
Condiciones sociales y culturales.	17	8	136	8	136	6	102	6	102
Aceptación de la comunidad	17	8	136	8	136	10	170	10	170
Eliminación de desechos	11	8	88	6	66	6	66	6	66
TOTAL	100		814		730		644		726

Fuente: Elaboración propia.

Con la tabla 54, se puede concluir luego de desarrollar el método de ranking de factores que la alternativa elegida es la localización A (zona industrial de Piura), puesto que recibe el mayor puntaje de localización.

Plano físico del área



Figura 43. Localización terreno disponible en zona industrial Piura
Fuente: [71] Google Maps.

4.4 Distribución de la planta

El procesamiento del banano orgánico para la obtención de puré del mismo se realizará en lote o batch. Se definirá primero las dimensiones que se requieren para los distintos puntos o áreas que integran la línea de producción. En la tabla 55 se muestran las dimensiones requeridas para los procesos que conforman la línea de producción de puré de banano.

Tabla 55. Valores longitudinales estimados

Área productiva	Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)	Área total (m ²)	Área requerida (m ²)
Recepción de materia prima	5	5	3	25	30,0
Almacén general	10	10	3	100	120,0
Lavado	2	5	3	10	12,0
Pelado	4	6	3	24	28,8
Pulpeado	3	5	3	15	18,0
Homogeneización	3	3	3	9	10,8
Desaireación	3	3	3	9	10,8
Esterilización	4	4	3	16	19,2
Envasado aséptico	3	3	3	9	10,8
Cámaras de maduración	8	5	3	40	48,0

Fuente: Elaboración propia

El total de área requerida en operaciones unitarias de la línea de producción: 310 m² aproximadamente.

En la tabla 56, se definirá las dimensiones que se requieren para las áreas de servicio y administración.

Tabla 56. Valores longitudinales estimados en áreas administrativas y servicios higiénicos

Descripción del área	Área requerida (m ²)
Estacionamiento	100
Servicio higiénico 1	35
Servicio higiénico 2	35
Áreas administrativas	80

Fuente: Elaboración propia.

El total de área requerida para servicios y administración de la planta es de 250 m².

El total de área requerida para la planta donde se tendrá una línea de producción de puré a base de banano orgánico es de 560 m² teniendo en cuenta un factor de pasillo de 1,2. Para la distribución en planta se hará uso del método cuantitativo “Tabla relacional de actividades”, detallado en la tabla 57 y la figura 44.

Tabla 57. Tabla relacional de actividades

DESCRIPCIÓN		
Código	Proximidad	Nº de líneas
A	Absolutamente necesario	4 rectas
E	Especialmente necesario	3 rectas
I	Importante	2 rectas
O	Ordinario - Normal	1 recta
U	Sin importancia	
X	No deseable	1 zig-zag
XX	Altamente no deseable	2 zig-zag

Fuente: Elaboración propia

En la figura 44 se puede apreciar las relaciones entre las áreas de acuerdo al grado proximidad, para lograr una adecuada distribución de las áreas productivas y administrativas de la planta procesadora.

Tabla 58. Tabla referencial para calcular el TCR

Código	Ponderación
A	100 000
E	10 000
I	1000
O	100
U	10
X	1
XX	0

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de los cálculos realizados son los siguientes:

Tabla 59. Cálculo del TCR

Actividad	A	E	I	O	U	X	XX	TCR
1	0	1	0	1	0	10	0	10 110
2	3	0	0	1	7	1	0	300 171
3	1	1	0	1	9	0	0	110 190
4	1	0	0	2	8	1	0	100 281
5	2	0	0	1	8	1	0	200 181
6	2	0	0	0	9	1	0	200 091
7	2	0	0	0	9	1	0	200 091
8	2	0	0	0	9	1	0	200 091
9	2	0	0	0	9	1	0	200 091
10	2	0	0	0	9	1	0	200 091
11	2	0	0	0	9	1	0	200 091
12	1	0	0	0	10	1	0	101 001
13	0	2	1	0	9	0	0	21 090

Fuente: Elaboración propia

De los resultados anteriores, se procederá a evaluar según los ratios, la distribución potencial de la planta, la misma que se aprecia en la figura 46.

4.5 Balance de materia

Suponiendo que se parte de la recepción de un lote de 1000 kg de banano orgánico en estado de maduración verde o inmaduro.

Como se aprecia en la figura 47, luego de todo el proceso de elaboración de puré de banano, se obtiene un rendimiento de 79,47%, es decir, por cada 1000 kg de banano orgánico, se obtendrá 794,7 kg de puré de banano envasado, listo para su distribución al mercado nacional e internacional.

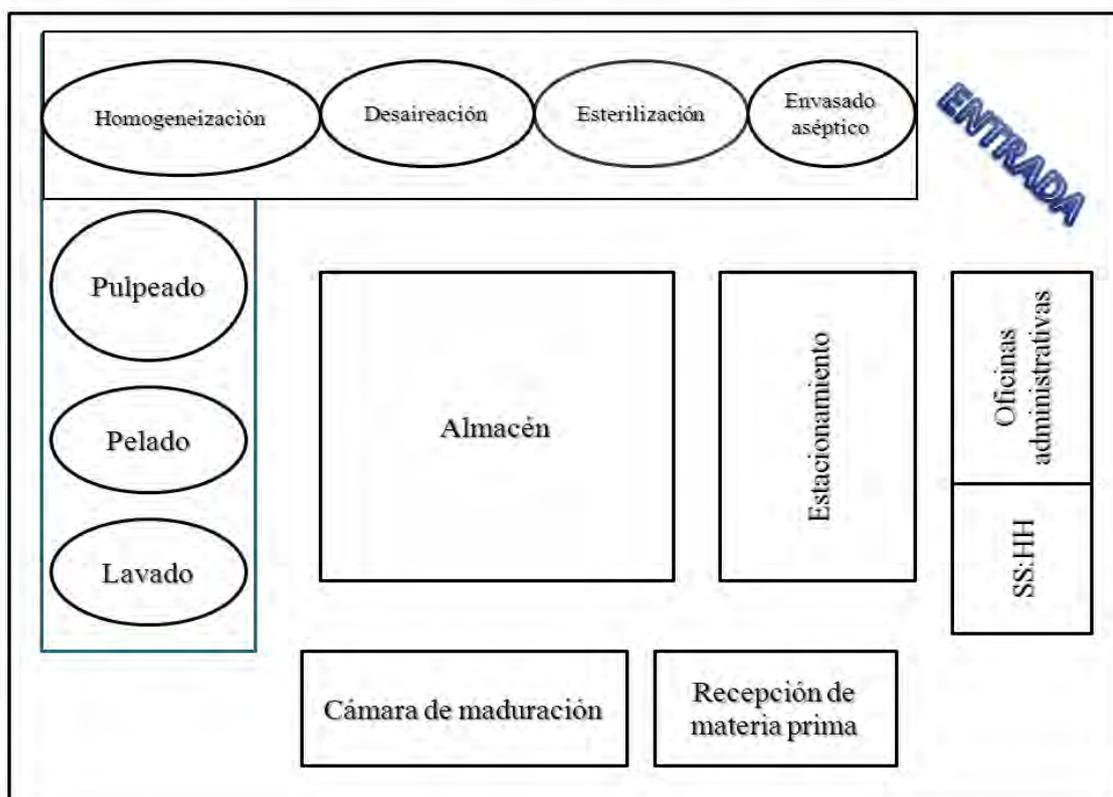


Figura 46. Distribución potencial de la planta

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, se aprecia que la operación que tiene mayor merma, es el pelado, en el cual los operarios retiran la cáscara y la corona de cada *cluster*, dejando sólo la pulpa del banano para su procesamiento. En operaciones como el pulpeo, homogeneización, esterilización, prácticamente la merma es 0%, debido a que el producto pasa de un proceso a otro sin perder materia prima y de manera secuencial, a excepción de la desaireación donde la masa pierde aire y por lo consiguiente tiene una merma mínima en peso.

4.6 Descripción de los empaques

4.6.1. Datos que contendrá el embalaje

La etiqueta en el envase debe mostrar lo siguiente:

- Tipo de embalaje y material, con el fin de ser exportados a Europa, Asia y EE.UU, el producto puede ser envasado en envases de consumo o packs mayorista (a granel); en bolsas hechas de láminas impermeables (polietileno o polipropileno).
- Si los productos se envasan directamente para los consumidores, se debe incluir los siguientes datos en el exterior del paquete: nombre del producto (“nombre comercial”), fabricante (nombre, dirección, importador, exportador o comerciante en el país de origen), lista de contenidos (lista de ingredientes y complementos, comenzando con el de peso mayor), peso (detalle del total en gramos envasados), fecha de vencimiento (“consumir preferentemente antes de día/mes/año), número de lote.

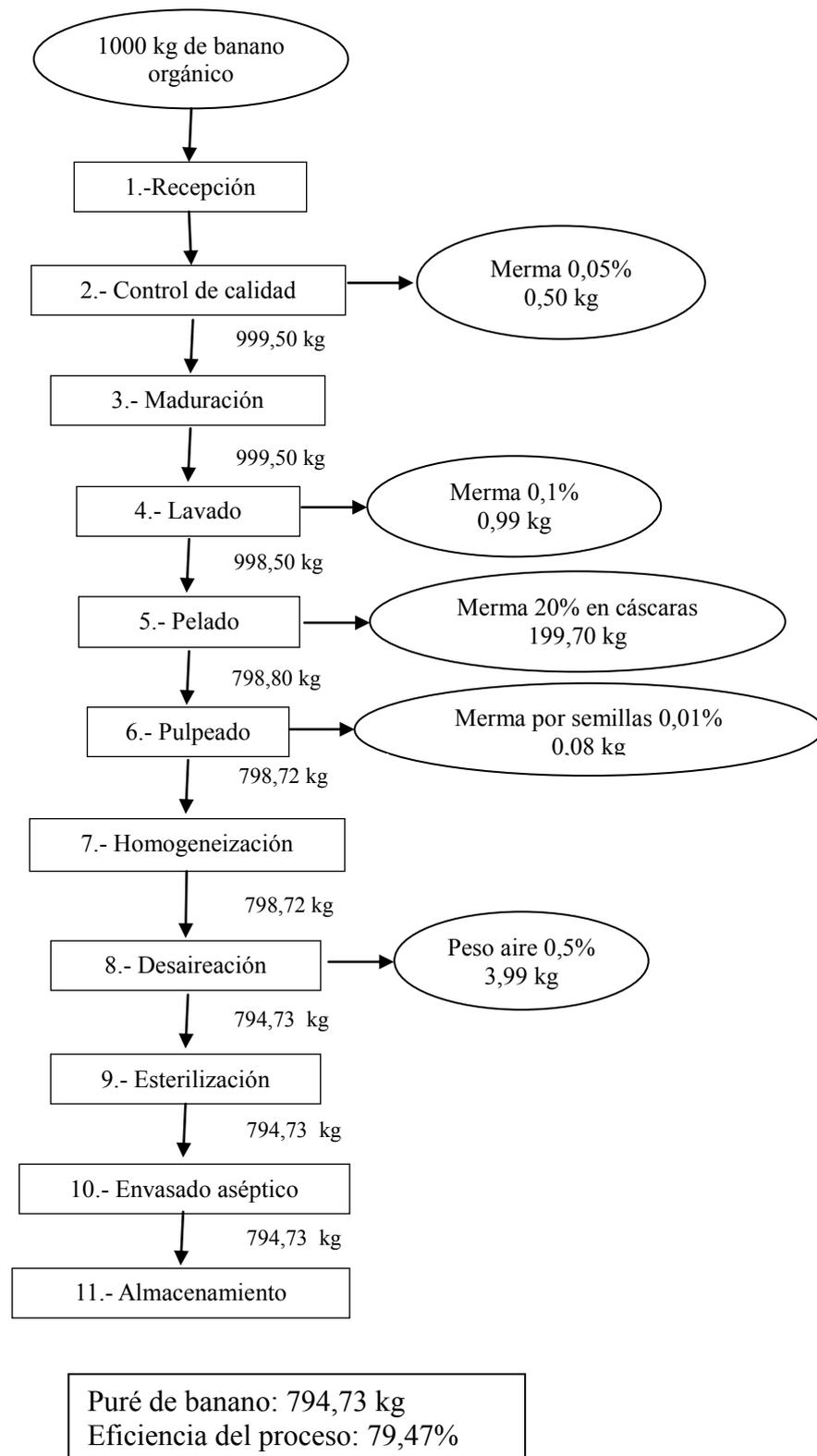


Figura 47. Balance de materia
 Fuente: Elaboración propia

4.6.2. Función del embalaje del producto

El embalaje del producto debe cumplir las siguientes funciones:

- Protege contra pérdida de aroma y contra indeseables olores y sabores del entorno (protección del aroma).
- Ofrece suficientes propiedades de conservación, especialmente contra pérdida o ganancia de humedad.
- Protege el contenido contra daños.

4.6.3. Presentaciones del puré de banano existentes en el mercado

- Tetra Brik aséptico de 250 mililitros, distribuidos en cajas de 24 unidades.
- Tetra Brik aséptico de 1 litro, distribuidos en cajas de 12 unidades.
- Latas de 5 galones.
- Cartones de 6 galones.
- Cilindros de 55 galones (a granel).
- Cartones de 220 galones (a granel).

Las exportaciones se hacen de acuerdo a la cantidad producto demandado y de acuerdo a la presentación del producto. Por ejemplo:

- Se puede hacer en contenedores de 20 pallets. Cada pallet de 45 cajas cada uno, en presentaciones de 5 galones.
- Contenedores estándares conteniendo 700 cartones de 6 galones (26 kg netos) cada uno.
- Contenedores estándares conteniendo 80 cilindros de 55 galones (230 kg netos) cada uno.
- Contenedores estándares conteniendo 20 cartones de 220 galones (918 kg netos) cada uno.

4.6.4. Material de embalaje para transporte

- El material elegido debe ser lo suficientemente fuerte como para proteger el contenido contra daños que pueda sufrir por presión exterior.
- Las dimensiones deben ser compatibles con las dimensiones de los contenedores.
- Debe presentar la siguiente información: nombre y dirección del productor y/o exportador, país de origen, descripción del producto y su clase de calidad, año de producción, peso neto, número de lote, lugar de destino, dirección del comerciante o importador, un rótulo visible de la naturaleza orgánica del producto.
- EL producto debe almacenarse en lugares oscuros a temperatura ambiente (recomendable 22 °C).
- El peso neto por contenedor estándar de 20 pies es de aproximadamente 18 toneladas.

4.7 Descripción de maquinaria y equipos de proceso

Las primeras operaciones del proceso son de recepción, selección, lavado y pelado de la fruta, las cuales serán hechas manualmente por operarios capacitados; mientras que las operaciones posteriores son realizadas por equipos y maquinas específicas para cada tarea.

A continuación, se presenta una propuesta y descripción de la maquinaria necesaria para las operaciones unitarias mecanizadas del proceso de elaboración de puré de banano.

- **Cámara de maduración:**

Para la operación de maduración de la fruta, se puede emplear la cámara de maduración Super Box Unit modelo SB 36 de la empresa Dawson Group. Este equipo tiene una dimensión de 40,31 m², con una capacidad de almacenamiento de hasta 33 *pallets*. Se puede apreciar en la figura 48.

Este cumple con los requisitos del sistema HACCP. Así mismo, tiene entre sus especificaciones técnicas lo siguiente:

- a) Rango de temperatura desde -30 hasta 18 °C.
- b) Suelo de resina antideslizante.
- c) Equipo registrador de datos.
- d) Iluminación interior.
- e) Tanque de gas etileno al 100%. También se puede emplear Azetil (compuesto de 95% de nitrógeno y 5% de etileno), tiene el mismo efecto que el etileno puro, según producto comercializado por la empresa Endura.



Figura 48. Cámara de maduración Super Box Unit modelo SB 36.
Fuente: [72] Cámaras de maduración. Dawson Group.

- **Lavadora:**

Los operarios realizarán las operaciones de lavado por inmersión de las frutas en una disolución de 5 mL de hipoclorito de sodio en 5 L de agua. El equipo propuesto es un tanque de acero inoxidable fabricado por la empresa Tropical Food Machinery, el cual inyecta aire generando una turbulencia que ayuda al desprendimiento de partículas adheridas a la cáscara del banano, como se puede apreciar en la figura 49.

Además el equipo incluye una banda transportadora que lleva los *clusters* limpios y permite el escurrimiento de agua; dejándolos listos para la fase siguiente del proceso que es el cortado y pelado de los bananos.



Figura 49. Lavadora

Fuente: [55] Lavado. Tropical Food Machinery

- **Banda de cortado:**

Es un equipo con capacidad para 8 operarios que trabajan a lo largo de la banda, primero separando los bananos de la corona y luego retirando la cáscara de los mismos, dejando sólo la pulpa de banano para el proceso siguiente.

El equipo cuenta con un variador de la velocidad, el cual permite regular la velocidad de trabajo de los operarios. El equipo es ofertado por la empresa Tropical Food Machinery y es fabricado de acero inoxidable.



Figura 50. Banda de cortado

Fuente: [55] Banda de cortado y selección. Tropical Food Machinery

- **Pulpeadora**

La operación de pulpeado se puede realizar con una pulpeadora horizontal de acero inoxidable calidad AISI 304, según figura 51, la cual consta de un mecanismo rotativo que pueden ser paletas de acero inoxidable, brochas o cepillos de nylon, que giran a gran velocidad para facilitar la ruptura de la fruta. Para el pulpeado se utilizará una malla cuyo diámetro es 250 μm equivalente a un tamiz #60 ASTM.



Figura 51. Pulpeadora

Fuente: [55] Pulpeadora. Tropical Food Machinery

Durante el pulpeado se puede realizar el tratamiento antioxidativo el cual consiste en agregar al banano pelado 300 mg/kg de ácido ascórbico y 150 mg/kg de ácido cítrico que actúan como agentes antioxidantes, que inactivan las enzimas causantes de la oxidación del banano cuando entran contacto directo con el oxígeno del aire.

Otro método que se puede emplear en esta etapa del proceso de elaboración del puré de banano orgánico es el tratamiento térmico mediante el empleo de un inactivador enzimático de superficie raspada como se aprecia en la figura 52.

- Inactivador enzimático de superficie raspada: El inactivador enzimático, del tipo a superficie raspada, calienta el producto a la temperatura deseada efectuando el tratamiento de inactivación enzimática que facilita las operaciones posteriores y evita la oxidación del banano.



Figura 52. Inactivador enzimático de superficie raspada

Fuente: [55] Inactivador enzimático de superficie raspada. Tropical Food Machinery

- Homogeneizador

El homogeneizador propuesto tiene uno o más pistones de émbolo que pueden moverse hacia atrás y hacia adelante, el émbolo hace pasar el producto por un estrecho diámetro, y debido a la alta presión se logra la ruptura de la fibra de la fruta, reduciendo en un 95% el tamaño original de la misma. De esta manera se logra un producto con la misma textura.

Es un homogeneizador de alta presión, modelo GJB 1000 – 25, posee dos etapas de homogeneización y puede procesar hasta 1000 L/h. El tamaño promedio del producto final es menor e igual a un micrón.



Figura 53. Homogeneizador para frutas

Fuente: [73] Homogeneizador de alta presión. Changzhou Chaoli Homogenizing Pump Factory

- Desaireador

Para la operación de desaireación se propone emplear un desaireador al vacío 25-1200 L VE Series, que impide la aparición de los efectos de la oxidación como pardeamiento, modificación del olor y del sabor, da un aspecto homogéneo y liso al producto e incrementa la estabilidad del producto a largo plazo mediante la eliminación del aire.



Figura 54. Desaireador

Fuente: [55] Desaireador. Tropical Food Machinery

- **Pasteurizadores de superficie raspada**

El pasteurizador propuesto en la figura 55 es ideal para el tratamiento de purés y jugos concentrados de fruta que tengan elevada viscosidad, en este caso puré de banano.

Este equipo calienta y enfría el producto rápidamente garantizando la esterilización del producto.



Figura 55. Pasteurizador de superficie raspada
Fuente: [55] Pasteurizador. Tropical Food Machinery

- **Llenadoras asépticas**

Se propone emplear la llenadora ofertada por la empresa Tropical Food Machinery, ya que garantiza el llenado aséptico y de alta capacidad (de 3 a 1000 L) gracias al uso de bolsas multicapa, previamente esterilizadas.

Puede llenar distintos tipos de envase de acuerdo al requerimiento del cliente, ya sean cilindros o cajas de distintos volúmenes.



Figura 56. Llenadora aséptica
Fuente: [55] Llenadora aséptica. Tropical Food Machinery

4.8 Proveedores de la maquinaria

✓ *Tropical Food Machinery S.R.L.*

Es una compañía privada, fundada en 1993 en Italia, con el objetivo de proporcionar instalaciones completas para el procesamiento de tomate y frutas tropicales. Tropical FoodMachinery - Brasil fue fundada en 1998 en Pouso Alegre - MG.

Todos los técnicos tienen una gran experiencia en procesos industriales, además los productos que ofrecen abarcan todas las etapas de procesamiento hasta la obtención del producto final.

La gran experiencia adquirida en varios países en fabricación de equipos para la industrialización de diversos frutos, permite al Tropical Food Machinery ofrecer las soluciones tecnológicas más avanzadas, lo que garantiza productos finales ajustados a las normas internacionales más estrictas. Su personal está capacitado para trabajar en cualquier sector de transformación de tomates y frutas.

Contacto:

Tropical Food Machinery S.R.L.
Via Stradivari, 17
43011 Busseto (PR)
P.I. 01766290348
Tel +39-0524-91158
Fax +39-0524-91808
E-mail: info@tropicalfood.net
Página Web: <http://www.tropicalfood.net/>

✓ *Belpac: distribuidor en el Perú de GEIGER*

Empresa fabricante de tecnología para el procesamiento de alimentos. Entre los productos que oferta hay líneas completas de producción para el procesamiento de frutas tropicales como banano, fresa, mango, etc.

Contacto:

Jt. Larco 379 – La Punta, Callao
Teléfono: 465-12112 anexo 204
Fax: 429-3477
E-mail: fernando.guerra@belpacperu.com
Página Web: <http://www.belpacperu.com/>

✓ *INGENIERIA IMKA' XV EIRL*

Es una empresa líder en la fabricación de maquinarias, equipos y accesorios, en acero inoxidable 18.8 AISI 304/ 316 para la industria alimentaria. Llámese industria láctea, industria de los néctares, mermeladas, etc. Equipos industriales de alto rendimiento o para trabajo pesado y constante.

La compañía brinda: asesoría en el equipamiento y diseño integral de plantas agroindustriales, industria de jugoso néctares, e industria láctea, plantas queseras, yogurt, etc. La empresa oferta: pulpeadoras, refinadoras para jugos y néctares de: manzana, durazno, mango, granadilla, aguaje, carambola, banana, granadilla, maracuyá, marañón, camu camu, tumbo, guayaba, entre otras frutas.

Contacto:

INGENIERIA IMKA' XV EIRL

Isaac Herrera Villafuerte

Titular Gerente

Telefax: 458-3221. 4315766 celulares: 997767577

Contacto personal: Movistar: 999800061/ RPM: # 999800061

Claro: 997339863 / RPC 993746869

Dirección: Av. Garcilaso de la Vega 911 - oficina 906 Lima (Cercado).

4.9 Programa de producción

La figura 57 muestra la producción total de puré de banano en toneladas para el primer año de la puesta en marcha de la línea de producción. En los primeros meses la cantidad es menor, debido a que siempre se presentan inconvenientes y algunas mejoras por ser propias del arranque de toda fábrica. A partir del cuarto mes, se aumenta la producción como se puede apreciar en el gráfico.

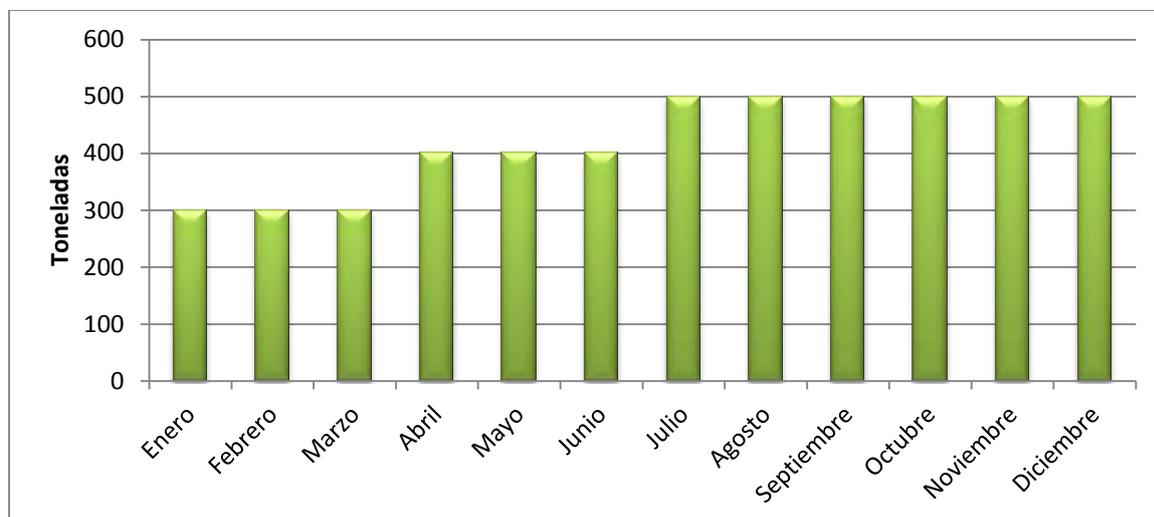


Figura 57. Programa de producción para el primer año
Elaboración propia

En la figura 57, se observa que en el mes de julio la producción de puré de banano se eleva hasta 500 t/mes con lo cual se necesitará aproximadamente un abastecimiento de 730 t de banano orgánico. Para poder cumplir con los pronósticos de producción, se trabajará en horarios de lunes a viernes, en un turno de 8 horas con una capacidad de producción de 3,45 t/h.

Conclusiones

Se cumplió el objetivo principal de la tesis, ya que se pudo estudiar las características y el comportamiento del puré luego del pulpeado, bajo distintos tratamientos. Sin embargo, dadas las limitaciones de equipos e instrumentos para desarrollar los procesos continuos al pulpeado, no se pudo obtener un puré de calidad comercial.

Se logró determinar el equipo más adecuado para ejecutar el pulpeado del banano, de manera que se obtuviera los mejores resultados en textura y color a nivel de laboratorio. Para ello, se propuso equipos como una licuadora convencional, un molino de carne con diferentes accesorios y una licuadora conectada al vacío. Luego de varios ensayos preliminares se determinó que la licuadora conectada a una trompa de vacío dio mejores resultados.

En los ensayos para determinar la influencia de la madurez de la fruta en el procesamiento se concluyó que a partir de un nivel de maduración igual o mayor a 5, el banano puede emplearse para la elaboración de puré, debido a la mínima variación en la concentración de azúcares a partir de dicho nivel.

En el estudio de los tratamientos para evitar el oscurecimiento del puré de banano orgánico, se determinó que el procedimiento que emplea ácido ascórbico y cítrico, sumado a un pulpeado en vacío, prácticamente inactiva la enzima polifenoloxidasas causante del oscurecimiento de la pulpa banano. La aplicación de estos ácidos antioxidantes se realiza durante el pulpeado, lo que garantiza una distribución uniforme en todo el puré de banano.

A partir del estudio de la variación de viscosidad del puré se puede afirmar que al transcurrir el tiempo, ésta tiende a incrementarse, restando calidad al producto. Cabe precisar que el banano sólo se sometió al pulpeado, sin pasar por otro proceso como homogeneizado, el cual brindaría un producto con menor viscosidad.

La cuantificación de semillas en el puré de banano orgánico, se realizó con éxito luego de hacer ensayos con tamices de diferente abertura. Aunque la malla de menor diámetro es más eficiente al momento de extraer las semillas, sin embargo, se obtenía menor cantidad de puré tamizado. El tamiz a emplear depende de la exigencia del consumidor; por otro lado, se sugiere acoplar la operación de tamizado a la salida de la máquina pulpeadora.

Así mismo, dentro de las consideraciones para un proyecto industrial, se determinó luego de un estudio de macro y micro localización, que el lugar adecuado para construir una planta de procesamiento de puré de banano orgánico es la Zona Industrial de Piura.

Finalmente, a manera de recomendación, se puede decir que debería continuarse con el estudio, realizando un mayor número de ensayos con los diferentes tratamientos orgánicos para controlar el oscurecimiento del banano, y evaluando más detalladamente las características del puré obtenido. También convendría profundizar la información sobre los procesos continuos del pulpeado y de las operaciones siguientes, para dar mayor sustento a la idea de implementar un proyecto a nivel industrial.

Referencias

- [1] EIRI Board of Consultants & Engineers (2013). Banana cultivation, dehydration, ripening, processing, products and packaging technology. Banana and its by-products. 3, 28.
- [2] Tropical Fruits Trading (2014). Historia del banano: Fruta de muchos años de historia. Recuperado el 09 de enero 2014 de: http://www.tropicfruitstrading.com/?page_id=153
- [3] PRO ECUADOR - Dirección de inteligencia Comercial e Inversiones Clasificación de las especies de banano. Recuperado el 16 de julio 2013, del Análisis del Sector Bananero: http://www.proecuador.gob.ec/wpcontent/uploads/2013/09/PROEC_AS_2013_BANANO.pdf
- [4] Vergara Cantillo, Ernesto (2010). Origen e historia del plátano Musa paradisíaca. Recuperado el 16 de marzo 2014 de: <http://apiciusyslibros.blogspot.com.es/2010/12/origen-e-historia-del-platano-musa.html>
- [5] Banano orgánico Cavendish – Valery, Región Piura-Tumbes. Recuperada el 15 de Diciembre 2013 de: http://agriculturadelperu.blogspot.com/2011_04_01_archive.html
- [6] Sistema integrado de información de comercio exterior (SIICEX). Valor nutricional del banano. Recuperado el 04 de Agosto 2013, de: <http://www.siicex.gob.pe/siicex/fichaproducto/banano1.pdf>
- [7] EIRI Board of Consultants & Engineers (2013). Banana cultivation, dehydration, ripening, processing, products and packaging technology. Improvement of banana. 15, 116.
- [8] Información nutricional banana. Recuperado el 15 de Julio 2013, del Vademecum Nutrinfi: http://www.nutrinfi.com/tabla_composicion_quimica_alimentos.php?FoodId=1186
- [9] Requerimientos climáticos. Recuperado el 08 de Julio 2013 de: <http://elplatanal.blogspot.com/2007/04/requerimientos-climaticos.html>
- [10] FAOSTAT (s.f.). Recuperado el 07 de Agosto 2013 de: <http://faostat3.fao.org/home/index.html#VISUALIZE>

- [11] TRADE MAP. Recuperado el 15 de Diciembre 2013 de: http://www.trademap.org/Country_SelProduct_TS.aspx
- [12] Ministerio de Agricultura y Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos OEEE Series históricas de producción agrícola – Compendio Estadístico. Recuperado el 08 de Enero 2014 de: <http://www.minag.gob.pe/portal/herramientas/estadisticas>
- [13] Villa Luzula, N., Yupanqui Leonardo, L. (Setiembre, 2009). Tesis: Exportación de banano orgánico al mercado alemán. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas – Escuela de Postgrado. Recuperado el 08 de Enero 2014 de: <http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/bitstream/10757/273825/1/NVilla.pdf>
- [14] Instituto Nacional de estadística y censos, Ecuador (2014). Análisis del Sistema Agroalimentario del banano en el Ecuador, Pagina 6. Recuperado el 31 de julio 2014 de: <http://www.ecuadorencifras.com/sistagroalim/pdf/Banano.pdf>.
- [15] Poggi Estremadoyro, D. (Noviembre, 2012). Perfil para el aprovechamiento integral del banano orgánico en la región Tumbes y Piura. AMC N° 0040-2011 MINCETUR/CEP.
- [16] PromPeru (2013). Reporte comercial de productos orgánicos. Recuperado el 15 de Julio 2013 de: <http://www.cuperu.com/downloads/reportes/Banano-Peru-junio-2007.pdf>
- [17] Estadísticas SUNAT (2013). Recuperado el 02 de Junio 2013 de: <http://www.aduanet.gob.pe/claditestadispartida/resumenPPaisS01Alias?accion=cargarFrmResumenPPais>
- [18] La exportación de plátanos y derivados creció en un 34% en agosto (2014). Diario Gestión, pág. 6. Recuperado el 01 de agosto 2014 de: <http://gestion.pe/noticia/349083/exportacion-platanos-derivados-crecio-23-agosto>
- [19] Rosales, F., Tripon, S., Cerna, J (1998). Producción de banano orgánico y/o ambientalmente amigable. Recuperado el 18 de Enero 2014 de: http://books.google.com.pe/books?id=TL0PE62Na9gC&pg=PA81&lpg=PA81&dq=banano+organico+cavendish+valery&source=bl&ots=kIr3zZyuOz&sig=NZN1k0myIgc9po6v_2u8iHq9vw&hl=es&sa=X&ei=pTjhUrWyEObjsASys4BQ&ved=0CD0Q6AEwBDgK#v=onepage&
- [20] Vizcarra Proyectos, Asesoría y Consultoría. Boletín N° 31-13: El banano orgánico. Recuperado el 20 de Enero 2014 de: <http://vizcarraproyectos.com/web/el-banano-organico/>
- [21] PromPerú (2007). Comisión de Promoción del Perú para la exportación y el turismo: Mapa Exportador de banano orgánico (2007). Recuperado el 20 de Enero 2014 de: <http://www.siicex.gob.pe/siicex/resources/sectoresproductivos/8defd9a0-740a-48a7-a142-478f42d05840.pdf>

- [22] Exportaciones del Perú (2010). Exportaciones de banano orgánico pagarán menos aranceles por ingreso a la Unión Europea. Recuperado el 12 de Febrero 2013, de: <http://exportacionesdelperu.blogspot.com/2010/06/exportaciones-de-banano-organico.html>
- [23] CEPIBO – Central Piurana de Asociaciones de Pequeños Productores de Banano Orgánico. Banano orgánico certificado. Recuperado el 06 de Julio del 2013, de: <http://cepibo.com/producto.htm>
- [24] Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA). Reglamento Técnico de Producción Orgánica (2013). Recuperado el 12 de Noviembre 2013 de : <http://www.senasa.gob.pe/RepositorioAPS/0/3/NOT/-1/Proy%20RTPO.pdf>
- [25] Ley N° 29196 – Ley de Promoción de la Producción Orgánica o Ecológica (2013). Recuperado el 12 de Noviembre 2013 de: <http://servindi.org/pdf/Ley29196.pdf>
- [26] Definición de producto orgánico. Recuperado de Ley 29196 – Ley de Promoción de la Producción Orgánica o Ecológica, Artículo 4°, segundo párrafo.
- [27] “Una alternativa más: Los derivados del plátano”. Recuperado el 15 de abril 2013 de: <http://isarac.mforos.com/988674/9304868-una-alternativa-mas-los-derivados-del-platano/>
- [28] Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (MINCETUR). Perfil de mercado y competitividad exportadora de banano orgánico. Recuperado el 09 de Octubre 2013 de: http://www.mincetur.gob.pe/comercio/otros/penix/pdfs/Banano_Organico.pdf
- [29] Ficha Técnica, Elaboración de banano deshidratado. Recuperado el 26 de noviembre 2013 de: http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/ae620s/pprocesados/FRU20.HTM
- [30] Las mejores conservas (2013). Elaboración de mermelada de banano. Recuperado el 26 de Noviembre 2013 de: <http://ileyconservas3.tripod.com/id32.html>
- [31] Asociación Macro regional de productores para la Exportación (AMPEX, 2008). Perfil de Mercado, Harina de banano. Recuperado el 12 de Diciembre 2013 de: http://www.ampex.com.pe/down_file.php?f=perfil-harina-banano.pdf&ruta=perfi
- [32] Ficha Técnica, Elaboración de vinagre a partir de banano. Recuperado el 26 de Noviembre 2013 de: http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/ae620s/pprocesados/fru3.htm
- [34] Navas Silva, Cristian D. (2009). Diseño de la Línea de Compotas de Banano. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil-Ecuador. Recuperado el 17 de abril 2013 de: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10328/1/D-42235.pdf>
- [35] Sinha, N., Sidhu, J., Barta, J., Wu, J., Cano, M. Handbook of Fruitsand Fruit Processing. Recuperado el 17 de mayo 2014 de: <http://books.google.com.pe/books?id=lqwubXeczzgC&pg=PT715&lpg=PT715&dq=banana+puree&source=bl>

&ots=4z8iYQJnoo&sig=_iUhHpLMaxV0wOseLC5FLBvVDI4&hl=en&sa=X&ei=IVJzUKDgMer10gHr4o

- [36] Wikipedia (2014). Definición de grados Brix. Recuperado el 16 de abril 2014 de: http://es.wikipedia.org/wiki/Grado_Brix
- [37] Wikipedia (2014). Definición de Ácido Cítrico. Recuperado el 16 de abril 2014 de: http://es.wikipedia.org/wiki/Acido_c%C3%ADtrico
- [38] Puré de Banano (s.f). Recuperado el 15 de Enero 2014, de: <http://es.scribd.com/doc/63912888/Puré-de-Banano>
- [39] Wikipedia (2014). Definición de Ácido Ascórbico. Recuperado el 16 de abril 2014 de: http://es.wikipedia.org/wiki/Acido_ascorbico
- [40] Wikipedia (2014). Definición de Potencial de Hidrógeno. Recuperado el 16 de abril 2013 de: <http://es.wikipedia.org/wiki/Ph>
- [41] Robalino, P. (2009). Medición de la consistencia de productos elaborados. Universidad Técnica de Ambato. Recuperado el 16 de abril 2013 de: <http://inesitacordova.wikispaces.com/file/view/2+Medici%C3%B3n+de+la+consistencia.doc>
- [42] Norma Técnica Colombiana 440 (NTC 440): Productos alimenticios, métodos de ensayo. Sección: Determinación de puntos negros. Recuperado el 18 de Julio 2013 de: <http://es.scribd.com/doc/50087704/NTC440>
- [43] Jacome Lopez, Verónica E. (2004). “Plan de Exportación del puré de banano al mercado Japonés”. Universidad Tecnológica Equinoccial. Capítulo IV, apartado 4.1.
- [44] Navas Silva, C., Costa, A. (2009). Diseño de la línea de producción de Compotas de banano. Caracterización del puré de banano. Escuela Superior Politécnica del Litoral Capítulo III, apartado 3.1. Recuperado el 17 de Agosto 2013 de: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/80/1/66.pdf>
- [45] Industrias Borja: Productos ofrecidos al mercado en general. Recuperado el 26 de Marzo 2014 de: http://www.inborja.com.ec/SPA_Products.html
- [46] Futurcorp S.A: Productos ofrecidos al mercado en general. Recuperado el 26 de Marzo 2014 de: <http://www.futurcorp.com/product.html>
- [47] Banana Light: Productos ofrecidos al mercado en general. Recuperado el 26 de Marzo 2014 de: <http://www.banalight.com.ec/>
- [48] Fructa Costa Rica: Productos ofrecidos al mercado en general. Recuperado el 26 de Marzo 2014 de: <http://fructacr.com/es/products/>
- [49] Gel Tropical fruit: Productos ofrecidos al mercado en general. Recuperado el 26 de Marzo 2014 de: <http://www.gelfruit.com/banana.html>

- [50] Banco Central de Ecuador, Estadísticas, Comercio Exterior. Recuperado en Agosto 2013 de: <http://www.bce.fin.ec/contenido.php?CNT=ARB0000203>
- [51] Corporación de Promoción de Exportaciones e Inversiones (CORPEI, 2004). Recuperado el 18 de Agosto 2013 de: <http://www.corpei.org>
- [52] Oliva Moretti, M. (2014). Posible proceso productivo de etanol con residuos de banano y sus impactos en el Valle del Chira. Universidad de Piura. pág. 43, Capítulo II.
- [53] Manejo postcosecha de banano. Maduración. Recuperado el 01 de agosto 2014 de: http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/ac304s/ac304s04.htm
- [54] Industrias Alimentarias. Operación unitaria del pulpeo. Recuperado el 19 de Noviembre 2013 de: <http://industrias-alimentarias.blogspot.com/2009/09/la-operacion-unitaria-del-pulpeo.html>
- [55] Empresa Tropical Food Machinery. Línea de producción de puré de banano. Recuperado el 15 de abril 2013 de: <http://www.tropicalfood.net/spa/macchina.asp?Id=35&OK=OK>
- [56] Demerutis, C. Alternativas a práctica de maduración controlada de banano. Recuperado el 03 de agosto 2014 de: <http://issuu.com/horticulturaposcosecha/docs/bananomaduracion?e=8490508/3718906>
- [57] Organización internacional de normalización (ISO). Catálogo de normas: Frutas, hortalizas y productos derivados en general, ISO 2173-2003: Determinación de sólidos solubles, Método refractométrico. Recuperado el 16 de Julio 2013 de: http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?ics1=67&ics2=80&ics3=1&csnumber=35851
- [58] Organización internacional de normalización (ISO). Catálogo de normas: Frutas, hortalizas y productos derivados en general, ISO 750-1998: Determinación de la acidez titulable. Recuperado el 16 de Julio 2013 de: http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?ics1=67&ics2=80&ics3=1&csnumber=22569
- [59] Organización internacional de normalización (ISO). Catálogo de normas: Frutas, hortalizas y productos derivados en general, ISO 1842-1991: Determinación de pH. Recuperado el 16 de Julio 2013 de: http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?ics1=67&ics2=80&ics3=1&csnumber=6500
- [60] Tabla de colores Pantone. Tecnomercadeo (2011). Recuperado el 20 de Agosto 2013 de, <http://www.tecnomercadeo.co.cr/pantones.html>.
- [61] Suggested Guide for Banana Ripening (2010). All about fruit ripening banana. Recuperado el 15 de Agosto 2013, de: <http://ripening-fruit.com/banana>.

- [62] Guerrero Eraso, C. (2009). Inhibición de la actividad enzimática de la polifenol oxidasa extraída del banano (Cavendish valery) mediante sistemas bifásicos acuosos con isoespintanol y ácido ascórbico. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.
- [63] Peña Peña, Carlos R. (Diciembre, 2009). Evaluación de tres combinaciones de antioxidantes en puré de banano y su efecto en las propiedades físico-químicas y sensoriales en el yogurt del mismo sabor. Zamorano, Honduras. Pág 6.
- [64] Ministerio de Agricultura, ganadería y pesca (2013). Revista de alimentos argentinos. Recuperado el 24 de julio: <http://www.alimentosargentinos.gov.ar/HomeAlimentos/index.php>
- [65] PCE Ibérica (2013). Consistómetro Bostwick. Recuperado el 07 de Setiembre 2014, de: <http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-medida-laboratorio/consistometro-bostwick-zxcon.htm>
- [66] Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 899:2012. Salsa de Tomate, determinación de consistencia. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Recuperado el 23 de Agosto 2014: http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/nte_inen_1899.pdf
- [67] El etileno se produce naturalmente (2012). Recuperado el día 10 de enero 2014 de <http://www.bananalink.org.uk/organic.^>
- [68] Google Maps (2014). Distancias entre ciudades. Recuperado el 15 de febrero 2014 de: <http://maps.google.com/>
- [69] Perú exportará energía eléctrica (2013). Recuperada el día 20 de enero 2014 de http://exportacionesdelperu.blogspot/2007_11_01_archive.html
- [70] Ahora es progreso: Promoción de la gestión rural económica y social CEPIBO. Recuperado el día 25 de enero 2014 de <http://www.progreso.org.pe/grupos-meta/organizaciones/cepibo>
- [71] Google Maps. Localización terreno disponible en Marcavelica – Sullana. Recuperado el día 15 de febrero 2014 de <http://maps.google.com/>
- [72] Cámaras de maduración de fruta. Dawson Group – The Europe wide Temperature Control Solution. Recuperado el 07 de agosto 2014 de: <http://www.dawsongroup.es/fruitrijpcel.html>
- [73] Homogenizador para frutas. Recuperado el día 15 de mayo 2014 de <http://chinahomogenizers.es/1a-pressure-homogenizer.html>

Anexo A

Tabla A-1: Composición (100 g) de banano y plátano en diferentes formas
Fuente: [6] SICEX. Valor nutricional del banano.

	Banana (Cavendish)				Plátano		
	Maduro	Verde	Seco	Harina (banano verde)	Maduro	Verde	Seco
Calorías	65,5-111	108	298	340	110,7-156,3	90,5-145,9	359,00
Humedad (%)	68,6-78,1	72,4	19,5-27,7	11,2-13,5	52,9-77,6	58,7-74,1	9,00
Proteínas (g)	1,1-1,87	1,1	2,8-3,5	3,8-4,1	0,8-1,6	1,16-1,47	3,30
Grasas (g)	0,016-0,4	0,3	0,8-1,1	0,9-1,0	0,1-0,78	0,10-0,12	1,40
Carbohidratos (g)	19,33-25,8	25,3	69,9	79,6	25,50-36,81	23,4-37,61	83,90
Fibra (g)	0,33-1,07	1,0	2,1-3,0	3,2-4,5	0,30-0,42	0,40-0,48	1,00
Ceniza (g)	0,60-1,48	0,9	2,1-2,8	3,1	0,63-1,40	0,63-0,83	2,40
Calcio (mg)	3,2-13,8	11,0	NA ¹	30-39	5,0-14,2	10,01-12,2	50,00
Fosforo (mg)	16,3-50,4	28,0	NA	93-94	21,0-51,4	32,5-43,2	65,00
Hierro (mg)	0,4-1,50	0,9	NA	2,6-2,7	0,40-0,11	0,56-0,87	1,10
β-Caroteno (μg)	6,0-151,0				110,0-1320	60,0-1380	45 000,00
Tiamina (mg)	0,04-0,54				0,04-0,11	0,06-0,09	0,10
Riboflavina (mg)	0,05-0,07				0,04-0,05	0,04-0,05	0,16
Niacina (mg)	0,60-1,05				0,48-0,70	0,32-0,55	1,90
Ácido ascórbico (mg)	5,60-36,4				18-31,2	22,2-33,8	1,00
Tryptophan (mg)	17-19				8-15	7-10	14,00
Methionine (mg)	7-10				4-8	3-8	
Lysine (mg)	58-76				34-60	37-56	

¹ NA: not available. No hay datos disponibles.

Anexo B

En la tabla B-1, se presenta el valor de las exportaciones de la partida 0803 en miles de US\$ por país entre los años 2008 y 2012. Así mismo, ésta partida no diferencia si se trata de banano o plátano ya sean en productos frescos o secos.

Tabla B-1: Lista de países exportadores de banano en el mundo
Partida: 0803 Bananas o plátanos, frescos o secos.
Fuente: [11] TRADE MAP

Exportadores	valor exportado en 2008	valor exportado en 2009	valor exportado en 2010	valor exportado en 2011	valor exportado en 2012
Mundo	7 898 855	8 077 489	8 328 812	9 168 422	9 132 797
Ecuador	1 640 865	1 995 950	2 033 794	2 246 350	2 081 987
Bélgica	1 509 393	1 375 194	1 279 331	1 329 264	1 284 123
Colombia	654 354	837 042	748 100	815 318	822 010
Costa Rica	711 664	448 150	702 009	722 129	706 741
Filipinas	405 673	360 289	319 296	471 152	647 880
Guatemala	343 876	441 768	385 396	476 321	618 314
Estados Unidos de América	344 114	376 322	400 040	437 017	436 456
Honduras	170 733	180 353	190 776	193 955	342 148
Alemania	531 223	440 711	381 160	395 790	275 411
Panamá	98 873	61 268	66 242	88 140	244 593
Costa de Marfil	118 207	112 529	136 234	133 389	229 867
Francia	179 305	198 779	243 851	190 390	200 347
Holanda	119 420	126 897	122 863	145 034	120 750
España	43 557	34 214	55 658	70 010	94 232
Perú	45 738	52 361	56 656	70 777	83 762
Suriname		0	0	0	74 888
Camerún	81 397	71 351	82 138	88 700	74 852
México	43 310	77 177	72 440	75 803	69 385
República Dominicana	74 793	108 947	154 778	153 885	64 833
Italia	115 787	112 445	67 041	64 487	54 154
Belice	33 382	33 346	41 283	33 903	47 445
Suecia	47 249	58 250	48 405	41 246	42 290
Rusia	13 060	7828	628	528	36 003

Exportadores	valor exportado en 2008	valor exportado en 2009	valor exportado en 2010	valor exportado en 2011	valor exportado en 2012
Brasil	35 658	39 395	45 269	39 248	35 069
República Checa	35 329	36 705	51 510	39 241	34 760
Grecia	15 306	17 353	21 132	39 585	28 160
Mozambique	5377	4492	13 797	168 776	23 794
India	10 682	21 655	25 053	17 225	23 553
Bolivia	11 664	12 851	14 184	20 381	22 852
Austria	25 022	18 227	18 143	25 020	20 697
Polonia	22 427	12 031	10 488	17 798	18 292
Hungría	36 468	47 181	40 591	26 963	17 547
Líbano	5703	4874	17 656	10 326	17 065
Yemen	21 648	15 410	12 014	16 075	15 756
Reino Unido	45 456	43 340	24 883	15 548	15 010
Portugal	31 103	32 595	28 346	25 885	13 763
Tailandia	8536	9459	8392	42 375	13 379
Pakistán	4717	13 078	15 654	25 393	12 753
Taipei Chino	15 472	12 778	13 459	13 517	12 184
Santa Lucía	21 769	28 925	21 273	6279	11 072
Eslovenia	32 207	40 417	23 436	35 531	11 000
Irlanda	8864	16 426	17 532	6292	10 246
Nicaragua	2783	16 000	13 594	10 081	10 198
Bulgaria	1015	283	1132	4814	9733
Eslovaquia	31 841	15 851	10 256	6550	9525
Dinamarca	9576	8850	10 072	8171	8326
Myanmar (Birmania)			0	8069	8123
Letonia	1375	1844	1375	7745	7249
Lituania	8799	12 301	13 646	10 195	7176
Malasia	6173	5790	7012	8085	6854
Sri Lanka	808	1108	2014	4081	6391
China	6842	6665	6243	6968	5819
Hong Kong (China)	5831	9123	5453	7219	5518
Rumania	705	1545	2441	2496	5412
Emiratos Árabes Unidos	5459	2043	189 099	194 144	4031
Egipto	2721	14 054	12 962	8379	3809
Viet Nam	1144	1260	1515	3630	3662
República Democrática Popular Lao	3003	1500	1972	2550	3273
Omán	252	109	1412	1967	1895
Ghana	1339	3862	2714	3580	1863
San Vicente y las Granadinas	8290	7770	5906	1208	1494

Exportadores	valor exportado en 2008	valor exportado en 2009	valor exportado en 2010	valor exportado en 2011	valor exportado en 2012
Eur. Otros Nep	6045	2487	2088	940	1238
Etiopía	305	470	642	688	1064
Dominica	7970	7347	3081		1057
Georgia	1660	1684	987	389	1047
Indonesia	989	200	48	1012	872
Venezuela	502	33	40	194	864
Paraguay	1759	1188	1843	3335	828
Arabia Saudita	0	0	8798	4452	682
Libia	0	0	0		565
Sudáfrica	372	245	292	326	487
Ucrania	116	562	953	952	480
Chile	40	25	32	402	453
Serbia	0	684	1883	520	386
Zona franca	149	36	184	737	282
Uganda	211	118	128	255	271
Luxemburgo	100	239	194	262	263
Finlandia	81	75	373	192	217
Guinea Ecuatorial	36	174	29	192	185
Singapur	59	35	109	202	170
República de Moldova	0	0	0	0	166
Canadá	45	196	119	133	153
Jamaica	38	24	2	83	133
Macedonia		7	3	58	108
República de Corea	167	0	0	464	95
Zimbawe	332	387	450	424	89
Islas Feroe	0	0			88
Sudán	14	369	832	3561	79
Burundi	33	36	42	18	59
Guyana	587	205	259	321	58
Estonia	258	169	365	215	55
Belarús	0	0	0	1	49
El Salvador	0	1	0	0	47
Túnez	194	0	3	3426	47
Turquía	80	19	16	15	39
República Unida de Tanzania	1	6	21	38	37
Kazajstán	0	87	0	68	36
Kenya	62	29	135	131	35
Croacia	22	0	0	0	26
Japón	12	8	3	7	23
Exportadores	valor	valor	valor	valor	valor

	exportado en 2008	exportado en 2009	exportado en 2010	exportado en 2011	exportado en 2012
Nueva Zelanda	20	55	36	34	23
Anguila					23
Pitcairn	3	9	12	20	19
Australia	2	30	97	8	17
Irán			1428	3126	13
Islandia	19	15	14	14	13
Senegal	14	0	3	12	12
Estados Unidos Minor periférico Islas	10			50	12
Fiji	99	97	1	12	11
Namibia	6	20	61	6	10
Granada	107	37	3	3	6
República Democrática del Congo	217	17	325	174	6
Guinea	0	0	0	0	4
Madagascar	32	37	8	14	4
Cuba			4		3
Samoa	1	3	11	6	3
República Árabe Siria	0	6	0	1	3
Sierra Leona		71	292		2
Suiza	8	7	9	16	1
Trinidad y Tobago	4	5	55		1
Haití	2				1
Montenegro	0	6	71	0	1
Marruecos	0	18	194	58	1
Ruanda	23	1		14	1
Noruega	71	0	19	63	0
Malta	21	0	0	0	0
Nigeria	0	0	113	0	0
Aruba		1	0	0	0
Nueva Caledonia	1	0	0	0	0
Kirguistán	12	25	59	84	0
Israel	1809	11	0	0	0
Polinesia Francesa	0	1	0	0	0
Argentina	12	0	0	0	0
Albania	22	0	0	0	0
Bosnia y Herzegovina	0	4	25	8	0
Botsuana	3	1	0	1	0
Barbados	1	0	0	0	0

Exportadores	valor exportado en 2008	valor exportado en 2009	valor exportado en 2010	valor exportado en 2011	valor exportado en 2012
Tonga	0	0	0	2	0
Togo	0	10	0	0	0
Burkina Faso	0	0	8	0	0
Zambia	24	21	9	5	0
Uzbekistán				14	
Tokelau		2			
Suazilandia	120				
Islas Salomón	0	0	0	1	
Islas Vírgenes Británicas	38	57		572	
Andorra			3		
Angola			6		
Bahrein	290	593	984	253	
Bangladesh	12		109	178	
Islas Cook	8			1	
Islas Christmas				8	
Islas Cocos (Keeling)			1		
Gabón	0	0		16	
Palestina, Estado de	0	0	64	0	
Eritrea			14		
Kuwait	3747	16		27	
Jordania	613	135	730	284	
Montserrat	0	0	5		
Liberia		32			
Antillas Holandesas	4				
Niué		1			
Nepal		20	8	1	
Timor-Leste	11				
Qatar	226		280		
Otros América	2				
Seychelles	2				
Somalia	14				

Anexo C

Table C-1—Correction of readings of the refractometer with scale indicating sucrose for a temperature different from 20 °C±0,5 °C

Fuente: [57] ISO. Catálogo de normas: Determinación de sólidos solubles

Temperature °C	Scale reading for soluble solids, % (by mass)									
	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70
	Corrections to be subtracted									
15	0,29	0,31	0,33	0,34	0,34	0,35	0,37	0,38	0,39	0,40
16	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,28	0,30	0,30	0,31	0,32
17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,21	0,21	0,22	0,23	0,23	0,24
18	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,15	0,15	0,16	0,16
19	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08
	Corrections to be added									
21	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
22	0,13	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16	0,16
23	0,20	0,21	0,22	0,22	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24
24	0,27	0,28	0,29	0,30	0,30	0,31	0,31	0,31	0,32	0,32
25	0,35	0,36	0,37	0,38	0,38	0,39	0,40	0,40	0,40	0,40

Table C-2—Acid correction (for citrus juices and citrus juice concentrates)

Total acid pH= 8,1 expressed as anhydrous citric acid (g acid/100g)	Correction value ^a	Total acid pH=8,1 expressed as anhydrous citric acid (g acid/100g)	Correction value ^a
0,2	0,04	4,2	0,81
0,4	0,08	4,4	0,85
0,6	0,12	4,6	0,89
0,8	0,16	4,8	0,93
1,0	0,20	5,0	0,97
1,2	0,24	5,2	1,01
1,4	0,28	5,4	1,04
1,6	0,32	5,6	1,07
1,8	0,36	5,8	1,11
2,0	0,39	6,0	1,15
2,2	0,43	6,2	1,19
2,4	0,47	6,4	1,23
2,6	0,51	6,6	1,27
2,8	0,55	6,8	1,30
3,0	0,58	7,0	1,34

Total acid pH= 8,1 expressed as anhydrous citric acid (g acid/100g)	Correction value ^a	Total acid pH=8,1 expressed as anhydrous citric acid (g acid/100g)	Correction value ^a
3,2	0,62		
3,4	0,66		
3,6	0,70		
3,8	0,74		
4,0	0,78		

^a The correction values given should be added to the refractometer readings with scale indicating sucrose obtained at 20°C ±0,5°C

Table C-3 Refractive index and corresponding mass fraction of soluble solids (sucrose)

Refractive index	Soluble solids (sucrose)						
20	% (by mass)	20		20	% (by mass)	20	% (by mass)
1,3330	0	1,3672	22	1,4076	44	1,4558	66
1,3344	1	1,3689	23	1,4096	45	1,4582	67
1,3359	2	1,3706	24			1,4606	68
1,3373	3	1,3723	25	1,4117	46	1,4630	69
1,3388	4			1,4137	47	1,4654	70
1,3403	5	1,3740	26	1,4158	48		
		1,3758	27	1,4179	49	1,4679	71
1,3418	6	1,3775	28	1,4201	50	1,4703	72
1,3433	7	1,3793	29			1,4728	73
1,3448	8	1,3811	30	1,4222	51	1,4753	74
1,3463	9			1,4243	52	1,4778	75
1,3478	10	1,3829	31	1,4265	53		
		1,3847	32	1,4286	54	1,4803	76
1,3494	11	1,3865	33	1,4308	55	1,4829	77
1,3509	12	1,3883	34			1,4854	78
1,3525	13	1,3902	35	1,4330	56	1,4880	79
1,3541	14			1,4352	57	1,4906	80
1,3557	15	1,3920	36	1,4374	58		
		1,3939	37	1,4397	59	1,4933	81
1,3573	16	1,3958	38	1,4419	60	1,4959	82
1,3589	17	1,3978	39			1,4985	83
1,3605	18	1,3997	40	1,4442	61	1,5012	84
1,3622	19			1,4465	62		
1,3638	20	1,4016	41	1,4488	63		
		1,4036	42	1,4511	64		
1,3655	21	1,4056	43	1,4535	65	1,5039	85